ИИЕТ им С.И. Вавилова РАН
ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова
Департамент по недропользованию по СКФО
Академия наук Чеченской Республики

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ И ГЕОЭКОЛОГИИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Том XI

Коллективная монография
по материалам XI Всероссийской научно-технической конференции
с международным участием
«Современные проблемы геологии, геофизики
и геоэкологии Северного Кавказа (ГЕОКАВКАЗ 2021)»
18-20 ноября 2021 г., г. Ессентуки

Научные редакторы:

д.ф.-м.н., профессор, академик АН ЧР,
Заслуженный геолог РФ И.А. Керимов

д.г.н., профессор В.А. Широкова

д.ф.-м.н., профессор В.Б. Заалишвили

д.г.-м.н., профессор В.И. Черкашин

Москва, 2021

УДК 55(470.6)
ББК 26.3 (235.7)+26.2(235.7)+20.1(235.7)

Печатается по решению Ученого совета ИИЕТ РАН (протокол № 8 от 16.11.2021)
иНТС ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова (протокол № 9 от 29.10.2021)

Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том XI / Под ред. И.А. Керимова, В. А. Широковой, В.Б. Заалишвили, В.И. Черкашина. М.: ИИЕТ РАН, 2021. 543 с.

Рецензенты:
д.г.н., профессор, член-корреспондент РАН В.А. Снытко
д.г.-м.н., профессор Э.С. Сианисян

Авторский коллектив:

Керимов И.А., Широкова В.А., Заалишвили В.Б., Черкашин В.И., Абумуслимов А.А., Авилов В.С., Акшаяков З.Т., Алахвердиев Ф.Д., Александрова Г.Н., Анаев М.Т., Андрианов Н.И., Архиреева И.Г., Атабиева Ф.А., Ахсалба А.К., Бабкова Е.А., Бадаев С.В., Бадов А.Д., Бадов О.А., Батукаев А.А., Батчаев И.И., Бачаева Т.Х., Беккиев М.Ю., Бекмурзаева Л.Р., Белов Д.А., Белуженко Е.В., Богуш И.А., Бондаренко Н.А., Братков В.В., Бураева Е.А., Бурдзиева О.Г., Буркацкий О.Н., Виноградов Ю.А., Габдрахманов А.Т., Габсатарова И.П., Гагаева З.Ш., Гайрабеков У.Т., Гайсумов М.Я., Гакаев Р.А., Гамбург К.Ю., Гацаева Л.С., Гегиев К.А., Геккиева С.О., Гераськина Т.В., Гергокова З.Ж., Глазырин Е.А., Глазырина Н.В., Головина Л.А., Горбунов А.С., Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Гуня А.Н., Гурьевских О.Ю., Гусейнова А.Ш., Даукаев А.А., Даукаев Аслан А., Дергачева А.В., Дмитриченко Н.В., Докукин М.Д., Доценко В.В., Дреева Ф.Р., Дрыгваль А.В., Дрыгваль П.В., Дубровская С.А., Елина О.Ю., Ермошкин А.Ю., Забураева Х.Ш., Застрожнов А.С., Зашихин В.В., Зверева А.С., Зуб О.Н., Иванусь И.В., Иваншин С.О., Идармачев И.Ш., Идармачев Ш.Г., Исаева Н.А., Кайгородова Е.Н., Калабин В.В., Калмыков Н.П., Калов Р.Х., Калов Х.М., Кануков А.С., Караев Ю.И., Кендирбаева Дж.Ж., Керимов А.М., Кешева Л.А., Ключкина А.А., Кодаш А.С., Кондаков В.М., Кондратьева Н.В., Корбесова К.В., Короновский Н.В., Краснов Е.В., Крисак О.С., Курашева О.А., Курбанисмаилова А.С., Куричева А.С., Кучменова И.И., Лаврищев В.А., Лебедев А.С., Лебедев В.А., Лебедев Я.О., Луганская А.В., Лысенко А.В., Лысенко И.О., Любимова Т.В., Мазеин В.Ю., Малаева Н.С., Мамаев А.С., Мамаев С.А., Маммаев Б.О., Маммаев О.А., Матасова И.Ю., Махмудова Л.Ш., Мельков Д.А., Микерина Т.Б., Милехина А.М., Миронова М.А., Моллаев З.Х., Мусаев М.А., Мышенкова М.С., Мячина К.В., Озерова Н.А., Парада С.Г., Персаева З.В., Пинчук Т.Н., Письменская Г.А., Плужник М.А., Пономарева Н.Л., Попков В.И., Попков И.В., Попов С.В., Попов Ю.В., Пустовит О.Е., Ревазов М.О., Реутова Н.В., Реутова Т.В., Розломий Н.Г., Романчук А.Ю., Рябов Г.В., Ряхов Р.В., Саркисян И.В., Собисевич А.В., Степанов А.Н., Стогний В.В., Столяров А.С., Сулейманов В.К., Сущев С.П., Ташилова А.А., Теунова Н.В., Теюбова В.Ф., Узденова А.Б., Усманов А.Х., Федоров А.В., Федоров И.С., Фидарова М.И., Фролова Н.И., Фурсина А.Б., Хаджиев М.М., Харыбина А.С., Хинтуба Л.В., Хожамуратова Р.Т., Хутуев А.Х., Чембарисов Э.И., Шаипов А.А., Шарафутдинов В.Ф., Шарова Т.В., Шейков А.А., Шишов В.С., Шманатов Г.В., Шодиев С.Р., Эзирбаев Т.Б., Экба Я.А., Энна Н.Л., Юмашева А.К., Юровских А.М., Яндарбиев Н.Ш., Яндарбиева Д.Н.

Материалы публикуются в авторской редакции.

ISBN 978-5-98866-083-5

© ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН, 2021
© ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, 2021
© Коллектив авторов, 2021

ПРЕДИСЛОВИЕ

В это непростое для всех нас время мы постарались сохранить традиции проведения нашей уже получившей признание научной общественности и отметившей в прошлом году юбилей ежегодной Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа». Благодаря активности наших постоянных участников и расширению географии участников конференция получила признание и постепенно выходит на новый уровень.

Настоящая монография подготовлена по материалам XI Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа (ГЕОКАВКАЗ 2021)» (г. Ессентуки, 18-19 ноября 2021 г.).

Конференция проводится ежегодно с 2011 г., а с 2015 г. проводится при активном содействии Департамента по недропользованию по СКФО (Кавказнедра) и его подразделений в субъектах Российской Федерации. Конференция приобретает все большую популярность, увеличивается число и расширяется география участников. Авторитет конференции растет, в т.ч. благодаря регулярному изданию материалов конференции в форме многотомной коллективной монографии.

В программу XI Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» были включены традиционные актуальные научные направления: геология и полезные ископаемые; геофизика, геодинамика, геоэкология. Эти направления имеют важное значение для развития минерально-сырьевой базы юга России. На конференции наряду с традиционными вопросами геологии и геофизики юга России обсуждался спектр вопросов, посвященных глобальным и региональным изменениям климата. В соответствии с Программой создания карбоновых полигонов развитию карбоновых полигонов в регионах России в 2021 г. среди 7 первых пилотных проектов на юге России созданы два карбоновых полигона (Краснодарский край и Чеченская Республика). Карбоновые полигоны создаются в целях изучения баланса углерода в природных и природно-антропогенных ландшафтах, разработки методики измерения потоков баланса основных парниковых газов, а также разработки технологий контроля и управления процессами, регулирующими баланс углерода в экосистемах. В ближайшие годы создание таких полигонов планируется и в других субъектах СКФО, что повысит интерес к данной тематике в научных кругах.

В XI Всероссийской научно-технической конференции «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» приняло участие около 200 российских и зарубежных ученых и специалистов. Они представили более 90 докладов. Среди участников конференции – представители 57 организаций и учреждений: 23 института РАН и др. НИИ, 23

вуза, 11 научных/научно-производственных организаций из 31 города (из России и стран Ближнего зарубежья).

В организации и проведении конференции активное участие принимали специалисты Департамента по недропользованию по СКФО (Кавказнедра) и его подразделений в субъектах Российской Федерации, ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН, ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова, Академии наук Чеченской Республики, Геофизического института ВНЦ РАН, Института геологии ДФИЦ РАН, Высокогорного геофизического института, Центра географических исследований КБНЦ РАН и др.

Коллективная монография «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» (том XI) включает 87 докладов и состоит из следующих разделов:

I. Геология и полезные ископаемые
II. Геофизика. Геодинамика
III. Геоэкология. Устойчивое развитие
IV. Глобальные и региональные изменения климата. Парниковый эффект
V. История наук о Земле

Традиционно в коллективную монографию включены статьи, в которых отражены собственные взгляды авторов, носящие дискуссионный характер. Они, по мнению членов редколлегии, стимулируют научные дискуссии, способствующей развитию соответствующего раздела науки. В целом анализ проблематики исследований, представленных в докладах участников конференции, показывает их актуальность, научную значимость и междисциплинарный характер.

Большой интерес, проявленный к конференции учеными и специалистами в области геологии, геофизики и геоэкологии, позволяет судить об актуальности обсуждаемых проблем и способствует расширению межрегиональных научных связей.

XI том коллективной монографии «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа» представляет интерес для широкого круга специалистов различного профиля, ученых, занимающихся проблемами освоения природных ресурсов Северного Кавказа, рационального природопользования и охраны окружающей среды, а также недропользователей и предпринимателей.

Благодарим участников конференции за поддержку и надеемся на дальнейшее сотрудничество.

Оргкомитет
XI Всероссийской научно-технической конференции
с международным участием
«Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии
Северного Кавказа»

I. ГЕОЛОГИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

УДК 622.24 DOI: 10.34708/GSTOU.2021.67.75.001

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОТБОРА ШЛАМА ДЛЯ ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ РАЗРЕЗА ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН

© Андрианов Н.И.

СКФУ, г. Ставрополь

Статья описывает проблему литолого-стратиграфического расчленения разреза на основе анализа шлама в сложных условиях бурения. Показана необходимость применения методов, обеспечивающих стационарный вынос шлама с забоя на поверхность. Обсуждены возможные методы решения задачи.

Ключевые слова: *геолого-технологические исследования при бурении, литолого-стратиграфическое расчленение разреза, построение шламограммы.*

Оперативное литолого-стратиграфическое расчленение разреза в процессе поисково-разведочного и эксплуатационного бурения глубоких скважин является одной из главных задач геолого-технологических исследований, осуществляемых в соответствии с требованиями руководящих документов [1, 2].

В процессе его выполнения осуществляется изучение минералогического состава и физико (механико)-химических свойств вскрываемых горных пород, определяется литология пород и их стратиграфическая приуроченность, выявляются тектонические особенности разреза, выделяются опорные пласты, покрышки и породы-коллекторы. Получаемая информация позволяет оценивать нефтегазоносность разреза, определять момент вскрытия перспективного интервала, а также оперативно корректировать технологию бурения и привлекать дополнительные методы исследования.

Классический (базовый) подход к выполнению комплексного литолого-стратиграфического расчленения разреза включает выполнение следующих этапов:

1) предварительное расчленение разреза на основе полученной ранее геологической, геофизической и геолого-технологической информации (прогнозный геологический разрез по площади);

2) расчленение разреза по данным геолого-технологических исследований;

3) уточнение границ, мощности, глубины залегания пластов и стратиграфическое расчленение разреза по данным геофизических исследований скважин, осуществляемых, как в процессе бурения (LWD, MWD), так и приборами, спускаемыми на каротажном кабеле (бурильных трубах).

Очевидно, что керн (выбуриваемый целик горной породы) и шлам (продукт разрушения горной породы) являются прямыми источниками информации о вскрываемом разрезе. По потенциальному объему извлекаемой информации приоритет принадлежит керну (особенно при определении механических и фильтрационно-емкостных свойств горной породы). Но по оперативности первенство принадлежит методологии, основанной на исследования шлама, т.к. не требует приостановки углубления скважины для спуска специального прибора или инструмента. Кроме того время выноса шлама с забоя при удовлетворительной промывке ствола относительно легко определяемо методами, изложенными в руководящем документе [1], что при известной глубине начала долбления и механической скорости бурения позволяет проводить привязку шлама к глубине по вскрытому разрезу. Шлам образуется и потенциально выносится на поверхность даже при разбуривании тех интервалов, из которых отбор керна невозможен по геолого-техническим причинам. Это же можно отметить и для интервалов бурения, где использование оперативного каротажа методами

LWD и MWD технически затруднено или экономически рискованно из-за большой опасности потери компоновки низа бурильной колонны с приборами вследствие повышенной сложности условий бурения (в том числе неустойчивость стенок скважины в виде осыпей и обвалов). Вместе с тем построение шламограммы повышает достоверность интерпретации результатов геофизических исследований бурящейся скважины.

Успешное решение геологических задач с использованием информации по шламу может быть достигнуто, если режим промывки обеспечивает подъем выбуренного шлама с забоя на устье скважины.

Также существует проблема пропуска маломощных и/или глубокозалегающих пластов, когда время выноса шлама с забоя на устье сопоставимо со временем разбуривания геологического объекта. В этом случае руководящий документ [1] рекомендовал вести механический каротаж и, при возникновении устойчивого признака изменения скорости бурения (при постоянных параметрах режима бурения), прекращать углубление скважины и продолжать промывать ствол до выноса выбуренного шлама на поверхность и его анализа.

Применяемый в настоящее время размерный ряд диаметров обсадных колонн обуславливает необходимость увеличения длин интервалов крепления (в пределах зоны совмещенных условий бурения). Сохранение длительной устойчивости стенки ствола скважины проблематично, даже при использовании буровых с нулевым показателем водоотдачи (растворы на углеводородной основе) и специальных технических средств – уплотнителей стенок скважины, включаемых в состав компоновки низа бурильной колонны. В результате проявления аномально высокого порового давления в необсаженном стволе скважины формируются каверны большого диаметра, нарушающие режим гидротранспорта шламовых частиц на поверхность. То есть каверны начинают играть роль активного аккумулятора шлама, в результате чего возможны осложнения (инциденты) в виде потери подвижности бурильной колонны и циркуляции буровой промывочной жидкости (закупорка кольцевого пространства шламом). Нарушение установившегося режима выноса шлама и активные массообменные процессы в полости каверн затрудняют (вплоть до невозможности) построение достоверных шламограмм с использованием методов, изложенных в руководящем документе [1].

Выход из сложившейся ситуации может быть достигнут путем интенсификации очистки осложненного ствола скважины. Возможны два варианта решения проблемы.

Во-первых, увеличение скорости восходящего потока буровой промывочной жидкости за счет увеличения подачи буровых насосов. К недостатку указанного направления можно отнести неизбежное увеличение эквивалентной циркуляционной плотности бурового раствора, что может вызвать гидроразрыв пород с потерей циркуляции.

Во-вторых, уменьшение скорости осаждения частиц выбуренного шлама за счет регулирования плотности и реологических характеристик буровой промывочной жидкости. Порция такой дополнительной буровой промывочной жидкости при прокачивании по кольцевому пространству не вызывает значительного увеличения гидродинамического давления на забой скважины (слабый пласт). То есть риск гидроразрыва исключается. А увеличенная выносящая способность потока буровой промывочной жидкости обеспечивает гидротранспорт шламовых частиц до дневной поверхности. Указанная операция может проводиться периодически в процессе долбления.

Восстанавливаемый таким образом вынос шлама (транспорт через кавернозную зону) позволяет проводить его привязку по глубине при построении шламограмм.

В 90-х годах прошлого столетия институтом СевКавНИПИнефть были разработаны и прошли успешную промысловую апробацию последний из вышеуказанных методов интенсификации очистки стволов кавернозных скважин [3].

Таким образом можно констатировать, что предложенные технологические решения позволяют повысить достоверность геолого-технологических исследований в процессе глубокого бурения в сложных горно-геологических условиях. При этом получаемые результаты проводить оперативное литолого-стратиграфическое разделение разреза, что также способствует решению задач 1D геомеханического моделирования при бурении.

Литература

1. РД 39-0147716-102-87. Геолого-технологические исследования в процессе бурения / Руководящий документ. ВНИИ нефтепромысловой геофизики. 1987. 275 с.
2. РД 153-39.0-069-01. Техническая инструкция по проведению геолого-технологических исследований нефтяных и газовых скважин / Руководящий документ. Минэнерго РФ. 2001. № 153-39.0-069-01. 245 с.
3. Пат. 2041338 Российская Федерация, МПК Е21В 21/00. Способ очистки ствола скважины / *Андрианов Н.И., Бухаров Г.С., Мушаилов А.М., Хуршудов В.А.*; заявитель и патентообладатель СевКавНИПИнефть; заявл. 03.01.1992; опубл. 09.08.1995. Бюл. № 18.

УДК 550.812 DOI: 10.34708/GSTOU.2021.92.48.002

НЕФТЕКОМПЛЕКС ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ

© [1,3]Бачаева Т.Х., [1,2]Даукаев А.А.

[1]КНИИ РАН, г. Грозный
[2]АН ЧР, г. Грозный
[3]ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный

Статья посвящена современному состоянию и перспективам развития геолого-разведочных работ на нефть и газ (ГРР). Описано состояние ресурсной базы УВ-сырья. Отмечены и охарактеризованы основные направления ГРР на ближайшую и долгосрочную перспективы. Даны рекомендации по проведению ГРР на нефть и газ.

Ключевые слова: *Терско-Сунженская нефтегазоносная зона, нефтедобыча, нефтекомплекс.*

Введение. Социально-экономическое развитие любого региона мира неразрывно связано с потреблением энергетических ресурсов. Доля нефти и газа в топливно-энергетическом балансе, постепенно выросла к концу прошлого века, до 75%. Интенсивное развитие нефтегазового производства в течении XX в. способствовало становлению России в ряд экономически развитых стран мира. Начальный этап нефтедобывающей промышленности России, главным образом, связан с Грозненским районом.

Краткая история становления, развития нефтекомплекса Чеченской Республики (ЧР) и современное его состояние. В 1893 г. на Алхан-Юртовском участке Грозненского нефтеносного района фирмой Ахвердова 28 июня 1893 г. была заложена скважина №1-1, из которой в августе того же года (по другим данным – в октябре) был получен первый нефтяной фонтан. С этого года, с открытием Старогрозненского месторождения нефти и газа, на территории Чечни началась промышленная добыча нефти (рис. 1).

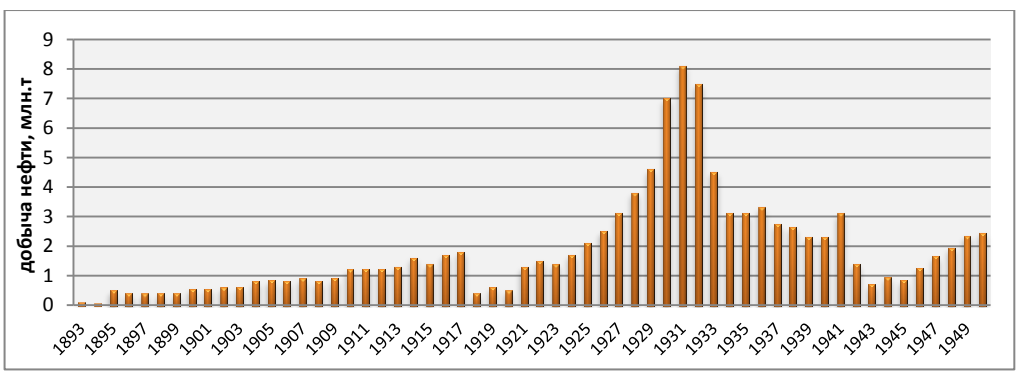


Рис. 1. График добычи нефти из караган-чокракских отложений за период 1983-1950 гг.

Земли были розданы десяткам наспех образованным предпринимательским фирм, товариществам и т.д., которые без какого-либо геологического обоснования покрыли всю территорию Грозненского хребта буровыми скважинами, осуществляли добычу и разведку нефти. Владельцы нефтеносных земель при бурении разведочных скважин руководствовались лишь поверхностными признаками: наличием выходов на поверхность нефти, битуминозных пород, газовых проявлений и др. Система сдачи в

длительную аренду нефтеносных земель, (введенная взамен прежней откупной), не способствовало развитию ГРР на нефть и газ и, в целом, нефтяной промышленности региона. Ситуация изменилась только с начала 1920-х гг., когда для оперативного руководства над восстановлением нефтяной отрасли и дальнейшим ее развитием было создано Центральное нефтяное управление (ЦНУ), в структуру которого вошли Старогрозненские и Новогрозненские нефтепромыслы, нефтезаводы, геологоразведочные и товаротранспортные отделы. В мае 1922 г. ЦНУ было преобразовано в «Грознефть». С целью восполнения ресурсной базы отрасли начали проводить систематические поисковые и разведочные работы. В начальный период, при изучении неглубокозалегающих среднемиоценовых отложений, основными методами являлись геолого-съемочные работы и структурно-картировочное бурение. С истощением эксплуатировавшихся длительное время караган-чокракских залежей в начале 1950-х гг. возникла проблема вопрос подготовки новых запасов УВ за счет освоения глубоко залегающих горизонтов мезозоя. В связи с этим, на территории ЧР широко разворачивается ГРР, в т.ч. региональные, с использованием методов разведочной геофизики (прежде всего сейсморазведки) и глубокого бурения на нефть и газ.

Результаты этих работ позволили изучить основные черты геологического строения территории, положительно оценить нефтегазоносность меловых отложений и способствовали дальнейшему увеличению объемов ГРР. Основные объемы были сосредоточены в Терско-Сунженской складчатой зоне. За период, с конца 1950 по 1992 гг. открыто более 20 залежей нефти в меловых отложениях в пределах старых и новых площадях и единичные залежи в верхнеюрских отложениях, в том числе одна залежь газа в подсолевых отложениях на Датыхской площади [3].

В связи с военными действиями и КТО, ГРР на территории ЧР с 1992 г. по 2008 гг. практически не проводились. С 2009 г. проводились в небольших объемах сейсморазведочные работы, а также обобщение геолого-геофизических материалов с целью выявления новых нефтегазоперспективных объектов. По результатам этих работ был выявлен целый ряд новых геологических объектов: Октябрьский ($N_1č$), Притеречный (K_2), Северо-Октябрьский (K_{2+1}), Белороченский (K_2), Восточно-Правобережный (K_2+Р), Грозненский (K_2), Западно-Минеральный (K_2+Р), Кошкельдинский (K_2), Толстой-Юртовский (K_2+Р), Южно-Гудермесский (K_2), в том числе по не вскрытым горизонтам месторождений Северо-Брагунское (K_1), Северо-Минеральное (K_1).

В настоящее время нефтяной комплекс ЧР представлен двумя организациями, имеющие лицензии на право пользования недрами: «НК «Роснефть» ОАО «Грознефтегаз» и АО «Чеченнефтехимпром».

Недропользователь «НК «Роснефть» ОАО «Грознефтегаз» владеет 17 лицензиями на право пользования участками недр, в том числе: 13 лицензий на разработку месторождений (Андреевское, Бенойское, Брагунское, Гой-Кортовское, Гудермесское, Мескетинское, Минеральное, Октябрьское, Правобережное, Северо-Брагунское, Старогрозненское, Хаян-Кортовское, Эльдаровское), 1 поисковая лицензия по перспективному участку недр Восточно-Грозненский, и 3 лицензии на геологическое изучение, поиск, разведку и добычу на Заканско-Северо-Серноводском, Предгорненском и Бамутско-Датыхском участках недр и 1 лицензия для геологического изучения с целью оценки возможности размещения попутно-добываемых пластовых вод на Горячеисточненском участке недр [5].

Недропользователь АО «Чеченнефтехимпром» имеет право пользования 16 лицензионными участками недр с целью геологического изучения (поиск и оценка), разведки и добычи углеводородного сырья (Северо-Эльдаровский, Горский, Червленый, Притеречный, Алпатово-Ищерский, Северо-Минеральный, Лесной, Терско-Магистральный, Межхребтово-Турбинный, Сюиль-Кортовский, Родниково-Северо-Ханкальский, Ханкальский, Северо-Джалкинский, Южно-Суворовский, Зандакский, Западно-Бенойский).

Состояние ресурсной базы отрасли.

Долгосрочное и краткосрочное планирование и проектирование геолого-поисковых, разведочных и региональных работ на нефть и газ основывается на наличии запасов и ресурсов различных категорий – разведанных запасов А, B_1 и C_1 разрабатываемых и разведываемых месторождений, предварительно оцененных запасов B_2 и C_2 месторождений, подготовленных, перспективных локализованных и прогнозных ресурсов $Д_0$, $Д_{1л}$ и $Д_2$ [8]. На некоторых из них проводились частично разведочные работы, на Ильинской и Лесной - не осуществлялись.

По состоянию на 01.01.2021 г. по ПАО «НК «Роснефть» (ОАО «Грознефтегаз») остаточные запасы нефти промышленных категорий $АВ_1$ - 8,767 млн т. нефти, попутного нефтяного газа - 1494 млн $м^3$, свободного газа – 960 млн $м^3$. B_2 - 0 млн т. нефти, попутного нефтяного газа - 0 млн $м^3$, свободного газа – 1438 млн $м^3$. Ресурсы D_0 - 0 млн т. нефти. Средняя степень выработанности залежей нефти по лицензионным участкам ПАО «НК «Роснефть» на территории Чеченской Республики - 97,4%. В 2020 г. добыто 0,054, что на 0,023 млн т., или 29,9%, меньше чем 2019 г.

АО "Чеченнефтехимпром" добыча нефти не осуществлялась.

Распределение извлекаемых запасов по предприятиям и нераспределенному фонду недр следующие (табл.1.)

Таблица 1

Состояние извлекаемых запасов УВ в Чеченской Республике

Недро-пользователь	Кол-во место-рождений	Нефть, млн.т		Свободный газ, млр.$м^3$		Конденсат, млн.т	
		$А+B_1+C_1$	**B_2+C_2**	**$А+B_1+C_1$**	**B_2+C_2**	**$А+B_1+C_1$**	**B_2+C_2**
Чеченская Республика	22	10,846	2,647	2,488	17,787	0,068	-
Распределенный фонд недр							
ПАО «НК «Роснефть»	13	8,767	-	0,960	1,438	0,068	-
АО «Чеченнефтехимпром	5	0,459	-	-	-	-	-
Нераспределенный фонд недр							
	4	1,620	2,647	1,528	16,349	-	-

Приведены данные о состоянии запасов и ресурсов нефти и газа в табл. 2. Выработанность разведанных запасов нефти составляет 97%, а газа около 50 %.

Таблица 2

Состояния запасов и ресурсов нефти на дату 01.01.2021 г.

Вид УВ-сырья	Ед. измерения	Количество месторождений	Извлекаемые запасы и ресурсы по категориям			
			$А+B_1+C_1$	**B_2+C_2**	**$Д_0$**	**$Д_1+Д_2$**
Нефть	млн.т	22	10,846	2,647	19,652	68,783
Газ	млрд.$м^3$	3	2,488	17,787	12,123	20,341
Растворенный газ	млрд.$м^3$	21	2,533	1,710	1,479	0,974
Конденсат	млн.т.	1	0,068	-	-	-

В нераспределенном фонде недр по ЧР числятся следующие **суммарные запасы** углеводородного сырья:

- **нефти** в количестве 14007 тыс. т. геологические и 322 тыс. т. извлекаемые кат. $A+B_1$ по трем разрабатываемым (Горячеисточненское месторождение, Бенойское - 1 залежь, Гойт-Корт - 1 залежь); 2777 тыс. т. геологические и 1298 тыс. т. извлекаемые кат. C_1, 5295 тыс. т. геологические и 2647 тыс. т. извлекаемые категории C_2 по трем разведываемым (Датыхское, Ильинское, Северо-Джалкинское) месторождениям. Перспективные ресурсы нефти нераспределенного фонда недр кат. D_0 учтены по 7 перспективным площадям (Белореченская, Грозненская, Кошкельдинская, Южно-Гудермесская, Восточно-Правобережная, Толстой-Юртовская, Западно-Минеральная) в количестве 28005 тыс. т. геологические и 14741 тыс. т. извлекаемые и двум невскрытым пластам Северо-Минерального и Северо-Брагунского месторождений в количестве 7801 тыс. т геологические и 3459 тыс. т. извлекаемые.
- **запасы растворенного газа** числятся в количестве 34 млн $м^3$ категории $A+B_1$ части двух месторождений Бенойского и Гойт-Корт за контуром лицензионных участков недр и трем разведываемым месторождениям (Датыхскому, Ильинскому, Северо-Джалкинскому) 761 млн $м^3$ категории C_1 и 1710 млн $м^3$ категории C_2.
- **запасы свободного газа** числятся по Бенойскому (одна залежь) разрабатываемому месторождению за контуром лицензионных границ в количестве 475 млн $м^3$ и Ханкальского месторождения (залежь в нижнемеловых отложениях) 534 млн $м^3$ категории B_1, 9765 млн $м^3$ категории B_2 и одного разведываемого Датыхского месторождения категории C_1 519 млн $м^3$, категории C_2 9765 млн $м^3$. Прогнозные ресурсы категории D_0 учтены по 3 перспективным площадям (Саясановская, Северо-Саясановская и Северо-Бенойская) в количестве 9278 млн $м^3$.
- запасы **конденсата** числятся по Бенойскому разрабатываемому месторождению в количестве 184 тыс. т. геологические и 34 тыс. т. извлекаемые кат. $A+B_1$.

На 01.01.2021 г. перспективные ресурсы конденсата нераспределенного фонда недр категории D_0 учтены по 3 перспективным площадям (Саясановская, Северо-Саясановская и Северо-Бенойская) в количестве 1955 тыс. т. геологические и 1109 тыс. т. извлекаемые [9].

В промышленной разработке, в настоящее время, находятся верхне- и нижнемеловые залежи. Основные залежи мелового комплекса, в том числе Старогрозненского и Октябрьского месторождений, располагаются в области высоких напоров вод и характеризуются наличием АВПД, гидрохимических аномалий (конденсационные воды и др.), что объясняет механизм их образования за счет преимущественно вертикальной миграции флюидов снизу вверх. Ряд исследователей, касаясь вопросов образования крупных залежей Терско-Сунженской нефтегазоносной области с позиций геодинамической концепции нефтегазообразования, предпочтения отдают субдукционному механизму [2, 6].

Несмотря на довольно высокую степень освоенности, верхнемеловой комплекс отложений в пределах ТСНО характеризуется значительными ресурсами нефти и газа. В соответствии с экспертной оценкой потенциальных сырьевых ресурсов УВ ЧР на верхнемеловой комплекс приходится более половины суммарных сырьевых ресурсов, числящихся на балансе ОАО «Грознефтегаз». За все годы разработки из меловых залежей добыто 214,7 млн т. нефти, что составляет более 85% от начальных извлекаемых запасов соответствующих залежей и 63% от всей добытой нефти в пределах ЧР. Основная часть добытой нефти связана с Сунженской антиклинальной зоной. На втором и третьем местах по добытой нефти из меловых залежей находятся, соответственно Терская и Притеречная антиклинальные зоны. По остальным

тектоническим зонам нефть добыта к настоящему времени в незначительных количествах.

Перспективы развития ГРР на нефть и газ.

В соответствии с нефтегазогеологическим районированием в пределах территории ЧР выделяются следующие зоны нефтегазоносности, характеризующие разной степенью изученности и нефтегазоперспективности: Терская, Сунженская, Черногорская, Притеречная и Синклинальные зоны (см. рис. 2).

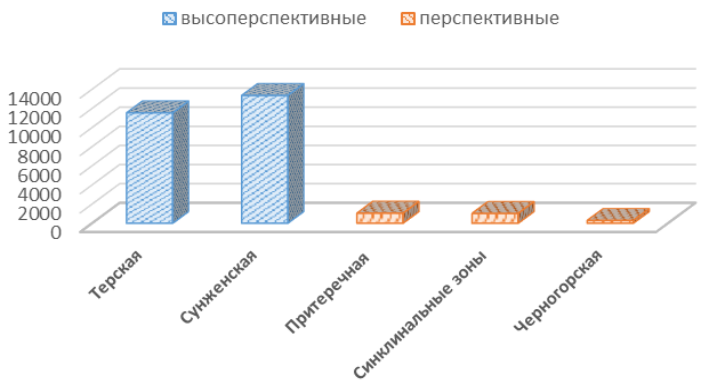


Рис. 2. Распределение остаточных запасов нефти промышленных категорий по тектоническим зонам

Терская и Сунженская зоны нефтегазонакопления. Эти зоны в тектоническом плане приурочены к одноименным антиклинальным зонам. В соответствии с районированием территории по степени нефтегазоперспективности они отнесены к высокоперспективным зонам, характеризующимся наиболее благоприятными факторами для скопления и сохранения залежей УВ. Они же характеризуются наибольшими остаточными запасами промышленных категорий.

Выработанность караган-чокракских залежей УВ Терской и Сунженской антиклинальных зон составляет более 90 %, а большинства меловых - более 80%. (рис 3.)

Основным направлением ГРР на ближайшую перспективу останется *верхнемеловое*. *Верхнемеловые отложения* вскрыты значительным количеством скважин в пределах антиклинальных зон. В литологическом отношении они представлены, различными типами известняков, с прослойками глин и мергелей. Четких границ между отдельными ярусами не отмечаются. Границы кровли и подошвы верхнего мела четко отбиваются по данным ГИС. Общая толщина верхнемелового комплекса отложений составляет 200-500 м. Глубина залегания кровли верхнего мела увеличивается с запада на восток от 2200 м до 5000 м в пределах антиклинальных зон и до 7000 м в синклинальных зонах.

Верхнемеловой комплекс отложений характеризуется региональной нефтегазоносностью [1]. Высота отдельных залежей нефти и газа, установленных в пределах Терской и Сунженской антиклинальных зон, достигает более 1000 м. В меловом комплексе отложений, к настоящему времени, установлены углеводородные залежи, связанные в основном со сложно-экранированными (структурно-дизъюнктивными) ловушками, характеризующими трещинно-кавернозным типом коллектора. Дальнейшие перспективы открытия новых скоплений нефти и газа в верхнемеловых отложениях также связаны, именно с ловушками подобного типа. В частности, об этом свидетельствуют некоторые результаты геофизических исследований и комплексной переинтерпретации геолого-геофизических материалов, приводимых ниже [4]. В результате последних был выявлен целый ряд нефтегазоперспективных объектов в верхнемеловых отложениях - Северо-Октябрьский, Грозненский, Западно-

Минеральный, Кошкельдинский, Толстой-Юртовский, Южно-Гудермесский, Красностепновский, Алдынский, Чернореченский, Северо-Эльдаровский и др.

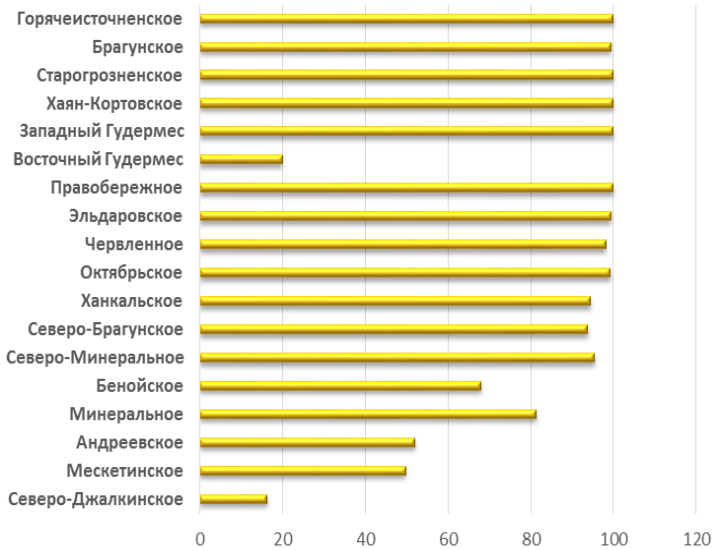


Рис. 3. Выработанность верхнемеловых залежей нефти (%)

Притеречная зона и Шелковской участок

Практический интерес представляют здесь, прежде всего зоны деструкции пород в разрезе верхнего мела выделенных в пределах отдельных структур (Червленная и др.) по результатам детальных сейсморазведочных работ.

В плане поисков сложно-экранированных ловушек интерес представляет Шелковской участок, где в южной части фиксируются малоамплитудные разрывные нарушения, структурные террасы, выступы. В северной части данного участка отмечается зона потери корреляции, отождествляемая с зоной разрушения пород. Проведение поисково-разведочных работ в достаточных объемах, в пределах ранее установленных локальных структур и месторождений, а также вновь выявленных объектов с учетом результатов комплексных исследований верхнемеловых отложений (описанных выше), позволит существенно увеличить ресурсную базу нефтегазовой отрасли ЧР.

Синклинальные зоны

Результатами комплексных исследований (сейсморазведка МОВ ОГТ, дистанционные и геодинамические исследования), проводившиеся в 80-х гг. было доказано сложное блоковое строение меловых отложений в пределах синклинальных зон Терско-Каспийского краевого прогиба (Петропавловская впадина, Алханчуртская синклинальная зона). В пределах Петропавловской впадины под моноклинально залегающими неоген-палеогеновыми отложениями в верхнемеловом комплексе был установлен ряд погребенных структур и блок-антиклиналей (Джалкинская, Северо-Джалкинская, Ильинская, Ханкальская, Северо-Ханкальская, Грозненская, Южно-Ястребиная и др.). По результатам геодинамических исследований предполагается сложное разломно-блоковое строение мелового комплекса отложений и в пределах Чеченской впадины. По этому поводу в работе [8] отмечается: «начиная с высокоградиентной границы, происходит резкое фоновое уменьшение значений движений от центральной части Чеченской впадины на юг вплоть до широты Датыхской структуры. Одно из объяснений этого связано с блоковым строением погруженной части

Чеченской впадины не только по верхнемеловым, но и более глубоким отложениям, включая и подсолевые юрские». В связи со сложными глубинными сейсмогеологическими условиями, поисковые возможности сейсморазведки в пределах Чеченской впадины ограничены. Вместе с тем, на первом этапе исследований необходима постановка сейсморазведочных работ с целью детального изучения строения верхних горизонтов в плане выявления различных структурных осложнений, которые могут быть индикаторами погребенных складок в меловых отложениях, по аналогии с Ханкальской и другими верхнемеловыми структурами, которым соответствуют различные структурные осложнения (в виде гемиантиклиналей, структурных носов и т.п.) в палеоген-неогеновом комплексе отложений. В последние годы в синклинальных зонах выделены несколько перспективных геологических объектов – Автуринский, Западно-Ханкальский, Северо-Суворовский и др. Для окончательной подготовки этих структур к поисковому бурению требуется проведение дополнительных сейсморазведочных работ в их пределах.

Зона Черногорской моноклинали

Данная зона нефтегазонакопления характеризуется менее благоприятными условиями для образования и сохранения крупных скоплений нефти и газа в меловых отложениях по сравнении с Терской и Сунженской зонами. Вместе с тем в пределах этой зоны в последние десятилетия выявлены многочисленные нефтегазоперспективные объекты в меловых отложениях, в основном, блок-антиклинального типа, характеризующее небольшими линейными размерами и амплитудами – Западно-Мескетинский, Ручейный, Восточно-Ножай-Юртовский, Северо-Ножай-Юртовский, Саясановский, Рассветный и др. [3]. В пределах Черногорской моноклинали ожидается открытие преимущественно нефтегазоконденсатных или переходного типа залежей.

Заключение. Таким образом, рассматриваемая территория характеризуется определенными перспективами для наращивания ресурсной базы УВ. Основным направлением ГРР на нефть и газ на ближайшую перспективу останется эоцен-верхнемеловое. Результатами сейсморазведочных работ, проведенных в конце 1980-х – начале 1990 гг., а также обобщения и комплексной переинтерпретации накопленных геолого-геофизических материалов в верхнемеловых отложениях было выявлено около 30 нефтегазоперспективных объектов небольших размеров. Поисково-разведочные работы на нефть и газ в меловых отложениях следует ориентировать на: поиски залежей нефти и газа в пределах, установленных в верхнемеловых отложениях новых, и ранее выявленных геологических объектов, а также в невскрытых горизонтах месторождений; поиски новых нефтегазоперспективных геологических объектов в мезокайнозойских отложениях как структурного, так и неструктурного типа. Перспективы установления новых залежей нефти и газа в эоцен-верхнемеловых отложениях можно связывать с прибортовыми зонами Передовых хребтов, участками узлов пересечения разноориентированных глубинных разломов, а также с синклинальными зонами [7]. Одновременно необходимо проводить изучение регионального строения рассматриваемой территории комплексом геофизических методов и параметрическим бурением. В частности, с целью изучения характера строения, состава верхнеюрских отложений и определения местоположения и глубины параметрических скважин, рекомендуется отработать два региональных сейсмических профиля по линиям Даттых-Бурунная и Ведено-Каргалинская. В долгосрочной перспективе стратегически важными направлениями ГРР на нефть и газ можно считать подсолевые юрские и пермотриасовые отложения в горной части ЧР и Затеречной равнине, где по предварительным данным прогнозируются традиционные структуры антиклинального типа и геологические объекты типа органогенных построек (биогермы, биостромы и т.д.).

Литература

1. *Бачаева Т.Х., Прозорова Г.Н.* Складчатость и складки верхнемеловой толщи Терско-Каспийского передового прогиба: точки строения и развития на этапах исследования / Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Коллективная монография по материалам X Всероссийской научно-технической конференции в 2-ух частях. 2020. С. 316-323.
2. *Гаврилов В.П.* Возможные механизмы естественного восполнения запасов на нефтяных и газовых месторождениях // Геология нефти и газа. 2008. №1. С. 56-64.
3. *Даукаев А.А.* История и перспективы развития геологоразведочных и научно-исследовательских работ на нефть и газ на Северном Кавказе (XIX-XXI в). М.: Спутник, 2018. 224 с.
4. *Даукаев А.А.* Современное состояние сырьевой базы нефтегазодобывающей отрасли ЧР и главные направления дальнейших геологоразведочных работ на нефть и газ / Сб. научных трудов КНИИ РАН. Вып. 1. Нальчик: Эль-Фа, 2007. С.146-151.
5. *Даукаев А.А., Бачаева Т.Х.* Геологоразведочные работы на нефть и газ на территории Чеченской Республики: состояние и перспективы развития // Вестник КНИИ РАН. № 3. 2021.
6. *Керимов И.А., Даукаев А.А., Гайсумов М.Я.* Влияние современной тектонической активности на флюидодинамику недр / Сб. научных трудов КНИИ РАН. Вып.2. Москва. 2009.
7. Нефтяная отрасль ЧР: состояние, проблемы и приоритетные направления развития // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Грозный: Академия наук ЧР, 2013. 282 с.
8. Современные движения земной коры и нефтегазоносность (на примере Терско-Каспийского передового прогиба / *Под редакцией Алексина А.Г. М.*: Наука, 1987. 118 с.
9. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Чеченской Республики в 2020 году / рук. С.-М.М. Темирханов // Доклад МПР и ООС ЧР. Грозный. 2021. 150 с.

УДК 553.042/044/045 DOI:10.34708/GSTOU.2021.21.55.003

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ И ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ РОССИИ И СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

© Белуженко Е.В.

АО «Рудник Каральвеем», г. Билибино

В докладе рассматриваются проблемы, возникающие при оценке и промышленном освоении золоторудных объектов в России – на примере хорошо освоенных районов Якутии. Эти проблемы актуальны и для объектов Северного Кавказа (Кабардино-Балкария и др.), поиски и оценка которых активно ведутся в последние годы.

Ключевые слова: *Золоторудные объекты, оценка и промышленное освоение, Северный Кавказ, Кабардино-Балкария, Якутия.*

С начала XXI века на Северном Кавказе были широко развернуты работы по поискам и оценке золоторудных объектов. Значительная, наиболее изученная часть этих объектов расположены в Кабардино-Балкарии (Левобережное и Карданское рудные поля, объекты Тырныаузского рудного узла: Гитче-Тырныаузский и др.). Поисковые работы проводились также в Карачаево-Черкессии, Северной Осетии, Адыгее, Дагестане [1, 2]. Основанием для их проведения послужили представления о возможности *«создание нового центра золотодобычи на южной геополитической окраине Российской Федерации»* [5]. Автор, совместно со своими коллегами, в 2010-2015 гг. занимался поисковыми и оценочными работами на Левобережном (Радужное месторождение и др.) и Карданском золоторудных полях Кабардино-Балкарии, а также знакомился, как рецензент, с результатами поисковых работ на Гытче-Тырныаузском объекте [1, 2]. С 2013 г. по настоящее время участвовал в поисковых и оценочных работах на золоторудных объектах Якутии (Базовское месторождение, Диринь-Юряхская площадь, фланги месторождений Бадран, Хангалас и др.) и на Чукотке (фланги месторождения Каральвеем, Гытхиринатское рудное поле и др.).

Как известно, на Северном Кавказе ни один золоторудный объект пока еще промышленно не освоен. Более того, кроме ***Радужного месторождения*** (КБР, Левобережное рудное поле), ни один другой объект еще не доведен до стадии собственно месторождения (с утвержденным ТЭО и запасами по категории C_2 по объекту, состоящему на учете на Госбалансе). Поэтому для большинства золоторудных объектов Северном Кавказе вопрос промышленного освоения является очень актуальным. Поскольку все золоторудные объекты находятся в едином правовом поле законов РФ (прежде всего, «Закона о недрах»), общими же являются и организационно-правовые проблемы при оценке и промышленном освоение этих объектов. Эти проблемы многочисленны и возникают повсеместно. В статье используются сведения по проблемам золоторудных объектов в давно освоенных промышленностью районах (в частности, Якутии). Автор считает, что эти проблемы неизбежно возникнут и при промышленном освоении Северо-Кавказских золоторудных объектов. Рассматривая эти проблемы, автор призывают учитывать их уже сейчас, составляя «дорожную карту» промышленного освоения объектов не на годы, а на десятилетия.

В последние годы, в основном из средств массовой информации, мы часто слышим об «открытии» новых перспективных золоторудных объектов на Северном Кавказе. Приведем цитату главы «Росгеология» Сергея Горькова: *«Росгеология» нашла в пределах Гытче-Тырныазского рудного поля в Кабардино-Балкарии крупное месторождение золота».* По его словам, запасы составляют 90 т., при этом в классической геологоразведке было принято считать, что на Кавказе нет крупных месторождений золота. *«И даже в Советском Союзе больших месторождений золота там не открывалось. А мы открыли крупное месторождение. И это дает нам*

надежды на перспективы золота на Кавказе…» (интернет-ресурс: patriot_kbr, Инферфакс).

Справедливости ради необходимо отметить, что золото на Тырныаузском месторождении вольфрама и молибдена, как попутный компонент, добывалось при его эксплуатации до девяностых годов прошлого века. Многие проявления золота, вошедшие в состав Гитче-Тырныаузского объекта, известны и изучены советскими геологами в середине-конце прошлого века. Так, в 1987 г. была проведена оценка попутных запасов золота на северном фланге Тырныаузского рудного поля, частично совпадающем с площадью Гитче-Тырныаузского, по которой авторские запасы золота по категории C_1+C_2 составили 59 т (Бурцев, Плакса, 1987 г.) [2]. Таким образом, золотоносность этого рудного поля известна давно и ранее уже оценивалась. При этом надо учитывать, что эта оценка проводилась тогда, когда существовала обширная и действующая инфраструктура Тырныаузского комбината, ныне почти полностью разрушенная. Восстановлении ее потребует значительных усилий. Поэтому, не углубляясь в геологические аспекты проблемы и не пытаясь принизить достижения Росгеологии, хотелось бы предостеречь от излишней эйфории и оптимизма. Аналогичные заявления (о «крупных» месторождениях) ранее уже неоднократно провозглашались, например, в Якутии (для Базовского и Талалахского рудных полей и др.). Вот только результаты работ сильно отличались от прогнозных ресурсов [1, 2].

Общим положением является хорошая геологическая изученность территории России, которая уже обеспечила открытие значимых золоторудных месторождений практически повсеместно. В настоящее время не открытыми остались либо мелкие (реже – средние), либо «слепые» (не имеющие признаков на поверхности) золоторудные объекты. При этом все объекты от Кавказа до Камчатки опоисковываются и оцениваются преимущественно традиционными методами (на стадии поисков: геологические маршруты, литогеохимия, геофизика (электро- и магнитка), на стадии оценки – проходка горных выработок, бурение скважин). При этом важно соблюдать стадийность и четко выполнять инструкции и требования, особенно к оценочной сети.

Как же обстоит дело с сырьевой базой рудного золота в России? Вот мнение авторитетных экономистов: *«Очень остро стоит проблема воспроизводства сырьевой базы золотодобывающих предприятий. Бюджетных средств не хватает для поисково-оценочных работ, которые завершаются открытием новых месторождений. Основа отрасли – геологическая разведка, а нынешний объем инвестиций в нее недостаточен. Пока прирост запасов идет за счет доразведки и переоценки старых месторождений, но это не может продолжаться долго»* (Заернюк и др., 2017). А вот более свежее высказывание: «*Золотодобывающая отрасль России через 10−20 лет может столкнуться с недостатком запасов*», заявил гендиректор крупнейшей в России золотодобывающей компании «Полюс» Павел Грачев в интервью РБК. Сейчас запасы золота в России составляют около 7500-8000 т, а производство металла – 330 т в год. Гендиректор «Полюса» рассказал, что показатель возобновления добываемых ресурсов за последние несколько лет упал с 62 % до 30 %. Причинами этого Грачев назвал недостаток инвестиций в геологоразведку, в том числе из-за законодательных ограничений (интернет-ресурс: Ведомости).

Ниже рассматриваются основные, по мнению автора, проблемы, возникающие при промышленном освоение золоторудных объектов Якутии и Чукотки малыми и средними предприятиями и которые, вероятно, могут проявиться и на Северном Кавказе.

Одна из проблем, связанных с необходимостью освоения новых объектов – это отсутствие у предприятий финансовых ресурсов, т.е. нехватка собственных и трудности в получении заемных средств на новые объекты (у малых и средних по размерам предприятий).

Вот цитата из работы экономистов: *«Если крупные производители могут поправить свое финансовое положение за счет продажи активов и сокращения капитальных затрат, то небольшие и средние предприятия вынуждены искать средства на стороне, сталкиваясь с нежеланием долевых инвесторов идти на риск и*

крайней избирательностью со стороны потенциальных кредиторов…. Рассматривая ведущие российские компании, авторитетные эксперты и специалисты отмечают проблемы с финансированием в той или иной форме… В золотодобывающей отрасли чуть менее 500 предприятий, и всем нужно развиваться. При этом получить банковское финансирование очень сложно даже для предприятий, которые добывают 1 т золота в год ... Более мелкие компании, как правило, остаются вообще без каких-либо средств на развитие. Небольшие и средние золотодобывающие предприятия вынуждены искать средства на стороне…» [4]. Настоящий доклад касается проблем как раз малых и средних предприятий, а также проблем государства – в лице Роснедра и Росгеологии.

Для проведения поисковых и оценочных работ на новом, чаще всего удаленном объекте, необходима организация отдельного участка, выделение (чаще всего, покупка) дорогостоящей техники, привлечение новых специалистов. Т.е., требуется мощное, практически единовременное вливание значительных средств. При этом добывающий рудник (как правило один) малого и среднего предприятия живет своей сложной жизнью, а из-за постоянной экономии на всем и вся, часто едва сводит концы с концами. Геологоразведочные работы по всей цепочке (поиски, оценка, разведка, промышленное освоение - начало эксплуатации) дороги, рискованны и, самое главное, весьма длительны. К этому добавляется то обстоятельство, что новые объекты расположены во все более недоступных местах со все менее развитой инфраструктурой (нет ни дорог, ни электричества, ни рабочей силы). Погодные условия при этом повсеместно сложные, полевой сезон очень короток. Никаких доходов новый участок (в отличии от действующего рудника) в течение длительного времени (до 8-10 лет с учетом разведочного этапа) не приносит, а требует только расходов. Для малых предприятий они рано, или поздно становятся непомерными и дело затухает на какой-то стадии. Чаще всего – не дойдя до завершения оценочного этапа и утверждения запасов. В результате лицензионные обязательства не выполняются, предприятие попадает в неприятное положение должника, над которым висит угроза предупреждения, штрафа, а затем и отбора лицензии.

Есть и другая причина «торможения» оценки новых золоторудных объектов, которая проявляется иногда (очень часто) и заключаются в отсутствии ***желания со стороны руководства компаний и акционеров изыскивать необходимые средства для этих целей.*** Совершенно очевидно, что акционеры вкладывают деньги для получения прибыли. Естественное желание акционеров – потратить дополнительную прибыль на решение сиюминутных проблем (нужды действующих рудников постоянны и безразмерны), нельзя не забывать и о собственных доходах. При этом необходимость тратить средства на новые объекты, как правило, активно декларируется, но финансирование на эти цели часто идет по остаточному принципу. Т. е., если у предприятия есть лишние деньги, что-то делается, в надежде получить быстрый положительный результат, а также, чтобы не навлечь на предприятие гнева государственных структур за просрочку сроков лицензий. Но если быстрого результата не получается, то интерес к объекту резко остывает и лицензии редко доводятся до промышленного освоения объекта.

Нелегкая финансовая ситуация на мелких золоторудных предприятиях приводит иногда к сознательному саботажу по отношению к новым объектам – со стороны руководства добывающих рудников, которые, как правило, являются главными врагами новых объектов. В самом деле, жизнь коротка, положение компаний и наемных работников (как правило, даже высокооплачиваемых) – нестабильны, условия работы все время меняются. Зачем думать о будущем для предприятия, если есть возможность получить максимум сейчас, при этом жить тихо и спокойно? Как говорится: «О завтрашних проблемам будем думать завтра!». Тем более, своих проблем на любом руднике хватает и всегда нужен новый бульдозер для добычи, а не для проведения поисково-оценочных работ!

Вот цитата из работы Е.В. Чабанова [4] по этому поводу: *«… обстоятельства сформировали такую систему управления, отбора руководящих кадров, регламентации их работы, что эффективность деятельности …. упала ниже всякой критики, бюрократизм сделался ещё более циничным и всеобъемлющим… Вследствие всего этого можно утверждать, что ныне зажравшаяся бюрократия является главным тормозом развития экономики».*

На сессии "Недра Дальнего Востока: на пути от геологоразведки до комплексной переработки" прошедшей во Владивостоке в сентябре 2021 г. прозвучало: «Министерство природных ресурсов и экологии России закончило проверку лицензий на твердые полезные ископаемые и выявило нарушения у 16 % из них. По словам министра природных ресурсов А.А. Козлова, «*ведомство спросит всех бездействующих недропользователей о причинах неисполнения лицензий, и если объективных факторов этому нет, то будет поставлен вопрос об отзыве лицензий»* (интернет-ресурс, РИА Новости). Но, похоже, государственные структуры к этому еще не вполне готовы, несмотря на громкие призывы. Терпимость, а иногда и беспринципность проявляемые к злостным нарушениям лицензионных соглашений, создают ощущение безнаказанности у руководства и акционеров таких золоторудных предприятий. «*Строгость российских законов смягчается необязательностью их исполнения»* (М.Е. Салтыков-Щедрин»). В итоге шлейф неисполняемых лицензионных обязательств за ними все более возрастает.

Еще одна проблема в общем ряду: ***не всегда продуманное приобретение новых лицензий, которые при проведении тщательного анализа геологической ситуации заведомо не имеют значимых перспектив.*** Погоня за новыми лицензия для предприятий иногда приобретает вид спортивного состязания (у кого больше?). Да, с одной стороны, предприятиям надо развиваться, а без новых лицензий это невозможно. Да, это нематериальные активы, которые идут в зачет компании, особенно в плане ее ценности на рынке и в капитализации. Да, это показатель активности предприятий. Но, чтобы выполнить лицензионные обязательства по объектам, приобретенным практически единовременно, предприятию необходимо их осваивать, что требует значительных вложений (см. выше). Руководство решает, в какой же объект надо прежде всего вкладывать средства? При этом мнение специалистов-геологов не является решающим. Преобладают общие финансово-организационные обстоятельства, иногда – субъективное мнение руководителя. В итоге большинство мелких золоторудных предприятий Якутии просто дорабатывают старые месторождения, имея при этом несколько (иногда десятки) «замороженных» лицензий, в том числе и на вполне перспективные объекты.

Получение новых лицензий особенно активизировалось после разрешения государством их «бесплатной» раздачи на участках, примыкающих к действующим лицензиям, или на участках, где отсутствуют апробированные прогнозные ресурсы. Но привело ли это к открытию новых месторождений? Как известно, «бесплатный сыр» бывает только в мышеловке… В моей практике была работа на одном их лицензионных объектов Якутии, на котором не было ни прямых, ни даже косвенных признаков золотого оруденения, т.е. абсолютно «пустое место». Бесплатную лицензионную площадь справедливо и по закону просто отодвинули от рудного поля за пределы площади прогнозных ресурсов. Естественно, результаты 2-х летних работ были отрицательными и лицензию пришлось сдавать. А ведь этот результат был легко предсказуем!

Что касается ***отзыва лицензий***, то это тоже палка о двух концах. Многие мелкие и средние золоторудные предприятия Сибири, вероятно, хотели бы законным путем и без лишних расходов и скандалов избавиться от этих лицензий, т.к. понимают нереальность освоения этих объектов своими силами. Но для этого надо иметь политическую волю, признать свои ошибки и смириться с потерей уже вложенных средств. Опять же – нематериальные активы! С другой стороны, пока лицензии действуют, государство получает от недропользователей хотя бы какие-то (пусть и минимальные) отчисления и имеет надежду на освоение объектов. А когда от них

отказываются, никакого дохода от них государство не получает. Желающих приобретать новые лицензии на не очень перспективные объекты, естественно, мало. Вот поэтому лицензии, с одной стороны (предприятия) придерживают, в надежде на лучшее, а с другой стороны (Роснедра) – не торопятся их отбирать.

Особенно это актуально для Северного Кавказа, где с проблемой продажи подготовленных лицензий недропользователям по многим объектам дело обстоит особенно плохо. Предприниматели хорошо понимают риски промышленного освоения объектов на Северном Кавказе, где проблемы охраны окружающей среды, а также политико-социальные вопросы стоят очень остро. По мнению многих специалистов рекреационный и общеприродный потенциал региона многократно превышает выгоду от промышленного освоения любых месторождений, в том числе и золоторудных, которое, безусловно, принесет множество трудноразрешимых экономических, социальных и экологических проблем.

К этим многочисленным проблемам тесно примыкает еще одна: ***Устаревшие технологии извлечения золота, существующие на добычных предприятиях, ведущих оценочные работы на новые объекты. Они годились для старых месторождений со значительными содержаниями золота, чем новые объекты, как правило, похвастаться не могут.***

Золотоизвлекающие фабрики большинства мелких предприятий построены давно и, несмотря на модернизации, рассчитаны на значительные содержания золота. Большинство же новых золоторудных объектов, которые достаются малым предприятиям, как правило, характеризуются невысокими содержаниями (первые граммы). Т. о., руды новых объектов не могут рационально использоваться на этих фабриках, а строительство новых современных фабрик является непосильной задачей для большинства мелких предприятий. Поэтому даже экономически выгодные объекты с небольшими содержаниями в настоящее время промышленно не осваиваются.

Еще одна проблема – это неоправданно завышенные ожидания со стороны геологических служб и руководства компаний, которые приобретают лицензии на новые объекты. Эти ожидания связаны с высокими прогнозируемыми запасами (ресурсами) на объектах и основаны на некритичном отношении к геолого-экономическим данным по ним.

Между тем, внимательное ознакомление с пакетом документов по лицензируемых объектам и столь же внимательное изучение 2-3 основных отчетов по объекту (по опыту работ, все это займет не более 1-2 месяцев времени квалицированного специалиста), позволяют составить достаточно объективную картину и привести три варианта результатов изучения объекта (пессимистический, наиболее реальный, оптимистический). Почему же не проводится этот анализ? Или почему к нему не прислушиваются? Почему приобретаются заведомо провальные лицензии, для которых прогнозные ресурсы явно «шиты белыми нитками»? Почему чаще всего существует только один план освоения объектов – нереально оптимистический? Кто принимает эти решения, которые в 90 % случаев оборачиваются многомиллионными убытками для многих предприятий? И на эти грабли (с упорством, достойным лучшего применения), постоянно наступают многие организации, занимающиеся поисками и оценкой рудного золота – от Северного Кавказа до Якутии и Чукотки.

Конкретных примеров этого множество, но приведение их в статье чревато для автора осложнениями. А затем, вполне искренне, руководство испытывает разочарование, не получив обещанных предшественниками «золотых гор» [1, 2]. Складывается ощущение, что люди, принимающие решения, иногда не вполне отдают себе отчет в том, что любая лицензия требуя вложения значительных средств, которые отнюдь не гарантируют получение положительного результата. Психологические причины этого явления, вероятно, таковы: всем нам хочется верить в сказки, надеяться на чудо… Недаром одного специалиста, который был главным геологом крупной организации в Якутии и занимающем ныне высокий пост в Росгеологии, называли в сове

время «наш сибирский Андерсон» – за его поистине «сказочные» прогнозные ресурсы по многим объектам (в частности, по Базовскому месторождению).

Подробнее об объективных геологических причинах, приводящих к значительному несовпадению первоначальных прогнозных ресурсов и выявленных впоследствии запасов и ресурсов, на примере Базовского и Талалахского рудных полей Якутии, а также возможные аналогии с объектами Северного Кавказа (Гитче-Тырныауз и др.) см. работы [1, 2]. Повторим здесь основной вывод из этих работ: *«Необоснованное увеличение протяженности минерализованных зон, с одновременным завышением средних содержаний золота по ним, а также некорректное использование коэффициента рудоносности, в конечном итоге, являются главными причинами завышения прогнозных ресурсов золоторудных объектов».*

И наконец, глобальная проблема: отсутствие внятной стратегии развития золоторудной отрасли в России со стороны государства (в частности Роснедра), о чем говорят и пишут многие специалисты.

В работе В.Е. Чабанова [6] утверждается: *«Главный недостаток современной российской экономики заключается в том, что она не имеет стратегии развития».* В подтверждение этих слов в области геологии, приводим выдержки из краткой записки, составленной в 2020 г. [3] Президентом Ассоциации Геологических Организаций А.И. Варламовым и ее Почетным президентом Е.А. Козловским (Министр Геологии СССР 1975-1989 гг.), адресованной министру природных ресурсов Д.Н. Кобылкину: «*Подводя итог краткому анализу реформирования геологической отрасли за последние четверть века, сформулируем наше видение некоторых проблем геологической отрасли:… Отсутствие единого органа исполнительной власти, отвечающего за геологическое изучение недр, воспроизводство минерально-сырьевой базы и недропользование... Следует добавить, что в существующей структуре управления ни один руководитель не несет ответственности за главный результат – стратегическое исследование недр и воспроизводство минерально-сырьевой базы….».*

Кроме констатации проблем авторы Записки приводят и свои предложения по изменению существующей ситуации. В частности предлагается: «*Разработка и утверждение важного документа – «Основ государственной политики в области геологии, воспроизводства МСБ и недропользования» – с одновременным закреплением в нем участия государства не только в работах регионального этапа, но и, наряду с недропользователями, в работах поискового этапа геологоразведочных работ».* Предполагаю, что это положение поддержит большинство геологов России, за исключение руководящих чиновников из «Росгеологии». Про нее в Записке предложения такие: «*Признать деятельность АО «Росгеология» неудовлетворительной... Холдинг ликвидировать, а входящие в его состав акционерные общества преобразовать в формы государственных учреждений, организаций и предприятий…».* И еще: *«Одной из важнейших причин неудовлетворительной деятельности АО «Росгеологии» является назначение на должность руководителей, не компетентных в области геологии и плохо представляющих хозяйственную деятельность геологических организаций»*.

В настоящее время на Северном Кавказе поисками и оценкой золоторудных объектов занимается Северо-Кавказское производственное геологическое объединение (СК ПГО) - филиал Росгеологии (г. Ессентуки). Эта организация формально является наследницей 2-х геологических организаций, долгие годы работавших на Северном Кавказе: «Кавказгеолсъемка» (бывшее ЦГСЭ) и Кольцовская экспедиция. Но только формально. Фактически от славного геологического наследия этих экспедиций уже мало что осталось, как в смысле кадров, так и в смысле традиций.

Очевидно, что для выхода из этого тупика ***необходима четкая государственная стратегия и программа действий по развитию отрасли, которая увязывала бы недропользование в общую систему, со значительным увеличением роли самого государства. Государству пора определиться, что важнее для страны: благосостояние кучки олигархов, стремящихся только к сверхдоходам и, зачастую,***

бездарно и бездумно распоряжающимся национальным достоянием в виде золоторудных объектов, или дальнейшее развитие этой стратегической отрасли в России - для ее сохранения, для блага страны и всех ее граждан.

Вот только за прошедшее (со времен написания этого письма) время, министра Д.Н. Кобылкина сменил министр А.А. Козлов. «Росгеология», которая также сменила свое руководство, рапортует нам о своих очередных успехах, теперь – на Северном Кавказе… А у Роснедра сейчас вообще нет руководителя – в связи с упразднением этой должности. А «*воз и ныне там…*»

В заключении статьи автор приводит простые и очевидные **рекомендации** по поводу последовательности действий по проведению работ по новым лицензиям:

- тщательно изучить геологические данные по уже имеющимся лицензиям, а также перед приобретением новых (даже бесплатных), поручать эту работу опытным специалистам;
- на основе этого изучения рекомендовать совету директоров компаний сдать уже приобретенные бесперспективные и малоперспективные объекты, чтобы не распылять силы;
- сосредоточить усилия на 1-2 (или даже одном) наиболее перспективном объектах;
- изучение участков поручать специалистам с положительной практикой подобных работ;
- на каждом участке сосредоточить усилия на наиболее перспективных рудных зонах (телах);
- максимально быстро довести дело до подсчета запасов по категории C_2 и их утверждения;
- изучение флангов рудных полей и участков проводить только после подтверждения промышленной ценности их центральных частей;
- сразу же проводить разведку и промышленное освоение объекта (под утвержденные запасы C_2 кредит дадут охотнее и быстрее).

Несмотря на их очевидность далеко не всегда руководство предприятий им следует…

Выводы. Т. о., основными проблемами при промышленном освоении новых золоторудных объектов не только Якутии, но и для всей России (в том числе и для Северного Кавказа) являются:

- организационно-финансовые проблемы, связанные с необходимостью вложения значительных материальных средств в освоение объектов, а иногда – отсутствие желания акционеров и руководства компаний вкладывать эти средства в новые объекты;
- не всегда продуманное приобретение и получение предприятиями новых лицензий;
- устаревшие технологии извлечения золота, существующие на большинстве мелких добычных предприятиях;
- завышенные ожидания по поводу перспективности новых объектов;
- отсутствие внятной стратегии развития золоторудной отрасли в России со стороны государства (в частности, Роснедра), недостаточно активная роль государства в отстаивании своих интересов.

Что касается новых достижений Росгеологии на Северном Кавказе, о которых сказано выше. Очевидно, необходима дальнейшая ***объективная*** оценка золоторудных объектов, с учетом их многолетней изученности, опыта предыдущих поколений геологов, современных экологических и социальных рисков. На этом пути, к сожалению, нас чаще ждут разочарования, нежели победы. Тем не менее, желаем удачи всем, кто занимается поисками и оценками золоторудных объектов как на Северном Кавказе, так и вообще в России.

Благодарности. Автор выражает большую благодарность своим коллегам, которые совместно с ним участвовали в поисковых и оценочных работах на

золоторудных объектах Якутии (В.Н. Войтенко, А.В. Гилю, Б.Д. Соболеву, Ю.И. Смолинову, А.А. Круглову, А.А. Колесникову, М.Ф. Копытову и многим другим). Активное участие в обсуждении и критике данной статьи принимал С.Л. Кичигин, имеющий большой опыт организации и ведения подобных работ в Якутии. Многие его ценные предложения были учтены автором, однако наши позиция не всегда совпадали.

Литература

1. *Белуженко Е.В., Барановский А.Ф., Войтенко В.Н.* К вопросу о достоверности прогнозных ресурсов рудного золота на примере рудных полей Северного Кавказа и Республики Саха (Якутия) / Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том VIII / Под ред. *И.А. Керимова, В.Б. Заалишвили, В.И. Черкашина*. М.: ИИЕТ РАН, 2018. С. 145-156.
2. *Белуженко Е.В., Войтенко В.Н., Барановский А.Ф.* К вопросу о достоверности прослеживания минерализованных рудных зон и оценки прогнозных ресурсов золота (на примере рудных полей Северного Кавказа и республика Саха (Якутия) / Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том IX / Под ред. И.*А. Керимова, В.Б. Заалишвили, В.И. Черкашина*. М.: ИИЕТ РАН, 2019. С. 89-101.
3. *Варламов А.И., Козловский Е.А.* Оптимизация геологической отрасли в целях повышения эффективности исследования недр и геологоразведочных работ / Краткая записка Министру природных ресурсов и экологии Российской Федерации Д.Н. Кобылкину. 2020.
4. *Заернюк В.М., Черникова Л.И., Забайкин Ю.В.* Тенденции, проблемы и перспективы развития золотодобывающей отрасли России // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2017. Т. 10. № 9. С. 972-986.
5. *Курбанов Н.К., Рышков М.М.* Создание нового центра золотодобычи на южной геополитической окраине Российской Федерации (ЮФО) на основе прогноза и оценки благородных и цветных металлов в пределах Северо-Кавказской и Днепрово-Донецкой металлогенических провинций / Состояние минерально-сырьевой базы Юга России и перспективы ее развития. Материалы научно-практической конференции (21-22 мая 2009 г.). Ростов-на-Дону. 2009. С. 13-27.
6. *Чабанов В.Е.* Анализ современного экономического состояния России. Март 2021 г. (Интернет-ресурс: Общественный центр информации. https://zen.yandex.ru).

УДК 622.276 DOI:10.34708/GSTOU.2021.64.44.006

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И УСТРОЙСТВА ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАЗДЕЛЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ НЕФТЕВОДЯНОЙ СМЕСИ И СБОРА РАЗЛИВШИХСЯ ПО ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ НЕФТЕПРОДУКТОВ

© Гераськина Т.В., Лебедев А.С.

Кубанский ГАУ имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар

В статье приведено описание технологии по интенсификации отделения нефти от скважинной воды в поверхностных условиях. Показано, как осуществить эту технологию при помощи разработанного нами устройства, устанавливаемого в нефтеостойниках и позволяющего ускорить процесс перелива нефти через технологическую перегородку, разделяющую нефтеводяную смесь и чистую нефть. Приведена эскизная схема устройства, состоящего из соосно расположенных неподвижного и подвижного цилиндров, последний из которых снабжен лопастями специальной формы для подъема и последующего перелива через технологическую перегородку максимального объема нефти. Предложено, как вариант, рассмотреть применение данного устройства для сбора разлившихся на поверхности воды нефтепродуктов.

Ключевые слова: *поверхностные разделение нефтеводяной смеси, интенсификации сбора нефти на поверхности, лопастные устройства для перелива нефти и для сбора разлившихся нефтепродуктов с водной поверхности.*

Основная задача – нефтедобычи-это максимальное извлечение нефти из пласта при минимальных затратах. Решение этой задачи невозможно без детального изучения имеющихся методов добычи нефти и на основе тщательного анализа, полученных результатов-выбора наиболее эффективного из них по различным показателям, в том числе и по стоимостным параметрам. Если объективно взглянуть на имеющиеся на сегодняшний день методы, то можно с сожалением констатировать, что именно скважинные технологии нефтедобычи постепенно исчерпывают свой резерв эффективности. И действительно, закачка воды в пласт на каком-то этапе приводит к положительным результатам, однако впоследствии ведёт к ещё большему обводнению эксплуатируемых горизонтов. Ремонтно-изоляционные работы в некотором смысле могут считаться эффективными, однако очень часто эта эффективность кратно перекрывается объёмами вложенных в эти работы временных и материальных затрат. Что касается других методов нефтедобычи, то все они в той или иной степени «страдают» теми же недостатками: либо недостаточной эффективностью, либо значительными затратами, либо теми и другим вместе взятыми.

Учитывая изложенное выше и нисколько не умаляя ценность и значимость вышеперечисленных работ, нами предлагается взглянуть на решение выше обозначенной проблемы несколько с другой стороны, а именно, более интенсивно начинать работать со скважинным продуктом не в скважине, а на поверхности, максимально интенсифицирую разделение скважинкой продукции на её составляющие, в нашем случае-на нефть и воду. Несмотря на то, что решению этих задач уделялось и уделяется значительное внимание, на наш взгляд определенные резервы в этом направлении ещё имеются.

Так, в работе [1] рассмотрена разработанная нами поэтапная технология разделения скважинной продукции на нефть и воду. В частности, приведена технологическая схема разделения на поверхности нефтеводяной смеси путём сбора её в специальной емкости, разделённой непроницаемой перегородкой, и последующего перелива через эту перегородку чистой нефти, всплывающей на поверхность емкости за счёт разности плотностей нефти и воды.

Предложенная технология имеет ограничение, обусловленное взаимосвязью величин объёма поступающей нефти и геометрическими размерами емкости, в которую она поступает, и перегородки. То есть, в идеале необходимо, чтобы имелась возможность синхронизирования количества поступающей в емкость нефти с тем её объёмом, который может перетечь через перегородку. При этом, в случае превышения первого над вторым возможен перелив через перегородку не только нефти, но и её смеси с водой, так как элементарно может не хватить времени на их разделение по плотностям.

Для предотвращения этого нами предлагается принудительно отбирать поступившую нефть и переливать её через перегородку. С этой целью нами предлагается «черпать» нефть специальным устройством, принципиальная схема которого приведена на рисунке 1 (на данную технологию и устройство поданы заявки на изобретения).

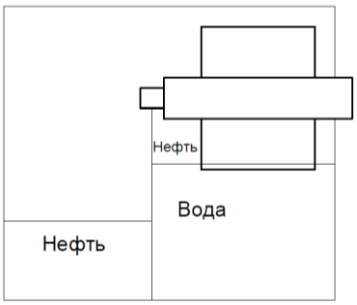


Рис. 1. Принципиальная схема принудительного перелива нефти

На рисунке 2 приведено объемное изображение предлагаемое нами устройство, которое состоит из внутреннего полого неподвижного цилиндра (1), часть которого «заходит» за перегородку (2), имеющего в своей верхней части продольный вырез (3), и наружного подвижного цилиндра (4), способного вращаться вокруг внутреннего и имеющего несколько лопастей (5), расположенных вдоль цилиндра, форма которых позволяет захватить максимальный объём жидкости при вращении цилиндра; при этом перед местом соединения каждой лопасти с вращающимся цилиндром имеется продольное технологическое отверстие (6), позволяющее свободно перетекать через него жидкости с лопасти в продольное технологическое отверстие внутреннего цилиндра при их совмещении в процессе вращения, а затем из внутреннего цилиндра-через перегородку в нефтесборную часть емкости.

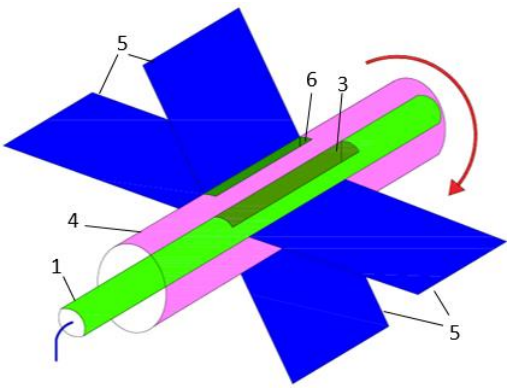


Рис. 2. Объемное изображение устройства для интенсификации процесса разделения нефтеводянной смеси

Следует особо отметить, что область применения данной разработки может быть существенно расширена. В частности, она может найти применение при сборе с поверхности воды разлившихся нефтепродуктов. В этом случае взамен олеофильных барабанных скимеров [2], где объём собранной нефти за один оборот барабана равен произведению его площади на толщину слоя прилипшей к барабану нефти предлагается получить за один оборот устройства кратно больший объём собранной нефти, пропорциональный площади и количеству лопастей устройства. При этом расположение и крепление устройства на плавучем средстве может быть любым. На рисунке 3 приведён вариант его установки на плавучем средстве типа «катамаран».

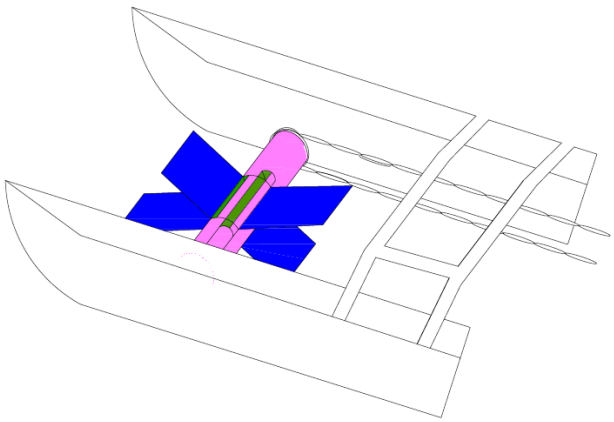


Рис. 3. Вариант установки для сбора разлившихся нефтепроудктов с поверхности воды

Подводя итог изложенному выше, можно заключить, что нами разработаны технология и различные варианты устройства, позволяющие интенсифицировать разделение на поверхности скважинной продукции на нефть и воду, а также осуществлять сбор с поверхности воды разлившихся нефтепродуктов.

Литература

1. Разработка инновационной технологии по отделению от нефти скважинной воды / *П.П. Павленко, В.Г. Гераськин, Д.П. Таганова, Т.В. Гераськина, А.С. Лебедев* // Коллективная монография по материалам X Всероссийской НТК Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Часть 1. Грозный. 2020. С. 472-474.
2. Применение скиммеров при ликвидации разливов нефти. Режим доступа: https://www.rlsnet.ru/tn_index_id_173.html.

УДК 551.35+551.462 (262.5) DOI:10.34708/GSTOU.2021.57.88.007

ПЕРЕСТРОЙКА РУСЕЛ И ПЕРЕХВАТ ПОДВОДНЫХ КАНЬОНОВ ПРИКАВКАЗСКОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

© Глазырин Е.А.

АО «Южморгеология», г. Геленджик

Приведены примеры перестройки подводных каньонов прикавказской части Черного моря - отмерших долин, перетекания транспортирующего потока в соседний каньон, миграции, бифуркации, пересечения и перехвата русловых потоков и пересечения каньонов. Использованы данные батиметрии и сонарного изображения морского дна, а также материалы государственной геологической съемки и публикаций. Даны краткие сведения по рельефу морского дна, факторам и процессам, истории формирования донных отложений определяющих перестройку каньонов или оказывающих на нее влияние. Показана слабая изученность перестройки подводных каньонов.

Ключевые слова: *подводные каньоны, перехват каньонов, перестройка русел, морское дно, континентальный склон, литодинамика, Черное море.*

Перестройка и перехват русел наиболее изучены у речных систем. Для подводных каньонных систем эти явления менее известны в силу несравненно меньшей доступности для исследования. По аналогии с речными системами [4] под перестройкой русел подводных каньонов здесь мы понимаем изменения направления транспортирующего потока как в пределах одной системы каньонов, так и при объединении или разрыве соседних каньонных систем или их частей. В этом смысле перехват каньонов можно считать частным случаем перестройки их русел. Перестройки, которые связаны с выработкой профиля долины каньона, сюда не относятся.

Анализ перестроек сети каньонов позволяет понять причины и факторы, ведущие к их трансформации, получить дополнительную информацию для расшифровки геологической истории формирования морских бассейнов и их рельефа.

Материалы стати основаны главным образом на сведениях о батиметрии и сонарном изображении морского дна в Российском секторе Черного моря, полученных ГНЦ «Южморгеология» в 1996-1998 годах многолучевым эхолотом Simrad EM-12, а также батиметрических данных Абхазского сектора, представленных на сайте навигационных карт [18]. На основе этих данных средствами ГИС синтезировано улучшенное изображение рельефа морского дна (рис. 1). Использованы также материалы государственной геологической съемки масштаба 1:200 000. Помимо существующих данных из опубликованных работ по исследованию каньонов, новые знания были получены из публикаций, в которых изучение каньонов не было основной задачей. В совокупности эти материалы позволили выявить ряд участков перехвата и перестройки русел каньонов, наметить основные причины этих явлений.

В формировании рельефа дна ведущая роль принадлежит тектоническим процессам. Ряд особенностей морфологии рельефа дна обусловлен процессами эрозии, аккумуляции, гравитационного перемещения осадков и образования крупных оползней [1, 8, 11, 20].

Прикавказский участок континентального склона Черного моря делится на три блока [2]. В центральном блоке господствуют хребты и долины «кавказского» простирания, а в восточном – поперечные (рис. 1). Хребты «кавказского» простирания сформированы растущими антиклиналями. В западном блоке складки Туапсинского прогиба погружаются под глубоководные конусы палеовыноса Дона и Кубани. В центральном блоке пологие северные крылья линейных антиклиналей Туапсинского прогиба надвинуты на крутые южные, и склон опускается широкими ступенями. Вдоль

ступеней тянутся реликтовые корытообразные структурные долины, врезанные в толщу апшерона и заполненные осадками нижнечаудинской ингрессии. Они оторваны от источников обломочного материала на суше и вовлечены в пологую складчатость. Новейшие каньоны пересекают весь континентальный склон в восточном блоке и только верхнюю часть - в центральном и западном блоках, почти не деформируя реликтовых вдольсклоновых долин.

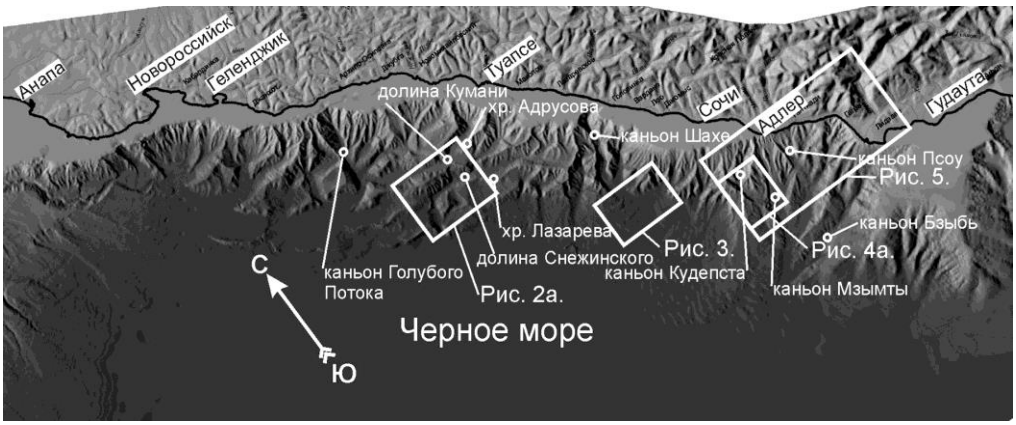


Рис. 1. 3D изображение рельефа
Прикавказского участка морского дна Черного моря и прилегающей суши.
Белыми прямоугольниками обозначены площади иллюстрируемых ниже участков

История формирования подводных каньонов зависит от сочетания как глобальных, так и региональных и локальных событий [10].

По данным геологической съёмки масштаба 1:200000 морской части листов K-37-X и K-37-XVI (госконтракт № 44/01/13-56, Шейков А.А., 2015) существующие системы подводных каньонов прикавказской части Черного моря возникли в раннем неоплейстоцене и продолжают свое развитие. В поздненеоплейстоцен-голоценовое время отмечено несколько колебаний уровня моря. Практически все современные поверхности рельефа сформированы именно из образований этого временного диапазона.

Активизация эрозионно-абразионных процессов и, соответственно, формирования, подновления и перестройки каньонной системы, рельефа морского дна происходили в периоды регрессий, когда при низком стоянии моря береговая черта вплотную подходила к бровке шельфа и вся масса абрадирующего твердого стока рек транзитом поступала в верховья каньонов. В эпохи трансгрессий осадочный материал перехватывался вдольбереговым потоком осадков на расширенном шельфе, и активность каньонов снижалась [6, 14, 17]. Таким образом, морфология каньона формируется циклическим характером эрозии, сопровождаемой их частичной засыпкой и воссозданием [6]. Эти процессы формирования каньонов связаны с глобальными изменениями климата (колебаниями уровня моря) и следует относить к глобальным событиям или факторам.

Донные отложения поздненеоплейстоцен-голоценового диапазона представлены тремя комплексами: верхним новочерноморским (возраст от современного до 3000 лет), средним древнечерноморским (возраст 3000–7000 лет) и нижним новоэвксинским (старше 7000 лет) [3, 13, 16, 19]. Они отражают три наиболее крупные перестройки климата и уровня бассейна в голоцен-поздненеоплейстоцене с соответствующей перестройкой каньонных систем. Отражением этих глобальных перестроек служат площадные размывы и несогласия с отложением более грубозернистых градационных турбидитовых осадков в основании данных комплексов. Они вскрываются в

прикавказском секторе Черного моря грунтовыми трубками и картируются сейсмоакустическими методами.

В разрезе самих комплексов присутствуют менее выраженные размывы, фиксируемые алевропесчаными линзовидными слойками и прослоями с градационной слоистостью, интракластами. Они свидетельствуют о менее масштабных активизациях абразионно-эрозионных рельефообразующих процессов внутри относительно крупных регрессивно-трансгрессивных циклов. Часть из этих размывов не прослеживается по всей площади и, вероятно, обусловлены не более мелкими осцилляциями регрессивно-трансгрессивных циклов, а региональными и локальными особенностями тектонических (рост складок, блоковые тектонические движения и изменения наклона дна, сейсмические толчки и пр.) и экзогенных процессов (крупные сходы оползневых масс, турбидитные потоки и пр.).

К локальным событиям, приводящим к перестройке русел каньонов, можно отнести оползневые процессы, примеры которых даны ниже.

Вдоль продольного профиля каньонов выделяется несколько участков, отвечающих различным геоморфологическим единицам - выпуклый (бровка шельфа), врезанный (верхняя крутая часть континентального склона) и затруднения движения (пологая нижняя часть континентального склона), а также примыкающие ниже участки глубоководного конуса выноса (континентальное подножие) и шлейфа разноса (аккумулятивная равнина) [5, 15]. Эти участки обладают различными механизмами преобладающих русловых процессов оказывающих влияние на характер перестройки русел подводных каньонов.

Приведем примеры перестроек русел каньонов прикавказской части Черного моря.

Первый участок перестройки находится в центральном блоке континентального склона Черного моря в районе хребтов Лазарева, Андрусова и долин Снежинского и Кумани (названия даны по [2]). Здесь хорошо визуализируется фрагмент отмершей долины, срезаемой долиной Снежинского (рис. 1, 2). В верхней части отмершая долина закупорена сгруженной массой донных отложений (рис. 2б), возможно в виде оползневой массы с примыкающего крутого южного склона хребта Андрусова, по которому сейчас перетекает часть литодинамического потока с долины Кумани (рис. 2а). В результате в северной - обрезанной верхней - части отмершая долина превратилась в висячую. Далее вверх по течению она, судя по особенностям рельефа, возможно, трассируется в долину Кумани. С этого направления перетекает часть литодинамического потока долины Кумани, иллюстрируя перехват русла.

В соответствии с [1, 2] фрагментация отмершей долины, вероятно, вызвана активным ростом антиклинальных складок майкопа. В результате роста изменяются уклоны тальвегов и крутизна склонов, что вызывает ослабление или усиление эрозионно-аккумулятивных процессов, адаптацию эрозионной системы по отношению к оси поднятия. Рост антиклиналей майкопа служит характерной чертой Туапсинского прогиба. В соответствии с этим данная перестройка спровоцирована региональными событиями.

Второй участок перестройки приурочен к каньону Шахе (рис. 1). Согласно морфологическому разделению продольного профиля каньона [15] он отвечает пологому днищу каньона с затруднением транспортировки осадков [5]. На участке за счет выполаживания и расширения днища каньона происходит потеря скорости транспортировки частиц и отложение донных осадков. Дополнительно здесь сгружаются осадочные массы из боковых притоков, преимущественно левого борта. Отличительной чертой сгружаемого сюда через более крутой участок врезанного каньона (зону транзита) осадочного материала служит широкое развитие оползневого перемещения в днище каньона [5]. Выположенные склоны подводного бассейна каньона, примыкающие к участку затруднения движения, и межканьонные участки повсеместно поражены крупными оползнями, образующими здесь поперечный волнисто-грядовый рельеф (рис.

1, 3). Высота гряд составляет до 30 м, ширина – от 0,5 до 1,5 км, длина до 7 км [6]. Оползневые осложнения рельефа приводят к разветвлению тальвега каньона, миграции транспортирующих потоков по ложбинам между оползневыми грядами, и вновь слиянию (рис. 3).

Помимо оползневой перестройки русел на участке присутствует пересечение практически ортогонально днища каньона Шахе литодинамическим потоком с левого (восточного) борта с последующим слиянием (рис. 3). Такой перескок через пологую долину каньона с пересечением русел обусловлен крутым склоном бокового притока, где литодинамический поток (турбидитный, суспензионный) развивает достаточную для этого скорость и энергию.

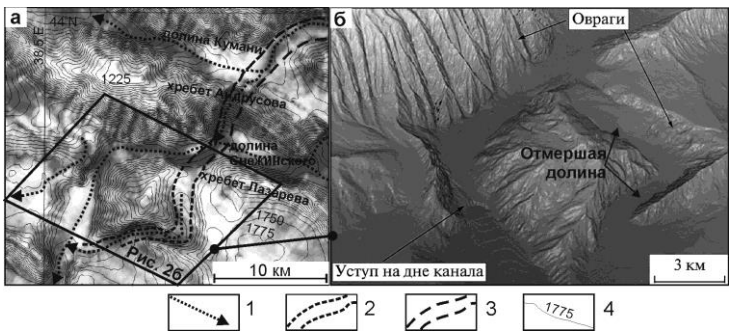


Рис. 2. Перестройка каньонов в центральном блоке континентального склона

а – прорисовка на сонарном изображении участка, изобаты через 25 м; б – 3D модель рельефа фрагмента рис. 2а (из [1] с добавлением).
1 – транспортирующий поток; 2 – контур отмершей долины; 3 – предполагаемое продолжение отмершей долины; 4 – изобаты, м

Здесь и далее на сонарном изображении темный фон соответствует более «жесткому» дну (плотные и/или грубозернистые осадки, отражающие сигнал), а светлые - менее плотные и/или более тонкозернистые осадки.

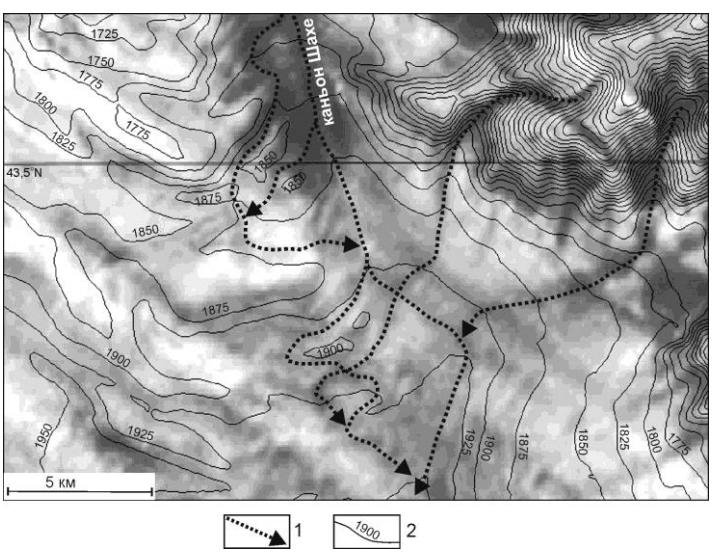


Рис. 3. Перестройки русел в каньоне Шахе.
Прорисовка на сонарном изображении с изобатами
1 – транспортирующий поток; 2 – изобаты, м

Данные перестройки и пересечения русел на рассмотренном участке каньона Шахе относятся к локальным событиям.

Участок каньона Кудепста иллюстрирует перехват русла (рис. 4). В современный период каньон Кудепста заметно менее активен, чем ранее. Это обусловлено затруднением подачи терригенного материала с суши через относительно более широкий шельф в условиях высокого стояния моря. О меньшей литодинамической активности каньона Кудепста свидетельствуют особенности строения разреза отобранных здесь грунтовых колонок и висячий характер его долины по отношению к днищу каньона Мзымты, притоком которого он является. Перехват русла спровоцирован совпадением двух факторов: наличием активных оползневых процессов, сформировавших альтернативные пути транспортировки, и наличием более крутых притоков левого борта на пологом участке днища каньона. Оползневые блоки сформировали в правом борту каньона поперечные ложбины, по которым может осуществляться перехват (рис. 4в). А более энергичные литодинамические потоки с крутых притоков левого борта, как и в выше описанном случае в каньоне Шахе, позволили перенаправить литодинамический поток через пологую долину каньона по ложбинам между оползневыми блоками. О наличии такого перетока свидетельствуют свежие промоины на более детальном сонарном изображении, в то время как после перехвата в русле каньона Кудепсты свежие промоины не отмечены (рис. 4б).

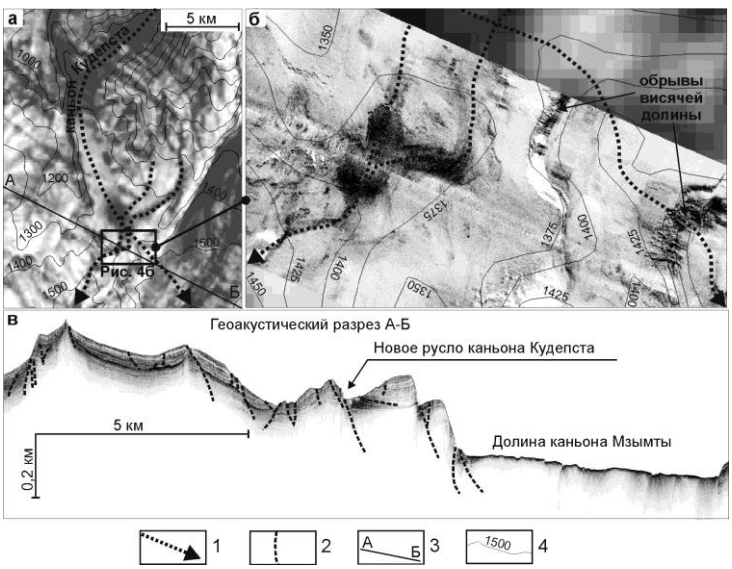


Рис. 4. Перехват русла в каньоне Кудепста

а – прорисовка на сонарном изображении участка, изобаты через 25 м; б – более детальное сонарное изображение детали на рис. 4а; в – геоакустический разрез по линии А-Б на рис. 4а.

1 – транспортирующий поток; 2 – оползневые плоскости на рис. 4в; 3 – линия геоакустического разреза на рис. 4а; 4 – изобаты, м.

В системе каньонов Мзымта-Бзыбь на основе синтезированной модели рельефа выявлено Х-образное пересечение долин каньонов (рис. 5). Первая долина относится к каньону Псоу, она идет с севера, где разветвляется на веер притоков к береговой черте между Имеретинской бухтой и п. Гантиади. Вторая долина идет с северо-востока, где также веерообразно разветвляется к береговой черте к востоку от п. Гантиади. Для расшифровки данного пересечения - происхождения, как осуществляется движение литодинамических потоков через пересечение, какая долина какую перехватывает, или

они действуют попеременно? - в настоящее время не хватает детальности изображения рельефа морского дна и геолого-геофизических данных.

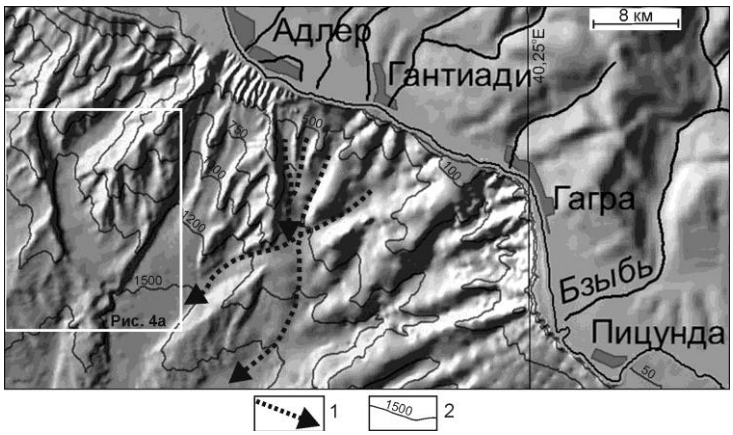


Рис. 5. Х-образное пересечение долин каньонов.
1 – транспортирующий поток; 2 - изобаты, м

Из русловых перестроек широко известны и описаны различными исследователями для разных регионов бифуркации русел и долин в глубоководных конусах выноса подводных каньонов. По мере удаления от континентального склона центральная долина распадается на несколько менее глубоких русел, которые образуют меандры. Спускаясь по склонам аккумулятивного сооружения, они в свою очередь, разветвляются на мелкие и узкие протоки. [9]. Бифуркация русел вызвана резким уменьшением скорости течения за счет выполаживания долины каньона при выходе на абиссальную равнину. Вместо глубинной эрозии тут активизируется боковая, возникает бифуркация и блуждание русел.

В прикавказском участке Черного моря наиболее представительным участком такой бифуркации служит конус выноса системы каньонов Мзымта-Бзыбь и шлейфа разноса донными течениями. Конус выноса состоит из нескольких разновозрастных лопастей, в пределах которых присутствуют расходящиеся веером русловые промоины [5]. Шлейф разноса в плане имеет струйчато-перистый рисунок в средних частях, веерообразный – в периферийных. На нем присутствуют протяженные эрозионные врезы шириной от 100 до 200 м. Глубина русловых врезов у таких шлейфов зафиксирована от 2 до 6 м при ширине от 80 до 160 м [7].

Приведенные примеры перестройки русел и перехвата подводных каньонов показывают достаточно широкое их проявление. Изученность этих явлений, а также причинных факторов и процессов остается явно недостаточной. Участки перестройки и перехвата подводных каньонов могут служить опорными для расшифровки новейшей геологической истории региона.

Литература

3. *Альмендингер О.А., Митюков А.В., Мясоедов Н.К., Никишин А.М.* Современный рост складок, процессы эрозии и седиментации в глубоководной части Туапсинского прогиба в Черном море / // Доклады Академии Наук. 2011. Т. 439. № 1. С. 76-78.
4. *Андреев В.М. Шельтинг С.К.* К геоморфологии российского сектора Чёрного моря // Геология морей и океанов. Материалы XVII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. IV. М.: ГЕОС, 2007. С. 6-8.
5. *Архангельский А.Д., Страхов Н.М.* Геологическое строение и история развития Черного моря. Москва, Ленинград: АН СССР, 1933. 237 с.
6. *Борсук О.А., Чалов Р.С.* О механизме перестройки речной сети / Проблемы перестройки и

перехвата речных долин (материалы совещания геоморфологической комиссии, состоявшегося 7-8 февраля 1972 года). М.: МФ ГО, 1975. С. 26-30.
7. *Глазырин Е.А.* Геоморфология и литодинамика подводных каньонов как инженерно-геологический фактор освоения углеводородных ресурсов (на примере Российского сектора Черного моря) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2019. Т. 14. № 2. С. 1-12.
8. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Изд. 2-е. Серия кавказская. Лист K-37-IV (Сочи). Объяснительная записка. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. 135 с.
9. *Губенков В.В.* Современные эрозионно-аккумулятивные процессы в абиссали восточной части Черного моря / Геология морей и океанов: Материалы XVII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. IV. М.: ГЕОС, 2007. С. 59-61.
10. *Евсюков Ю.Д.* Неотектоническое развитие внешней материковой окраины северо-восточного участка Черного моря // Геология, география и глобальная энергия. 2013. № 4 (51). С. 84-95.
11. *Конюхов А.И.* Осадочные бассейны пассивных окраин, сформированные отложениями речных дельт и подводных конусов выноса // Литология и полезные ископаемые. 2008. № 6. С. 563-577.
12. *Лисицын А.П.* Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М.: Наука, 1988. 309 с.
13. *Ломтев В.Л.* Особенности строения и формирования Камчатского подводного каньона (тихоокеанская окраина Камчатки) // Геодинамика и тектонофизика. 2018. Т. 9. № 1. С. 177–197.
14. *Шепард Ф.П.* Морская геология. Л.: Недра, 1976. 488 с.
15. *Шимкус К.М., Митропольский А.Ю., Ковалюх Н.Н.* Новые данные по геохронологии донных осадков Черного моря и скоростям осадконакопления // Геологический журнал. 1978. Т. 38. № 4. С. 44–53.
16. *Щербаков Ф.А., Куприн П.Н., Моргунов Ю.Г.* Позднечетвертичный этап развития Черного моря // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1979. № 49. С. 3-16.
17. Brothers D.S., Brink U.S., Andrews B.D., Chaytor J.D., Twichell D.C. (2013) Geomorphic process fingerprints in submarine canyons // Marine Geology. 337. Pp. 53-66.
18. Degens E.T. (1971) Sedimentological history of the Black Sea over the last 25000 years // Geology and history of Turkey / Ed. Campbell A.S. Tripoli: Petroleum Explor. Soc. Libiya. Pp. 407-429.
19. Jipa D.C., Panin N. (2018) Narrow shelf canyons vs. wide shelf canyons: Two distinct types of Black Sea submarine canyons // Quaternary International journal. 18 p.
20. Navionics [Электронный ресурс]. Режим доступа: // URL: https://www.navionics.com/fin/charts (дата обращения 15.01.2021).
21. Ross D.A., Degens E.T., MacIlvaine J. (1970) Black Sea: recent sedimentary history // Science. V. 170. № 3954. Pp. 163-165.
22. (1966) Shepard F.P., Dill R.F. Submarine canyons and other sea valleys. Rand McNally, Chicago, Illinois. 381 p.

УДК 551.35+552.5(262.5) DOI:10.34708/GSTOU.2021.27.80.008

СОСТАВ ДОННЫХ ОСАДКОВ КОНЕЧНОЙ ОБЛАСТИ АККУМУЛЯЦИИ МАТЕРИАЛА ДЕНУДАЦИОННОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА

© Глазырина Н.В., Глазырин Е.А., Шейков А.А.

АО «Южморгеология», г. Геленджик

Приведены особенности седиментации в конечной области аккумуляции материала денудационной зоны Южного склона Большого Кавказа. Состав материала области аккумуляции охарактеризован по станциям опробования донных осадков восточной части Черного моря. Использованы результаты минералогического, петрографического и силикатного анализа. Показано, что осадки области аккумуляции характеризуются как незрелые. Они испытали относительно слабую дифференциацию и в этом отношении состав терригенной фракции близок к составу области денудации. Состав осадков трансформируется под влиянием биогенного (сапропелевый, кокколитовый, раковинный и др. материал) и аутигенного вклада.

Ключевые слова: *донные осадки, химический, минеральный, петрографический состав, Черное море, Кавказ.*

Южный склон Большого Кавказа подвергается активной денудации. Конечной областью аккумуляции материала, сносимого с этой зоны, служит восточная часть Черного моря. Формирование особенностей состава отложений области аккумуляции и его отличий от материала денудации имеет важное значение для развития методики палеореконструкции седиментационных бассейнов, познания особенностей формирования осадочных отложений и их состава, изучения денудационно-седиментационных систем.

Несмотря на то, что водосборный бассейн кавказских рек составляет 3% площади северо-западного и северного водосборных бассейнов Черного моря, реки Южного склона Большого Кавказа доставляют в Черное море около 40% общего твердого стока (терригенного материала) [19]. Состав донных осадков области аккумуляции должен в определенной степени отличаться от состава области денудации в результате воздействия различных факторов, вклада авто- и аллохтонного биоматериала, вещества, приносимого течениями из других областей, атмосферных аэрозолей. Предполагается, что процессы седиментации кроме механизма гравитационного осаждения осложняются также гидрологическими, гидрохимическими и биогеохимическими механизмами трансформации вещества [6].

Прикавказский шельф Черного моря отличается своей узостью (рис. 1). В результате поступление терригенного материала в котловину моря осуществляется преимущественно транзитом через систему подводных каньонов [19]. Эти условия и объем твердого стока обусловили высокие скорости осадконакопления в восточной части Черного моря (30 см в 1000 лет) [15]. В современном виде поступление осадочного материала в область аккумуляции происходит преимущественно по системе подводных каньонов Шахе-Сочи, Мзымта-Бзыбь, Гудаута, Гумиста-Кодори, Рионi-Ингури [19]. Примером передачи терригенного материала в котловину моря служат каньоны Шахе и Мзымты российского сектора Черного моря [5].

Вскрытый грунтовыми трубками разрез донных осадков представлен тремя комплексами голоцен-позднеоплейстоценового возраста: верхним новочерноморским (возраст от современного до 3000 лет), средним древнечерноморским (возраст 3000–7000 лет) и нижним новоэвксинским (старше 7000 лет) [2, 10, 13, 14, 17, 20]. Для верхнего комплекса характерно присутствие кокколитовых илов. Древнечерноморские отложения накапливались в аноксических условиях и отличаются присутствием

прослоев сапропелевых илов, вверх по разрезу обогащаемых кокколитовым материалом. Эти отложения обогащены органическим углеродом от 2–4 до более 10 % [2, 3]. Вскрытые новоэвксинские отложения представлены светло- и голубовато-серыми известковистыми илами и глинами, линзовидно и послойно окрашенными до черного цвета гидротроилитом. Накопление новоэвксинских илов связывают с существованием пресноводного, богатого кислородом озера.

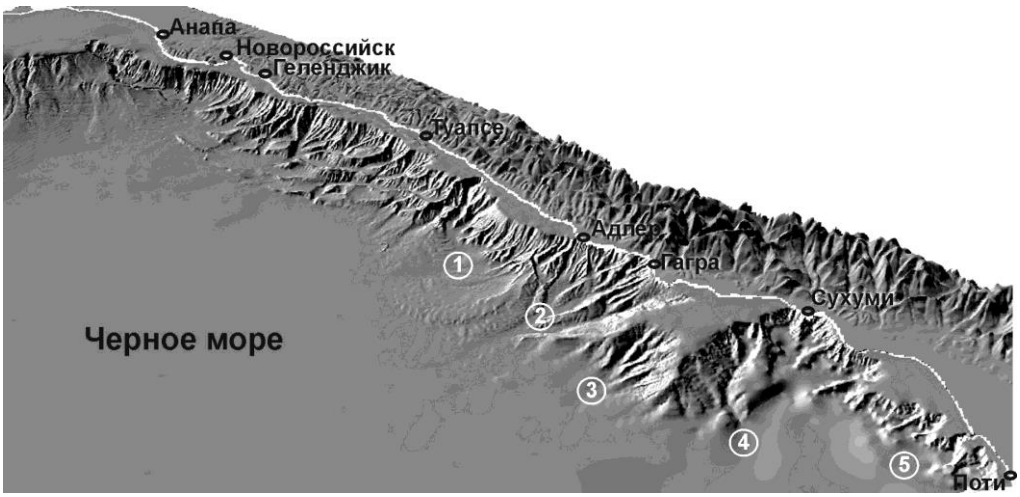


Рис. 1. Светотеневая 3D-модель рельефа
морского дна восточной части Черного моря и прилегающей суши
1-5 – системы подводных каньонов: 1 – Шахе-Сочи, 2 – Мзымта-Бзыбь, 3 – Гудаута, 4 – Гумиста-Кодори, 5 – Риони-Ингури

Вещественный состав донных осадков восточной части Черного моря, особенно абиссали, охарактеризован различными исследователями по относительно небольшому количеству станций опробования [1-4, 8, 11, 12, 18, 21]. Из наиболее ранних детальных исследований следует выделить работу А.Д. Архангельского и Н.М. Страхова [2].

Нами состав донных осадков восточной части Черного моря изучен в площади листов K-37-VIII, IX, X, XVI, опробованных более представительным числом станций по государственной программе регионального геологического картирования и выполнении инженерно-геологических изысканий. Голоцен-поздненеоплейстоценовый разрез вскрыт грунтовыми трубками на глубину до 7,6 м. Общей особенностью вскрытого разреза глубоководной части служит присутствие многочисленных перемывов, размывов, фиксируемых алевропесчаными линзовидными слойками и прослоями мощностью от первых миллиметров до нескольких дециметров, с градационной слоистостью, присутствием интракластов. Частота и мощность этих прослоев увеличивается к конусам выноса и днищам подводных каньонов, где вскрыты гравийно-галечные и даже валунные отложения.

Состав донных осадков характеризуется на основе минералогического анализа алевропесчаной фракции по 200 станциям (200 проб), петрографического анализа алевропесчаных осадков по 5 пробам с 4-х станций, силикатного анализа 30 проб (рис. 2). Минералогический и силикатный анализы выполнены в аналитической лаборатории АО «Кавказгеолсъемка» (Ессентуки). Анализы характеризуют осадки континентального склона и подножья и, преимущественно, абиссальной равнины. На основе сонарной визуализации литодинамических потоков и рельефа морского дна, характеризуемые осадки сформированы за счет материала с области денудации зоны Южного склона Большого Кавказа между бассейнами рек Шахе - Риони, включительно, а также абразии континентального склона.

По данным минералогического анализа в составе тяжелой фракции осадков в порядке убывания присутствуют (среднее/максимальное содержание в массовых %): пирит (36/93), пироксены (23,3/56), магнетит (7,8/55), амфиболы (8/45), кианит (7,2/27), сростки (4,2/71), ильменит (2,7/11), эпидот+цоизит (2,7/8), лимонит+гётит (2,1/9), пирротин (1,8/19), гранат (1,7/6), циркон (0,4/3), турмалин (0,4/3), апатит (0,6/2), халькопирит (0,5/6), лейкоксен (0,1/2), рутил (0,1/1), хромит (0,003/0,5), барит (0,005/0,5). Значительную долю во фракции составляют диагенетические сульфиды (пирит, пирротин, халькопирит) - от 3 % до 97 %, в среднем 38,3 %. Основу терригенной ассоциации представляют, таким образом, пироксены, магнетит, амфиболы.

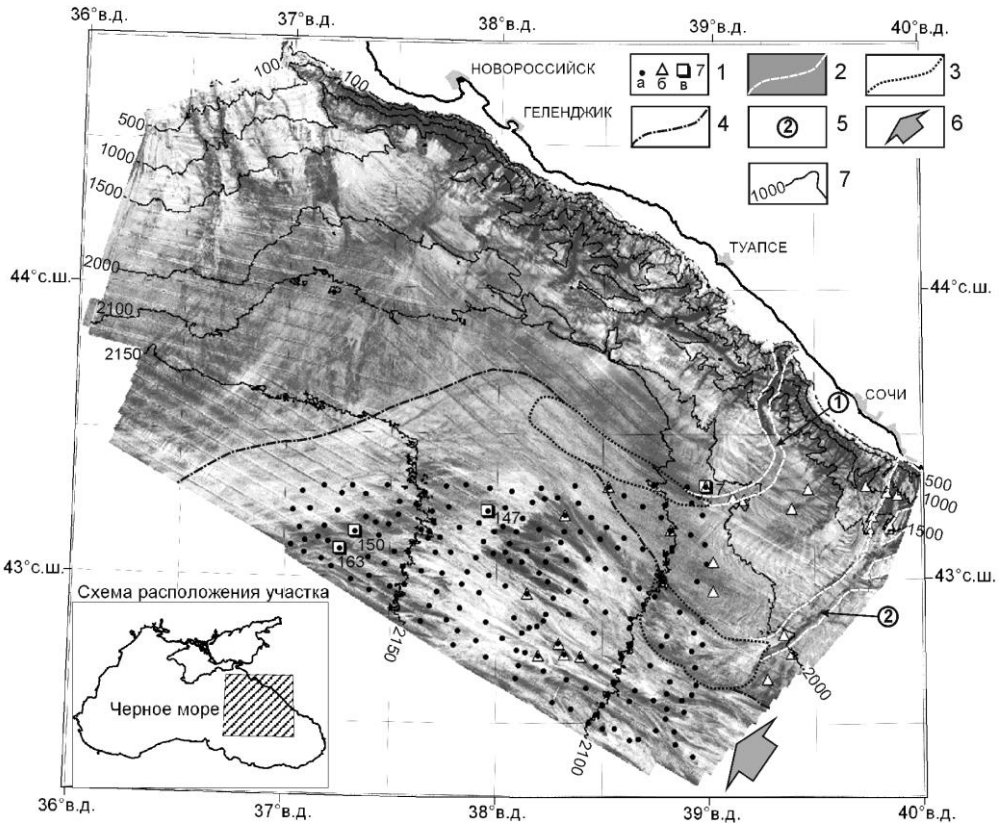


Рис. 2. Положение станций опробования на сонарном изображении (отраженный акустический сигнал) морского дна Черного моря, полученном многолучевым эхолотом SIMRAD EM-12

1 – станции опробования с анализами: а – минералогическим, б – силикатным, в – петрографическим и их номер; 2 – границы крупных каньонов Шахе и Мзымта-Бзыбь; 3 – граница конусов выноса каньонов; 4 – граница шлейфа разноса донных осадков; 5 - каньоны: 1 – Шахе, 2 – Мзымта-Бзыбь; 6 – поступление шлейфа разноса от системы подводных каньонов Абхазо-Грузинского сектора – Гудаута, Гумиста-Кодори, Риони-Ингури; 7 – изобаты, м

При пересчете на терригенные минералы (без мешающего влияния сростков и диагенетических сульфидов) состав тяжелой фракции несколько трансформируется. В порядке убывания она имеет следующий состав (среднее/максимальное содержание в массовых %): пироксены (39/85,4), магнетит (15,2/71,9), кианит (14/66,7), амфиболы (13,6/62,5), ильменит (6,3/44), эпидот+цоизит (5,3/16,7), гранат (3,1/33,3), апатит

(1,3/9,1), турмалин (0,9/8,5), циркон (0,8/4,7), рутил (0,2/11), лейкоксен (0,3/4,1), хромит (0,01/1,3). Основу фракции представляют пироксены, магнетит, кианит, амфиболы.

В целом ассоциация пироксен-магнетит-амфибол с повышенным присутствием ильменита и эпидота соответствует широкому распространению базальтоидов и их туфов, даек диабазов в юрских и меловых отложениях Южного склона Большого Кавказа. В соответствии с этим изученная площадь отнесена к Южной Кавказской терригенно-минералогической провинции по Э.С. Тремонису [11], но не магнетит-пироксен-амфиболового, а пироксен-магнетит-амфиболового с кианитом состава. Результаты минералогических анализов не подтверждают присутствие выделенных здесь [11] Северной Кавказской (амфибол-эпидот-пироксеновой) и Восточной открытого моря (амфибол-эпидот-пироксеновой) терригенно-минералогических провинций.

В составе легкой фракции присутствуют (среднее/максимальное содержание в массовых %): кремнисто-слюдистые обломки (35,7/65), полевые шпаты (22,2/42), карбонаты (17,9/46), кварц (12,0/30), халцедон+кремнистые обломки (7,1/52), лимонитизированные обломки (2,0/64), мусковит (1,5/21), биотит (0,8/14), органические остатки (0,8/5), глауконит (0,1/1). Соотношение кварц/полевой шпат составляет в среднем 0,6, варьируя от 0,19 до 2.

От континентального склона к абиссальной равнине закономерно уменьшается содержание ильменита, магнетита, рутила, лейкоксена, апатита и увеличивается содержание пироксена, кварца, полевых шпатов, слюд, халцедона и кремнистых обломков, глауконита. Это хорошо соотносится с дифференциацией терригенных минералов в процессе транспортировки. Кианитом и рутилом обогащены отложения континентального подножья. Содержание циркона, граната, минералов группы эпидота практически не изменяется. Диагенетическими сульфидами обогащены осадки континентального склона и подножья, слюдами (мусковит, биотит) и глауконитом - абиссальной равнины. Максимальные поля содержаний карбонатов приурочены к днищу абиссальной равнины, где, возможно, имеют аутигенную природу в связи с метановой дегазацией.

Присутствие большого количества неустойчивых минералов (амфиболы, пироксены, группа эпидота), сростков, низкое значение кварц/полевошпатового коэффициента, свидетельствует о незрелом характере отложений, соответствует слабому выветриванию пород области денудации.

Петрографическому изучению подвергнут алевропесчаный материал из наиболее представительных грунтовых колонок станций № 7 (интервал 55-60 см, древнечерноморский пелитовый ил с частыми прослойками алевропелитового ила мощностью до 0,5 см), 147 (интервал 205-210 см, нижняя часть пласта песка мощностью до 40 см градационной слоистости, возраст древнечерноморский), 150 (интервал 120-125 см, нижняя часть пласта песка мощностью 25 см градационной слоистости, возраст древнечерноморский), 163 (интервал 265-270 см, нижняя часть алевропесчаного пласта мощностью 90 см, возраст древнечерноморский; интервал 370-375 см, нижняя часть градационного пласта песка мощностью 20 см, возраст новоэвксинский). В современном виде станция 7 характеризует материал дистальной части денудационно-литодинамической каньонной системы Шахе с ее турбидитными (потоковые фации) и морскими декливиальными (оползневые и дефлюкционные фации) образованиями континентального склона, а станции 147, 150 и 163 - материал шлейфа разноса на абиссальной равнине морских турбидитов от каньонных систем Мзымта-Бзыбь, Гудаута, Гумиста-Кодори, Риони-Ингури (рис. 2).

Терригенный материал алевропесчаной фракции имеет практически одинаковый петрографический состав (табл. 1), что указывает на сходную область сноса. Все составы алевропесчаных осадков относятся к лититовым грауваккам. Вниз по разрезу и удаленности от зоны денудации в них уменьшается содержание обломков пород (с 79 % до 48 %) с увеличением содержания обломков минералов (с 14 % до 36 %). Терригенные обломки не окатанные, остроугольные, реже слабо окатанные.

Обломки глинистых сланцев и филлитов имеют выраженную уплощенную форму, содержат непросвечивающее углеродистое вещество, примесь алевритового материала с переходом в алевролиты. По петрограическим признакам сланцы и филлиты соотносятся с юрскими черными сланцами Кавказа.

Обломки известняков представлены преимущественно микробиально-водорослевыми и органогенно-детритовыми со спаритовым карбонатным цементом литотипами. По литогенетическим признакам они отвечают известнякам верхнеюрско-нижнеэоценового карбонатного разреза Гагро-Джавской (Абхазской) тектонической зоны Южного склона Большого Кавказа. Самостоятельные карбонатные комочки микритового сложения имеют округлую форму и, возможно, являются аутигенными.

Таблица 1

Петрографический состав алевропесчаной фракции, % зерен

Компоненты	Содержание компонентов в шлифах станций				
	7	147	150	163*	163**
Кварц	5,2	7,6	14,3	18,8	17,1
Полевой шпат	2,8	2,2	3,6	3,3	8,4
Мусковит	0,2	0,7	4,0	2,5	0,8
Биотит	0,5	0,2	1,7	2,9	2,5
Клинопироксен	1,3	1,3	1,9	1,2	4,4
Апатит	<0,1	<0,1	0,3	0,2	<0,1
Амфибол	0,5	0,1	1,6	3,9	2,1
Кальцит	1,7	2,2	2,2	1,8	1,0
Эпидот-клиноцоизит	0,2	0,2	<0,1	<0,1	3,3
Всего терригенных минералов	12,2	14,4	29,5	34,6	36,3
Известняки	6,3	22,0	8,2	13,5	15,9
Битуминозные мергели	66,1	2,5	11,1	4,1	6,1
Филлиты, глинистые сланцы	3,4	24,7	26,2	18,8	7,3
Вулканиты	1,5	11,7	5,7	5,6	8,8
Кварциты и кремни	0,2	8,1	4,1	3,3	3,1
Алевролиты	0,9	3,7	6,0	5,3	1,9
Уголь	0,3	<0,1	<0,1	0,6	0,2
Измененные породы	0,7	6,5	3,8	4,8	5,2
Всего обломков пород	79,4	79,2	65,1	55,4	48,4
Детрит раковин	2,2	0,7	1,5	3,3	2,1
Аутигенные сульфиды	6,3	5,6	4,0	6,1	9,8

** - интервал 265-270 см; ** - интервал 370-375 см.*

Обломки вулканитов представлены в различной степени палагонитизированными, карбонатизированными, эпидотизированными и хлоритизированными базальтами, андезибазальтами и их туфами, в т.ч. гиалокластititами. Палагонит замещен минералами группы цеолитов, хлоритов, смектитов. Порфировые вкрапленники представлены плагиоклазом и моноклинным пироксеном. Обломки вулканитов по своему составу и структурно-текстурным особенностям соответствуют преимущественно вулканитам порфиритовой серии байосса.

Отличается материал станции 7. В нем преобладают обломки битуминозных мергелей майкопской серии, обнажающейся в зоне абразии морского дна континентального склона.

Пелитовая фракция кроме органического материала (карбонатного, углеродистого, кремнистого) в минеральном отношении сложена тонко раздробленными зернами терригенных минералов [2], из глинистых минералов чаще преобладает

монтмориллонит, присутствуют в различных соотношениях хлориты, гидрослюды и их смешанно-слойные образования [10].

Химический состав характеризует терригенные донные осадки (табл. 2). Состав органогенных (кокколитовых, сапропелевых) и органогенно-терригенных илов здесь не рассматривается, т.к. они не характеризуют состав зоны денудации. Их состав рассмотрен в ряде работ [1-3, 18 и др.]. Для определения особенностей химического состава рассматриваемых донных осадков использованы анализы донных осадков Азовского моря из опубликованных данных [9] и картировочных скважин, пробуренных на площади морской части листов L-37-IX, X.

Таблица 2

Химический состав терригенных донных осадков восточной части Черного моря

Пробы	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	P_2O_5	FeO	CaO	MgO	MnO	K_2O	Na_2O	SO_3	ППП
13d1-1	45,93	15,50	0,70	2,75	0,16	3,56	9,41	3,75	0,13	2,50	2,02	2,23	11,71
13d1a-1	41,45	13,20	0,65	3,10	0,16	2,96	15,00	2,51	0,17	2,09	1,67	3,52	**
13d1a-2	45,63	15,50	0,68	2,73	0,17	3,53	9,00	3,23	0,13	2,63	2,13	1,87	12,54
13d1a-4	37,60	12,40	0,58	2,57	0,21	2,44	17,94	2,45	0,18	1,99	1,57	2,21	17,74
13d2-1	48,81	14,50	0,75	2,30	0,16	3,74	8,96	2,27	0,12	2,33	1,86	2,63	11,91
13d2-2	53,96	15,95	0,86	2,05	0,17	4,37	5,24	2,16	0,17	2,49	1,86	1,89	8,40
13d5-2	40,70	13,05	0,61	3,16	0,27	2,56	14,86	2,65	0,18	2,23	1,72	3,16	**
13d7a-2	61,00	13,70	0,80	2,20	0,19	4,37	4,53	2,39	0,15	1,91	2,19	0,29	6,28
13d7a-3	55,35	17,60	0,88	2,49	0,16	4,91	2,42	2,18	0,10	2,81	1,69	2,26	7,30
13st04	46,33	15,60	0,73	2,52	0,16	3,45	7,03	2,58	0,10	2,64	2,13	3,32	**
13st08	44,74	15,70	0,67	2,32	0,14	3,05	8,65	2,36	0,08	2,81	2,20	2,75	14,32
13st14	47,42	14,50	0,72	2,87	0,15	3,05	8,96	2,55	0,11	2,35	2,04	3,14	**
13st15	50,89	16,75	0,80	3,06	0,18	3,85	6,25	3,23	0,15	2,67	2,18	1,52	8,41
13st30	41,46	14,70	0,61	2,22	0,19	3,05	5,80	2,45	0,06	2,58	2,42	3,93	**
13st41	55,80	15,20	0,80	2,54	0,17	3,70	5,20	2,23	0,13	2,58	1,90	0,44	8,87
13st60	45,93	15,70	0,76	2,70	0,16	3,51	8,60	2,55	0,11	2,64	1,86	2,93	12,58
13st65	46,00	15,00	0,78	3,19	0,16	3,16	8,40	2,69	0,11	2,48	2,27	3,64	**
13st81	49,00	13,70	0,70	2,13	0,14	3,42	9,53	2,97	0,10	2,03	2,07	1,93	11,84
13st85	59,16	13,65	0,79	1,96	0,17	3,28	5,30	2,52	0,09	2,20	2,15	1,73	6,80
13st91	51,78	14,00	0,63	3,04	0,16	2,59	7,25	2,85	0,10	2,08	2,46	3,35	**
19st004	57,25	13,69	0,86	6,05	0,18	*	6,34	2,70	0,09	1,95	2,09	н.опр.	7,91
19st007	53,20	17,57	0,74	7,20	0,15	*	3,51	2,85	0,10	2,90	1,90	н.опр.	10,24
19st019	37,24	11,87	0,53	6,01	0,19	*	6,68	3,16	0,08	1,76	3,50	н.опр.	25,32
19st029	55,85	14,14	0,72	6,87	0,16	*	6,75	2,74	0,14	1,84	2,30	н.опр.	8,28
19st057	51,09	14,86	0,76	6,63	0,16	*	8,02	2,73	0,11	2,17	1,95	н.опр.	10,61
19st059	43,82	14,49	0,65	6,68	0,15	*	8,67	3,78	0,10	2,15	2,26	н.опр.	14,98
19st082	57,58	14,08	0,72	5,72	0,15	*	5,87	2,59	0,08	2,13	2,23	н.опр.	8,92
19st088	59,22	13,68	0,74	6,11	0,15	*	4,89	2,60	0,10	2,06	2,21	н.опр.	8,35
19st089	62,27	13,19	0,66	5,96	0,13	*	4,64	2,41	0,09	1,99	2,16	н.опр.	6,62
19st090	44,95	14,83	0,68	7,00	0,16	*	8,69	3,88	0,14	1,97	2,18	н.опр.	13,99

Литология: песок - 13d7a-2, 19st089; алеврит - 13st81, 13st85, 13st91, 19st029, 19st082, 19st088; ил алевропелитовый - 13d2-2, 13d7a-3, 13st15, 13st41, 19st004, 19st007, 19st057, 19st090; ил пелитовый - 13d1-1, 13d2-1, 13st60, 13st65, 19st019; ил пелитовый с сапропелевым и кокколитовым материалом - 13st04, 13st08, 13st14, 13st30, 19st059; глина известковистая - 13d1a-1, 13d1a-2, 13d5-2; мергель - 13d1a-4.

Возраст: новочерноморский - 13st81; новоэвксинский - 13d1-1, 13d1a-1, 13d1a-2, 13d1a-4, 13d2-1, 13d5-2, 13st15, 19st007, 13st41; древнечерноморский - остальные.

** - FeO в составе общего Fe_2O_3; ** - ввиду большого содержания серы достоверно определить не представляется возможным; н.опр. - не определялось.*

Осадки с примесью биогенного карбонатного или сапропелевого материала имеют содержание SiO_2 заметно ниже 50 %, повышенные содержания CaO и потерь при прокаливании.

Для определения особенностей осадков восточной части Черного моря использованы стандартные петрохимические модули и показатели [7]: гидролизатный модуль ГМ=$(Al_2O_3+TiO_2+Fe_2O_3+FeO)/SiO_2$, алюмокремневый модуль АМ=Al_2O_3/SiO_2, фемический модуль ФМ=$(FeO+Fe_2O_3+MgO)/SiO_2$, титановый модуль ТМ=TiO_2/Al_2O_3, натриевый модуль НМ=Na_2O/Al_2O_3, калиевый модуль КМ=K_2O/Al_2O_3, щелочной модуль ЩМ=Na_2O/K_2O, общая нормативная щелочность ОНЩ=$(Na_2O+K_2O)/Al_2O_3$, железный модуль ЖМ=$(FeO+Fe_2O_3+MnO)/(Al_2O_3+TiO_2)$, плагиоклазовый модуль ПМ=$(Na_2O+CaO)/K_2O$, показатель зрелости материала пород областей сноса A=$Al_2O_3/(SiO_2+MgO+K_2O+Na_2O)$, показатель степени дифференциации осадков S=$SiO_2/(K_2O+Na_2O)$, а также индекс изменения состава ICV=$(Fe_2O_3+K_2O+Na_2O+CaO+MgO+TiO_2)/Al_2O_3$ по [16].

Наиболее значимо донные осадки восточной части Черного моря дифференцируются по гидролизатному (ГМ), алюмокремневому (АМ), фемическому (ФМ) модулям, показателю зрелости материала пород областей сноса (А) и показателю степени дифференциации осадков (S). Значения у крайних членов литодинамической дифференциации - алевропесчаных и пелитовых осадков - отличаются в 1,6-2 раза, что указывает на весьма слабо выраженный характер дифференциации и типично грауваккковый характер алевропесчаных отложений. Например, между алевропесчаными и пелитовыми осадками Азовского моря эти показатели различаются практически на порядок, отличаясь и по абсолютным значениям.

По остальным показателям (ПМ, ТМ, НМ, КМ, ЩМ, ОНЩ, ЖМ, ICV) изученные терригенные донные осадки Черного моря практически не различаются или очень слабо. Их значения для крайних литодинамических дифференциатов близки, с перекрытием значений.

Различия по петрохимическим показателям крайних по гранулометрии литодинамических типов нарушаются присутствием посторонних примесей - карбонатного и органического вещества (кокколитовый, сапропелевый и пр. материал), выявляемых такими показателями, как ПМ, ОНЩ, ЖМ и ICV. Так у известковистых илов и глин Черного моря с содержаниями CaO около 15-18 % значения ПМ достигают 7-10 при среднем значении 4,4.

В целом рассмотренные донные осадки Черного моря характеризуются как незрелые. Они испытали относительно слабую дифференциацию и в этом отношении состав терригенной фракции близок к составу области денудации. Отложения образовались путем периодического отмучивания пелитовой фракции из турбидитных и суспензионных потоков. В результате отмучивания терригенные осадки крайних по гранулометрии литодинамических типов петрохимически различаются значительно слабее, чем у более зрелых и дифференцированных отложений, в частности Азовского моря. Алевропесчаные осадки Черного моря относятся к типичным грауваккам, а пелитовые тяготеют уже к гидролизатным продуктам. Алевропелитовые осадки занимают промежуточное положение. В процессе транспортировки терригенный материал практически не подвержен процессам выветривания. По значениям КМ в составе донных осадков присутствует ассоциация гидрослюды+хлорит+плагиоклаз.

Состав донных осадков конечной области аккумуляции материала денудационной зоны Южного склона Большого Кавказа трансформируется под влиянием биогенного вклада (сапропелевый, кокколитовый, раковинный и др. материал) и аутигенной минерализации. В глубоководном пелитовом иле по оценке А.Д. Архангельского [2] этот вклад составляет порядка 22,5%.

Литература

1. *Андрусов Н.И.* Предварительный отчет об участии в Черноморской глубоководной экспедиции. ИРГО. Т. XXVI. 1890. Т. 26. Вып. 2. С. 171-185.
2. *Архангельский А.Д., Страхов Н.М.* Геологическое строение и история развития Черного моря. Москва, Ленинград: АН СССР, 1933. 237 с.

3. *Батурин Г.Н.* Геохимия черноморских сапропелевых илов // Геохимия. 2011. № 5. С. 556-560.
4. *Бутузова Г.Ю.* К минералогии осадков Черного моря // Литология и полезные ископаемые. 1971. № 4. С. 46-55.
5. *Глазырин Е.А.* Геоморфология и литодинамика подводных каньонов как инженерно-геологический фактор освоения углеводородных ресурсов (на примере Российского сектора Черного моря) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2019. Т. 14. № 2. С. 1-12.
6. *Денисов В.И.* Потоки взвешенного вещества в прибрежной части шельфа в российском секторе Черного моря // Система Черного моря. Москва: Научный мир, 2018. С. 397-425.
7. *Ефремова С.В., Стафеев К.Г.* Петрохимические методы исследования горных пород / Справочное пособие. М.: Недра, 1985. 511 с.
8. *Маслов В.* Некоторые данные о минералогическом составе отложений дна Черного моря. БМОИПр., отдел геология. 1929. Т. VII. № 1-2. С. 91-97.
9. Закономерности литохимии и палинологии современных донных отложений Азовского моря / *Матишов Г.Г., Польшин В.В., Ильин Г.В., Новенко Е.Ю., Карагеоргис А.* // Вестник Южного Научного Центра РАН. 2006. Т. 2. № 4. С. 38-51.
10. Геолого-литологические исследования в восточной глубоководной части Черного моря / *Огородников В.И., Скаржинский А.В., Канивец В.В., Рыбак Е.Н., Лебедев С.Ю.* // Геологический журнал. 1988. № 4. С. 108-112.
11. *Тремонис Э.С.* Минералогия крупноалевритовой фракции современных глубоководных осадков Черного моря // Материалы по минералогии, петрографии и геохимии осадочных пород и руд. 1979. Вып. 4. С. 37-49.
12. *Холодов В.Н.* Геохимия осадков Черного моря // Тр. геологического института. 2006. № 574. С. 107-140.
13. *Шимкус К.М., Митропольский А.Ю., Ковалюх Н.Н.* Новые данные по геохронологии донных осадков Черного моря и скоростям осадконакопления // Геологический журнал. 1978. Т. 38. № 4. С. 44-53.
14. Литолого-стратиграфическая характеристика донных отложений Крымского шельфа и глубоководной части Черного моря / *Шнюков Е.Ф., Иванников А.В., Иноземцев Ю.И., Орловский Г.Н., Маслаков Н.А., Рыбак Е.Н., Луцив Я.К., Парышев А.А.* // Геологический журнал. 2003. № 1. С. 9-23.
15. *Шрейдер Ал.А.* Осадконакопление в глубоководной котловине Черного моря // Система Черного моря. Москва: Научный мир, 2018. С. 33-76.
16. Cox R., Lowe D.R., Cullers R.L. The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in southwestern United States // Geochim. Cosmochim. Acta. 1995. V. 59. Pp. 2919-2940.
17. Degens E.T. Sedimentological history of the Black Sea over the last 25000 years // Geology and history of Turkey / Ed. Campbell A.S. Tripoli: Petroleum Explor. Soc. Libiya. 1971. Pp. 407-429.
18. Dimitrov D. Sapropelic, diatomaceous and coccolith sediments (units Ib, I) of the Black Sea bottom – genesis, composition and properties // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2011. № 1. С. 5-19.
19. Jipa D.C., Panin N. Narrow shelf canyons vs. wide shelf canyons: Two distinct types of Black Sea submarine canyons // Quaternary International journal. 2018. 18 p.
20. Ross D.A., Degens E.T., MacIlvaine J. Black Sea: recent sedimentary history // Science. 1970. V. 170. № 3954. Pp. 163-165.
21. Tekiroglu S.E., Ediger V., Yemenicioglu S., Kapur S., Akca E. The experimental analysis on the Late Quaternary deposits of the Black Sea // Oceanologica acta. Vol. 24. № 1. 2001. Pp. 51-67.

УДК 622.276.42:661.72 DOI:10.34708/GSTOU.2021.84.61.009

ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ВОДОГАЗОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

© Зашихин В.В., Степанов А.Н.

РОО ВНТО нефтяников и газовиков им. И.М. Губкина, г. Волгоград

В работе на основании обобщения данных по газовому и водогазовому воздействиям проведенных авторами и другими исследователями в различных регионах России показаны высокие перспективы применения этих методов на месторождениях Северного Кавказа . На примере нижнемеловых отложений месторождения Северо-Губкинское показана методология выявления наиболее эффективных методов водогазового воздействия, и дан анализ механизмов взаимодействия флюидов в полной системе «нефть-газ-вода-порода» при вытеснении нефти из продуктивных отложений.

Ключевые слова: *водогазовое воздействие, пустотная среда, параметры пластовых флюидов и коллекторов, коэффициент вытеснения, межфазные натяжения, теория подобия.*

Газовое и водогазовое (ВГВ) воздействия на нефтяные пласты представляется одним из эффективных и недорогих методов повышения нефтеотдачи по нефтяным месторождениям, располагающимся в продуктивных отложениях на глубинах 1500 - 5000 м. Здесь представляет практический интерес в целях оценки за счет таких методов повышения нефтеизвлечения по готовящимся к разработке месторождениям проведение экспериментальных работ по определению оптимального режима ВГВ на нефтяные пласты в целях вовлечения в разработку слабо дренируемых зон.

Наибольшая активность газового воздействия достигается в условиях смешивающегося режима вытеснения и в комбинации с совместной или последовательной, или чередующейся закачкой воды различной минерализации.

Особую эффективность приобретают эти методы в подгазовых зонах в низкопроницаемых коллекторах.

В общей нелинейной постановке для вертикальной и линейной модели система уравнений фильтрации смешивающихся и неоднородных агентов разной плотности в неоднородной пустотной среде не имеет точного аналитического решения. Поэтому для получения достоверных прогнозных технологических показателей разработки залежей углеводородов с закачкой газа под высоким давлением проводят эксперименты. Последнее позволяет определить совместное воздействие капиллярных, гидродинамических и гравитационных сил на потоки фаз и их соотношение при разработке залежи.

Накопленные и обработанные геолого-геофизические данные позволяют произвести предварительное математическое (эмпирическое) моделирование ВГВ с целью дальнейшей оптимизации экспериментов.

Теория фильтрации газированной нефти основана на ряде предпосылок (на концептуальном уровне), которые не являются очевидными и требуют всегда экспериментальной проверки. К ним, в частности, относятся предположения о существовании термодинамического равновесия в пластовой системе (наличии стационарного состояния), об универсальности зависимостей фазовых проницаемостей для нефти и газа от насыщенности и др. [4,5,23].

В сочетании с расчетными методами экспериментальное моделирование дает возможность получать достаточно объективные сведения о характеристиках процесса. При исследовании фильтрации неоднородных жидкостей и газов значительные экспериментальные трудности вызывает достижение установившегося режима.

Известные затруднения вызывает то обстоятельство, что не существует достаточно явного признака достижения стационарных условий в экспериментах [23, 24].

К настоящему времени выполнена серия экспериментов по ряду месторождений Западной Сибири (Северо-Губкинское, Выинтойское, Присклоновое, Пякяхинское и др.), на месторождениях Северного и Среднего Каспия (им. В.В. Филановского и др.), на месторождениях Волгоградской области (Котовского, Антиповско - Балыклейского и др.) и в других регионах.

Все исследования проводились на трехфазной установке высокого давления УИК-5 фирмы «Гло-Бел нефтесервис» при пластовых термобарических и геостатических условиях с обязательным соблюдением всех основных правил и критериев подобия для систем «нефть-газ-порода-пластовая вода» [9, 14, 16, 17, 21, 23, 24 и др.]. Использовались сборные керновые модели диаметром 30 и 64 мм.

В настоящей статье на примере нижнемеловых терригенных отложений Северо-Губкинского нефтегазоконденсатного месторождения (Степанов А.Н. и др., 2013) ниже мы покажем высокую эффективность применения различных методов ВГВ по сравнению с обычным заводнением продуктивных отложений.

Имеющиеся данные экспериментальных исследований, проведенных по пластам БП-10 и БП-11(1) Северо-Губкинского месторождения показывают, что полученные коэффициенты вытеснения нефти водой (Квыт) составляют 0,43 - 0,45 соответственно (таблица 1).

Эти данные использовались для ориентировочных расчетов Квыт при различных видах ВГВ по методике Г.С.Степановой [20, 21], данным одного из последних крупных обобщений по методам ВГВ [7] и проводились сравнения с нашими исследованиями совместно с ООО «Газпром ВНИИГАЗ» в этой области по месторождению им. В.В. Филановского [12].

Для этих целей был рассчитан ряд параметров для нефти, газа и вмещающих отложений (таблица 1).

С использованием данных по составу и свойствам пластового газа и нефти (углеводородный газ содержащий 88,8 мол. % метана и 9,6 мол. % C_{2+}), выкипанию нефти до 300^0C, данных по пластовому давлению и давлению насыщения, из расчетов взаиморастворимости по методике [20,21] было определено минимальное соотношение вязкостей нефти и газа $\mu_{0\ min}=\mu_н/\mu_г$ в переходной зоне, которое в некоторой степени соответствует соотношениям вязкостей по пластам, определенных по пробам рекомбинации, поэтому в расчетах использовались и данные рекомбинации.

Данные расчетов по методике Г.С. Степановой (таблица 2) показывают, что Квыт при ВГВ может быть выше по сравнению с обычным заводнением, при этом более высокие Квыт достигаются при попеременной закачке газа и воды, что было известно и ранее. Близки к этим данным полученные значения Квыт на основании использования в расчетах комплексного параметра $\mu_г/\mu_н/К^3$выт. водой из работы [7] 0,65-0,68. Однако, использование одномерных зависимостей из этой же работы показывает, что возможно достижение и более высоких Квыт. при наших условиях 0,7-0,9, чему может способствовать целый комплекс оптимальных в данном случае параметров коллектора (невысокая проницаемость и высокая удельная поверхность, относительно небольшой размер пор) и пластовых флюидов (невысокие вязкости газов и пластовых нефтей, близкие вязкости нефти и воды, равенство межфазных натяжений в системе вода-нефть и вода-газ, гидрофильность пород).

В нашей комплексной работе совместно с ООО «Газпром ВНИИГАЗ» [12] было установлено, что для низкопроницаемых терригенных пород оптимальной является циклическая закачка воды и газа в объеме 0,1 доли порового пространства. При этом при последовательной закачке вода-газ получен Квыт=0,64, при циклической (0,2 доли порового объема)-0,665, при циклической (0.1 доли) -0,972.

Таблица 1

Параметры пластовых флюидов и коллекторов нижнемеловых отложений Северо-Губкинского месторождения

Параметр	Пласт БП-10	Пласт БП-11/1
плотность пластовой нефти, кг/м^3	711,0/704,0	664,0/678,0
плотность дегазированной нефти, кг/м^3	825,0	804,0
газонасыщенность, м^3/м^3	136/138,2	190/196,2
объемный коэффициент пластовой нефти	1,28	1,49
молекулярный вес нефти	196	180
выкипание фракций НК-300°С, % объемные	49	57
давление насыщения, МПа	24,7/24,8	25,0/24,95
давление пластовое, МПа (Р)	25,0	26,0
пластовая температура, °С	76	78
динамическая вязкость пластовой нефти, мПа*с, (μн)	0,47/0,45	0,30/0,36
динамическая вязкость пластовой воды, мПа*с, (μв)	0,40/0,40	0,39/0,40
динамическая вязкость газа (агента) мПа*с ($\mu_г$)	0,0215	0,0214
абсолютная проницаемость по газу, 10^{-3} мкм^2 (Кпр.г)	88,4	16,0
начальная фазовая проницаемость по нефти,10^{-3} мкм^2 (Кн)	43,5	11,5
фазовая проницаемость для воды при 100% водонасыщенности, 10^3 мкм^2 (Кв)	57,2	14,0
плотность газа (пластовая), кг/м^3	177,11	175,61
пористость, доли ед. (m)	0,19/0,175	0,17/0,187
начальная нефтенасыщенность, доли ед.	0,53/0,53-0,55	0,55/0,55-0,53
Кн/μн, 10^{-3}мкм^2/мПа*с	96,7	31,9
Кг/μг, 10^{-3}мкм^2/мПа*с	4111,6	747,7
μн/μг	20,9	16,8
фильтрационно-емкостной параметр, r=$\sqrt{Кпр.г / m}$, мкм	0,70	0,29
μн/μв	1,13	0,90
коэффициент вытеснения нефти водой (Квыт.)	0,430	0,450
Sуд.=3530$\sqrt{\frac{m3}{Кпр.г}}$, см^2/см^3	869,2	2256,7
Р*μн/μг, МПа	522,5	436,8
Квыт./ΔКвыт. (последовательное ВГВ) [21,20]**	0,55/0,12	0,59/0,14
Межфазное натяжение вода - пластовая нефть, дин/см	31,0	31,0
Межфазное натяжение вода - газ, дин/см	32,0	32,0
Поверхностное натяжение пластовой нефти, дин/см	1,0	1,0
Квыт./ΔКвыт. (попеременное ВГВ) [21,20]*	0,61/0,18	0,65/0,20
μг/μн	0,05	0,06
μг/μн/Квыт.^{3}водой	0,004	0,006
Квыт. (попеременное ВГВ) [7]	0,65	0,68

**в знаменателе данные по петрофизическим моделям и рекомбинированным пробам нефти и газа;*

*** в знаменателе прирост Квыт за счет ВГВ.*

Первый эксперимент состоял из двух этапов. На первом этапе осуществлялось прямое вытеснение нефти пластовой водой до полного обводнения модели и прекращения выхода нефти в соответствии с методикой, приведенной в ОСТ 39-195-88 [14]. Начальная линейная скорость фильтрации вытесняющего агента при проведении

эксперимента должна находиться в пределах от 0,1 до 1 м/сут. В соответствии с критериальной функцией [14, 17, 24] вытеснение на начальном этапе проходило при линейных скоростях 0,883 м/сут и 0,793 м/сут для пластов БП-10 и БП-11/1, соответственно.

На втором этапе модель пласта подвергалась циклическому ВГВ с периодичностью смены вытесняющих фаз пластовой воды и газа через 0,1 долю единиц прокачанного порового объема до повторного прекращения вытеснения нефти из модели. Эксперимент проводился при тех же пластовых термобарических условиях без разбора составной модели и при подаче вытесняющих агентов с ранее приведенными начальными линейными скоростями. Закачка оторочек в данном эксперименте проводилась в количестве двух поровых объемов, во время фильтрации которых происходило полное прекращение вытеснения нефти из порового пространства.

Вторые эксперименты проводились на тех же петрофизических моделях, которые после проведения первого эксперимента извлекались из кернодержателя и на них восстанавливались начальные условия по содержанию остаточной воды и, соответственно, начальной нефтенасыщености. Восстановление исходных параметров насыщения порового пространства проводилось контролируемой капиллярной вытяжкой с учетом зависимостей параметра насыщения от водонасыщенности полученных для каждого образца при первоначальной подготовке моделей. Дальнейшая подготовка ко второму эксперименту велась аналогично первичной.

Методика проведения второго эксперимента заключалась в определении коэффициента вытеснения нефти при моделировании циклического ВГВ на начальной стадии разработки. Периодичность смены фаз оторочек пластовой воды и газа велась через 0,1 долей единиц прокачанного порового пространства с самого начала вытеснения.

На рисунках 1-8 приведены результаты экспериментальных исследований по Квыт и по динамике перепадов давлений в различных режимах вытеснения.

Сравнительный анализ данных проведенных экспериментальных исследований и расчетов (таблица 2) показывает общую завышенность экспериментальных данных над расчетными, но в меньшей мере для пласта БП-11(1), где отклонение не превышает 20%.

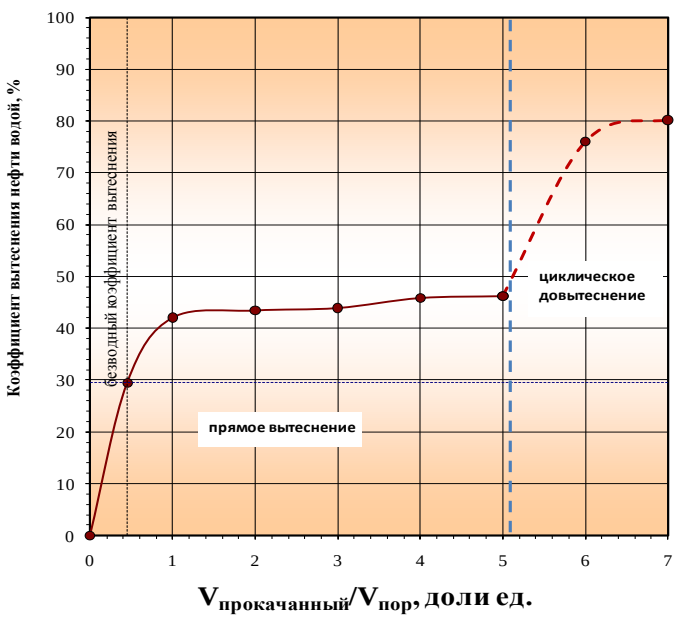


Рис. 1. Зависимость коэффициента вытеснения нефти от объёма прокачанной пластовой воды и оторочек через продуктивные отложения пласта БП-10

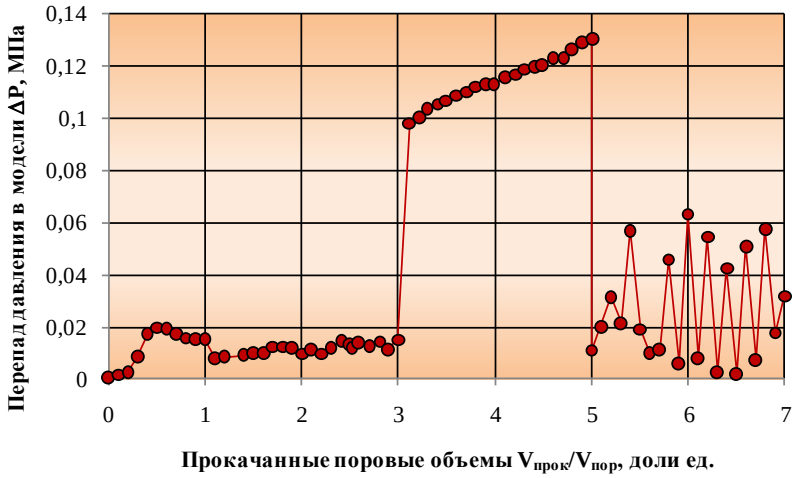


Рис. 2. Динамика изменения перепада давления
на разных режимах вытеснения при прокачке пластовой воды
и оторочек через продуктивные отложения модели пласта БП-10

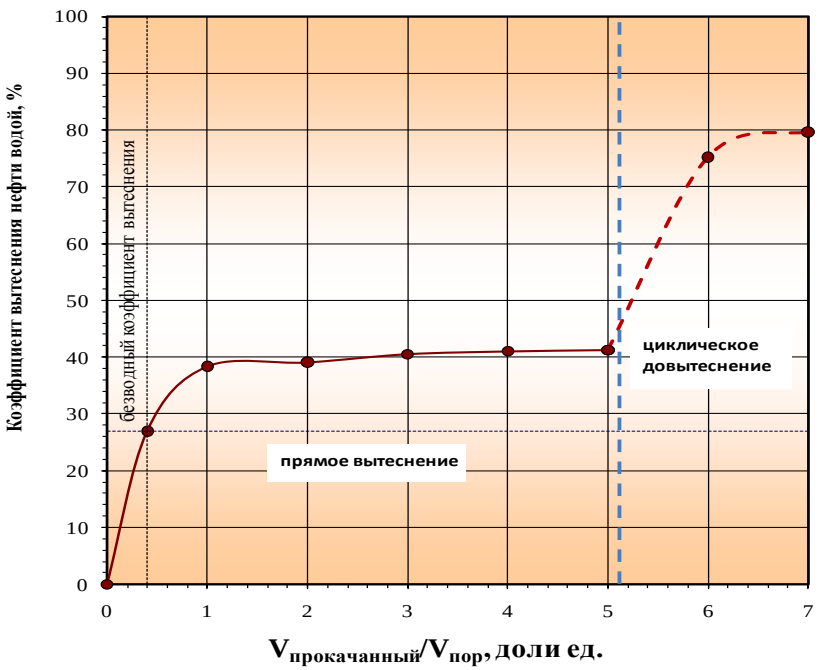


Рис. 3. Зависимость коэффициента вытеснения нефти
от объёма прокачанной пластовой воды
и оторочек через продуктивные отложения пласта БП-11/1

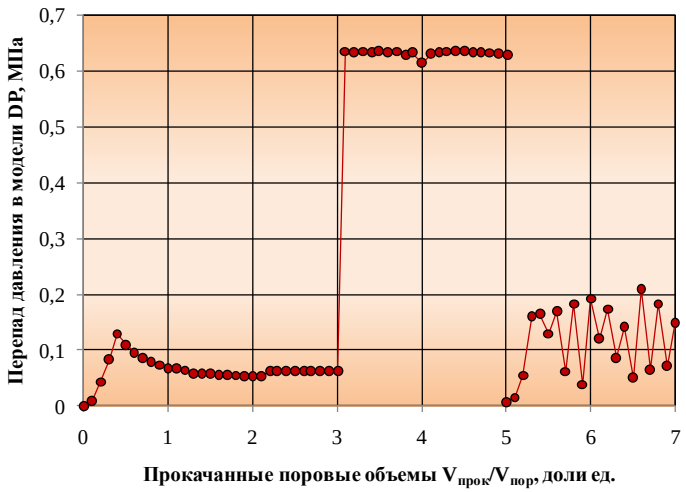


Рис. 4. Динамика изменения перепада давления
на разных режимах вытеснения при прокачке пластовой воды
и оторочек через продуктивные отложения модели пласта БП-11/1

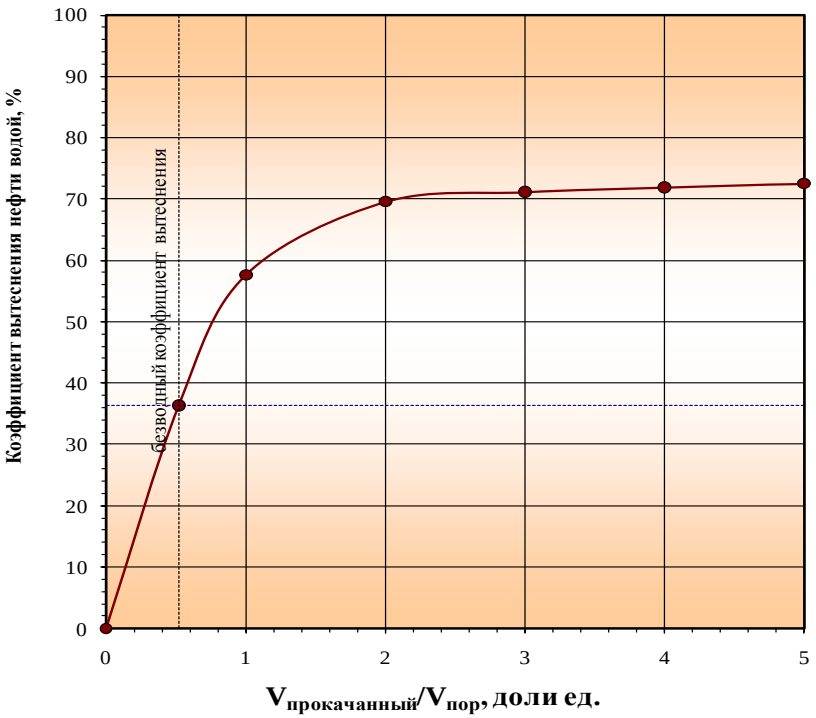


Рис. 5. Зависимость коэффициента вытеснения нефти
от объёма прокачанных оторочек воды
и газа через продуктивные отложения пласта БП-10

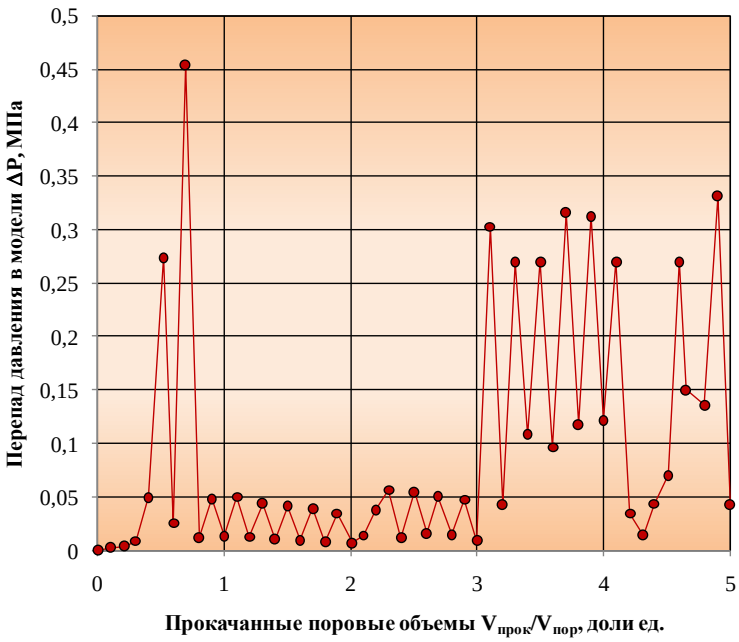


Рис. 6. Динамика изменения перепада давления на разных режимах вытеснения при прокачке оторочек через продуктивные отложения модели пласта БП-10

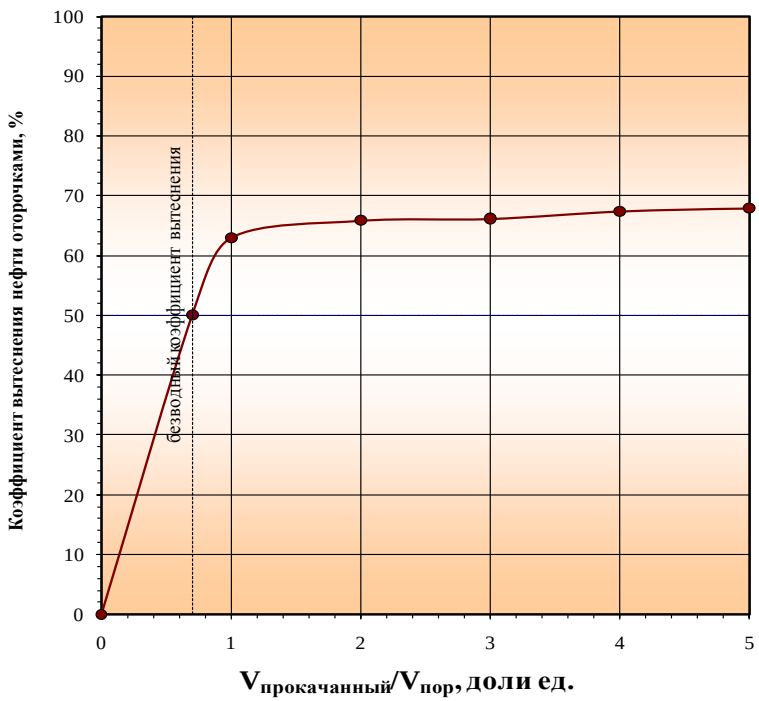


Рис. 7. Зависимость коэффициента вытеснения нефти
от объёма прокачанных оторочек воды
и газа через продуктивные отложения пласта БП-11/1

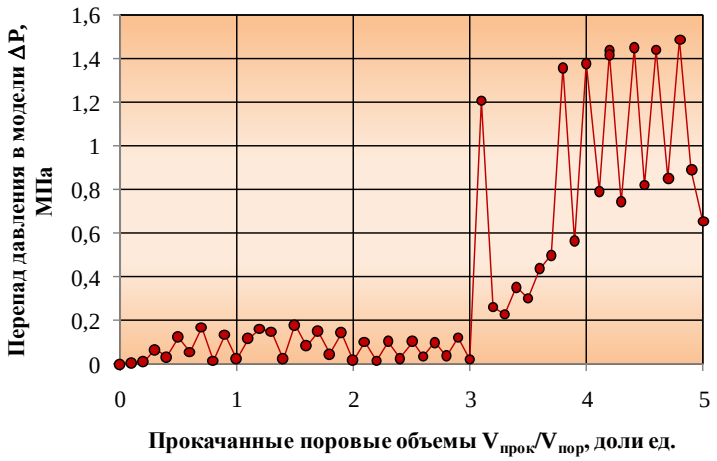


Рис. 8. Динамика изменения перепада давления
на разных режимах вытеснения при прокачке оторочек
через продуктивные отложения модели пласта БП-11/1

Таблица 2

Сравнение экспериментальных и расчетных значений Квыт. при различных типах ВГВ для нижнемеловых отложений Северо-Губкинского месторождения

Тип ВГВ Литературный источник	Продуктивные отложения		Отклонение от экспериментальных данных,%	
	БП-10	БП-11(1)	БП-10	БП-11(1)
Последовательное [21]	72,5*/55,0	67,9/59,0	24,1	13,1
Попеременное [21]	80,2/61,0	79,6/65,0	23,9	18,3
Попеременное [7]	80,2/65,0	79,6/68,0	19,0	14,6

**-в числителе экспериментальные данные.*

Как в расчетах, так и в эксперименте была подтверждена несколько повышенная эффективность попеременной закачки и в объеме 0,1 доли порового пространства модели, на что указывалось ранее.

Наибольший прирост Квыт. до 18% и более характерен для низкопроницаемых коллекторов с проницаемостью менее 10 мД [8].Как показывает анализ экспериментальных данных, росту Квыт. также способствует низкая вязкость пластовой нефти и воды и их близость.

В низкопроницаемых коллекторах БП-10 и БП-11/1 обладающих повышенной удельной поверхностью и гидрофильностью, высокой подвижностью нефти и газа - агента при ВГВ создаются оптимальные условия для вытеснения нефти из тупиковых, застойных низкопроницаемых зон, и в целом из всего пласта.

По петрофизической классификации гидрофильных коллекторов Западной Сибири [15] максимальная остаточная водонасыщенность исследуемых коллекторов Северо-Губкинского месторождения находится в интервале 40-50 %, что соответствует и фактическим данным. Характер зависимости параметра насыщения от водонасыщенности (уравнение Арчи-Дахнова), низкое сопротивление пластовой воды свидетельствуют также о гидрофильности пород, а присутствие свободной газовой фазы при этом позволяет повысить полноту извлечения нефти [22].

Учитывая термодинамические особенности растворимости метана в низкоминерализованной воде под давлением, - его относительно пониженные парциальные мольные объемы по сравнению с растворением в нефти, часть его будет переходить в водную фазу из нефти, другая в нефть. Но с учетом предельной ее насыщенности газ будет вытеснять нефть из пустотного пространства заполняя его. Растворимость газов как в водной, так и в нефтяной фазах в области рассматриваемых температур и давлений подчиняется закону Генри [2, 13, 19], что подтверждено многими примерами и обобщениями [1, 19].

Высокая подвижность пластовых флюидов и газа вытеснителя обуславливает максимальный охват в модели при вытеснении нефти. Зависимость вязкости смеси от объемной концентрации подвижных пузырьков газа обычно описывается обобщенной формулой А.Эйнштейна [3], но есть и более сложное решение Эпштейна-Плессета [3]. При этом в поровом пространстве имеет место фильтрация двух сплошных фаз: смеси «нефть+микропузырьки» и воды частично обогащенной метаном и другими газами, что снижает вязкости нефти и воды в некотором объеме. Все это способствует активному вытеснению нефти из пласта, как за счет снижения вязкостей, так и за счет одновременного повышения вязкости воды и поршневого вытеснения нефти. При этом создаются оптимальные условия для четочного (эмульгированного) течения фаз «нефть-вода» в условиях равенства межфазных натяжений в системах «вода-нефть» и «вода-газ» (таблица 1), что вероятнее всего связано с составом нефти.

Общее уравнение, которое следует решить в этом случае довольно сложно, учитывая постоянное изменение давления в системе, концентрации газа, коэффициента его диффузии и, как отмечалось выше, вязкости жидкостей [3, 10]. Известны и отличные от выше приведенных методы расчета высокой эффективности газового заводнения [11]. В результате такого сложного кооперативного процесса [9, 16, 18] и происходит, вероятно, значительный рост вытеснения нефти при благоприятных для того геологических условиях.

Анализируя полученные данные можно отметить неэффективность метода стандартного заводнения с применением пластовой воды низкой минерализации, где Квыт составляют всего 46,2% и 41,3%, и высокую эффективность попеременного ВГВ для повышения нефтеотдачи, при котором Квыт увеличивается почти в два раза до 80,2% и 79,6%, соответственно для пластов БП-10 и БП-11/1.

Анализ полученных данных показывает, что при конечных значениях коэффициентов вытеснения, полученных при последовательном ВГВ для пластов БП-10 и БП-11/1, соответственно, 72,5% и 67,9% выше в среднем на 38 % при применении стандартного заводнения. Однако при сравнении результатов с водогазовым довытеснением полученные значения ниже в среднем на 12%. Тем не менее, в безводном режиме коэффициент вытеснения нефти при ВГВ также заметно выше на 19-46% того же коэффициента при стандартном заводнении, но он достигался при более высоких объемах прокачки и уже в условиях изменения вязкостных характеристик.

Комплексный анализ рассмотрения многочисленных материалов по различным видам ВГВ, результаты выполненных эмпирических расчетов различных типов ВГВ, и проведение экспериментов на моделях нижнемеловых отложений месторождения им. В.В.Филановского [12] позволяют подтвердить высокую эффективность попеременной циклической закачки газа и воды в объеме 0,1 доли порового объема, и рекомендовать проведение газовых и водогазовых воздействий на перспективных объектах Северо – Кавказского региона. В условиях развития высокой обводненности на длительно разрабатываемых месторождениях представляет также интерес предварительного проведения электромагнитного воздействия перед проведением ВГВ.

На примере изучения Северо-Губкинского нефтегазоконденсатного месторождения показано, что при исследовании и выяснении деталей механизма ВГВ необходимо изучение не менее 40-50 параметров исследуемой полной системы «нефть-газ-порода-вода» с обязательным использованием теории подобия (автомодельных явлений и т.п.).

Учитывая высокую стоимость экспериментального определения минимального давления смесимости газа (агента) с пластовой нефтью, большое развитие получили методы его расчета по эмпирическим корреляциям и с применением уравнений состояния, входящих в различные программные комплексы (PRO II, V, CMG, ASPEN PLUS, HYZIS, EXLIPS, ChemCad и тп.). Но в них не учитывается влияние пустотной среды, всех ее фаз и др. Следует признать высокую эффективность применения здесь ПК SELECTOR, разработанного в ИГХ им. А.П. Виноградова СО РАН(Иркутск) и адаптированного для расчетов сложных систем и процессов, позволяющего обеспечить расчет полной системы «нефть-газ-порода-вода» с учетом комплексных(многомерных) критериальных параметров, размеров системы и др. (Карпов И.К., Степанов А.Н., Бычинский В.А., Савина Ю.А., Чудненко К.В. и др., 1995 – 2021).

Активная рекомендация использования при этом Slim моделей ВНИИнефтью и РГУ им. И.М. Губкина пока находит мало поддержки. Это связанно вероятнее всего с очень малым внутренним диаметром трубок (8 - 12 мм) и использованием насыпных моделей. Все это также требует сравнения с известными расчетными системами и экспериментами проведенными на керне.

Несмотря на некоторые совпадения с экспериментальными данными расчетные оценки $К_{ВЫТ}$ следует признать еще весьма приближенными, так как в используемых зависимостях не учитываются важнейшие характеристики подземного резервуара: насыщенности пластовыми флюидами, параметры геометрии пустотного пространства, межфазные натяжения (смачиваемости) и изменения вязкостей, которые в лучшей степени определяют характеристики вытеснения.

Литература

1. Влияние вертикальной миграции флюидов на формирование залежей нефти и газа / *А.М. Волков, Н.Н. Поплавский, Н.Н.Ростовцев и др.* // Труды ЗапСибНИГНИ. Вып.8. М.: Недра, 1968. 276 с.
2. *Вульфсон А.Н., Бородин О.О.* Термодинамический анализ растворимости газа в воде при высоких давлениях и сверхкритических температурах // Журнал физической химии. 2007. Т. 81. №4. С. 600-605.
3. *Глущенко В.Н., Силин М.А.* Нефтепромысловая химия. Том II. М.: Интерконтакт Наука, 2010. 550 с.
4. *Грищенко А.И., Николаев В.А., Тер-Саркисов Р.М.* Компонентноотдача пласта при разработке газоконденсатных залежей. М.: Недра, 1995. 264 с.
5. Движение углеводородных смесей в пористой среде / В.Н. Николаевский, Э.А. Бондарев, М.И. Миркин и др. М.: Недра, 1986. 190 с.
6. *Зацепин В.В., Максутов Р.А.* Основные факторы, определяющие эффективность водогазового воздействия с одновременной закачкой воды и газа. Нефтепромысловое дело. 2008. №10. С. 18-24.
7. *Зацепин В.В., Максутов Р.А.* Обзор современного состояния экспериментальных исследований технологий водогазового воздействия с раздельной закачкой воды и газа. Нефтепромысловое дело. 2009. №6. С. 16-24.
8. *Зацепин В.В., Максутов Р.А.* Современное состояние промышленного применения технологий водогазового воздействия. Нефтепромысловое дело. 2009. №7. С. 13-21.
9. К созданию оптимального комплекса теоретико-эмпирического и экспериментального изучения параметров коллекторов нефти и газа / А.Н. Степанов, Д.Ю. Бунин, И.В. Жданкин, С.И. Чижов // Вопросы геологии и разработки месторождений нефти и газа. Сб. науч. тр. ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИморнефть. Волгоград. 2006. Вып. 65. С. 116-121.
10. *Кутателадзе С.С., Накоряков В.Е.* Тепломассообмен и волны в газожидкостных системах. Новосибирск. Наука. 1984. 302с.
11. *Лысенко В.Д.* Проблемы разработки залежей нефти при газовом заводнении и чередующейся закачке воды и газа. Нефтепромысловое дело. 2007. №2. С. 4-9.
12. Моделирование водогазового воздействия на низкопроницаемый нефтяной пласт / *С.Г. Рассохин, В.М. Троицкий, А.В. Мизин и др.* // Газовая промышленность. 2009. №5. С. 40-44.
13. *Намиот А.Ю.* Растворимость газов в воде. М.: Недра, 1991. 170 с.
14. Нефть. Метод определения коэффициента вытеснения нефти водой в лабораторных условиях.

ОСТ 3919586. М.: Миннефтепром, 1986. 19 с.
15. Петрофизические основы классификации гидрофильных коллекторов нефти и газа Западной Сибири по добывным параметрам / А.Р. Анашкин, Л.М. Дорогиницкая, Т.Н. Дергачева и др. // Геофизика. 2001 (спец. выпуск) С. 77-82.
16. Развитие современных методов изучения природных резервуаров нефти и газа / *А.Н. Степанов, Д.Ю. Бунин, В.А. Тихов, С.И.Чижов* // Каротажник. 2011. №7. С.3-11.
17. Руководство по гидродинамическим методам контроля текущей нефтенасыщенности продуктивных пластов, разрабатываемых при режиме вытеснения нефти водой. М.: ВНИИ, 1969. 135 с.
18. *Симкин Э.М.* Механизм доизвлечения остаточной нефти при водогазовом воздействии на обводненные пласты. Нефтегазовые технологии. 2011. №6. С. 11-16.
19. *Степанов А.Н.* Оценка давления однофазного состояния (и насыщенности) пластовых углеводородных систем в условиях больших глубин. М.: ВНИИГАЗ, (сб.науч.тр.) 1992. С. 47-55.
20. *Степанова Г.С.* Оценка коэффициента нефтевытеснения при различных методах газового и водогазового воздействия. Нефтяное хозяйство. 1991. №7. С. 18-19.
21. *Степанова Г.С.* Газовые и водогазовые методы воздействия на нефтяные пласты. М.: Газоил пресс, 206. 200 с.
22. *Сургучев М.Л., Желтов Ю.В., Симкин Э.М.* Физико-химические микропроцессы в нефтегазоносных пластах. М.: Недра, 1984. 216 с.
23. Фильтрация газированной жидкости и других многокомпонентных смесей в нефтяных пластах. / *М.Д. Розенберг, С.А. Кундин, А.К. Курбанов*. М.: Недра, 1969. 454 с.
24. Эфрос Д.А. Исследования фильтрации неоднородных систем. Л.: Гостоптехиздат, 1963. 352 с.

УДК 553.982.2 DOI:10.34708/GSTOU.2021.10.78.010

ПОТЕНЦИАЛ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЧЕРНОМОРСКОГО ШЕЛЬФА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ АНОМАЛЬНЫХ ЗОН

© Зуб О.Н.

КубГУ, г. Краснодар

Выявлена актуальность исследований нефтегазоносности российской части черноморского шельфа, в связи с его недостаточной изученностью. Приведены результаты гидрогеологических исследований черноморского шельфа и особенности формирования и расположения нефтегазоносных ловушек. Представлен потенциал запасов углеводородов вала Шатского, Керченско-Таманского шельфа, Анапского выступа, Туапсинского прогиба и поднятия Палласа.

Ключевые слова: *гидрогеологические условия, нефтегазоносность, шельф, нефть, газ, газогидрат.*

В настоящее время российскими компаниями нефтегазового сектора накоплен значительный опыт разработки ряда континентальных склонов и шельфов морских акваторий. При этом проблемой остается недостаточная изученность российской территории Черноморского шельфа, в то время как в целом территория Южного Федерального округа является старейшим регионом России в сфере нефтегазодобычи, с наличием месторождений углеводородов (УВ), различных как по составу, так и по величине запасов [2]. Необходимость активизации исследований акватории Черного моря также связана с присоединением Крыма к России и возрастающими потребностями в энергоснабжении как кавказских, так и крымских территорий.

Исследования шельфа Черного моря в разное время велись прибрежными странами, с осуществлением спорадических работ в части морской добычи Украиной, Болгарией, Турцией и Румынией. В последнее десятилетие интерес к глубоководным зонам шельфа проявляют крупные компании США и Европы [1], сотрудничество с которыми, однако, нельзя отнести к планомерному и комплексному в условиях санкций. Известны успешные работы ЛУКОЙЛА по бурению скважин в зоне черноморской акватории Румынии, в результате которых уточнено строение и нефтегазоносность прилегающих морских зон [5]. Соответственно, имеющийся опыт в оценке, разведке и освоении черноморского шельфа делает актуальными дальнейшие исследования по систематизации гидрогеологических данных и оценке нефтегазоносности российского сектора шельфа.

При гидрогеологических исследованиях оценивают литологический состав, условия залегания и движения пород, учитывая, что шельфовые территории преимущественно имеют схожее строение с прилегающей материковой областью. Так, согласно данным сейсморазведки и результатам полевых геолого-разведочных работ, обобщенных Хортовым А.В., тип коры западно-черноморской впадины отнесен к океаническому, восточно-черноморской – к переходному океаническому, остальной части – к континентальному. В пределах океанической и переходной частей начало осадочного чехла связано с глубоководными глинистыми отложениями периода верхнего мела; континентальной части – со среднеюрским периодом. При этом в континентальном блоке можно выделить вулкагенно-осадочные, рифогенные, карбонатные, песчано-глинистые комплексы.

Установлено наличие общего Большекавказского бассейна в палеоцен-эоценовый период, с последующим развитием горных структур, преимущественно в период палиоцен-антропогена. Перемещения Африкано-Аравийской плиты к Евразии и сопутствующие коллизии привели к формированию в сармат-меотический период на

территории единого бассейна ряда прогибов: Индоло-Кубанского, Сорокина, Керченско-Таманского, Туапсинского и пр., причем, первый из перечисленных имеет предгорный тип, тогда как другие отнесены к передовым прогибам, сформированным флексурным изгибом литосферы (при движении ее под крымско-кавсказкие структуры) Шатского и Андрусова валов. Отмечено, что именно трещинные коллекторы карбонатных отложений вала Шатского периода верхней юры и верхнемелового времени наиболее перспективны для разведочного бурения [7].

Следующими по потенциалу наличия УВ являются песчанистые коллекторы нижнемайкопских отложений (порового типа), средне- и верхнемиоценовые отложения, а также караган-понта, в пределах прогибов Сорокина, Туапсинского, Керченско-Таманского, Западно-Кубанского и др. Причем слои верхней юры-нижнего мела имеют потенциал нефтеносности, майкоп-миоцена характеризуются преимущественно газовыми УВ, верхнего мела-эоцена – флюидами смешанного состава.

В исследованиях Долинского И.Г. отмечено, что в целом тектоническая активность черноморской акватории привела к образованию многочисленных зон терригенного, субфлишевого, терригенно-карбонатного типов. Указывается недостаточная изученность черноморской акватории методами бурения и полевыми исследованиями (после нижнемелового периода), в то время как мезозойские отложения оцениваются преимущественно по их естественному выходу [2].

Согласно Юровскому Ю.Г. тектонические изменения играют значительную роль в движении пластовых вод. В ряде случаев тектонические разрывы выступают водонепроницаемыми барражами, в то время как на трещиноватых и кавернозных участках формируются зоны повышенной водопроницаемости, которые служат для оценки нефтегазоностности шельфов по гидрохимическим показателям. Гидрологически проницаемые участки являются своеобразными окнами гидрообмена между водоносными горизонтами, которые характеризуются движением газов, как растворенных, так и спонтанно выделяющихся, в частности CO_2, CH_4, Ra, He и пр. Так, именно аномально высокие концентрации данных газов по результатам гидрохимических исследований обнаружены на Тарханкутском участке черноморского шельфа, имеющем трещиноватую структуру [8].

Соответственно, зоны тектонических разрывов являются каналами движения подземных вод и газов из нижних участков геологического среза в верхние. При этом по движению и составу газов в виде пузырьков, струек и массовых выбросов оценивают вероятность присутствия УВ, посредством химического анализа содержимого газовых ловушек, устанавливаемых в таких зонах. В результате, в зоне Тарханкутских бухт, кроме значительного содержания CO_2, выявлены фракции тяжелых УВ (включая пентан) в концентрациях до 3%, которые связывают с глубинным происхождением и выходом газосодержащих вод с горизонтов мела и палеогена.

Процесс миграции глубинных вод и их разгрузки также регистрируют по аномальному содержанию в иловых водах элементов – B, I, Br, не образующихся в обычных условиях морских акваторий и характерных для водоносных горизонтов палеогена. Индикаторами разрывных нарушений с разгрузкой вод в Тамано-Керченской части черноморского шельфа выступают повышенные концентрации CH_4, H_2S в поровых водах и наличие Pb, Ag, Zn, Ni, Cu, Li в донных грунтах. Следовательно, по данным гидрохимических исследований аномальных областей можно судить о миграции флюидов УВ по тектоническим разрывам из нижних водоносных слоев в верхние, посредством оценки химического состава как водоносных слоев, так и поровых, иловых и придонных вод [8].

Согласно битуминологическим исследованиям нефтегазоносности склонов Кавказа, потенциал содержания нефти в примыкающей зоне черноморского шельфа связывают с рифогенными образованиями верхней юры. Моделирование распространения рифов на базе сейсмостратиграфической информации позволило выявить потенциал содержания УВ на территории Туапсинского прогиба, вала Шатскиго и Анапского выступа. Причем, в пределах последнего терригенно-

карбонатное соотношение позволяет прогнозировать газовые и газоконденсатные запасы, а нефтесодержание за счет газового оттеснения будет повышаться в приподнятых зонах вала Шатского и Туапсинского прогиба.

Одновременно, потенциалом обладают майкопские отложения, например, Керченско-Таманского прогиба с песчаниковыми, песчаными, алевролитовыми прослойками, что способствует формированию множества незначительного объема структурнолитологических ловушек. Согласно исследованиям, для поиска УВ в отложениях майкопа, среднего и верхнего миоцена, перспективна южная подзона Туапсинскго прогиба, где потенциал нетфегазоносности достаточного числа объемных ловушек оценивается в десятки млн. т н. э. [2].

Существенный объем исследований черноморской акватории в области Крыма проведен НАН Украины. Оценены ретроспективные особенности движения земной коры, с формированием в процессах расширения-сжатия коры шовных рифтогенных зон с потенциалом нефтегазоносности. На основании моделирования установлена наибольшая раздробленность, а, следовательно, проницаемость коры в Восточно-черноморской впадине на границе Крымско-Керченского склона, что позволяет предположить зону генерации УВ, как последствие выгрузки летучих соединений из области мантийного диапира. Также приведены данные эхолотирования, свидетельствующие о выходе метана по глубине 0-600 м, отсутствие которых ниже данной отметки связывают с нахождением газа в форме газогидрата. Например, активные выходы газовых струй в Керченско-Таманской части Черного моря связывают как с грязевыми вулканами, так и разломами коры, что делает перспективным поиск УВ именно в областях шовных рифтогенных образований прогиба Сорокина и Туапсинского, а также на Керченско-Таманском шельфе [3].

Нахождение газогидратов по областям газовых выходов в зонах разломов по результатам акустических исследований установлено в зоне шельфа вблизи г. Севастополь. Акустические и тепловые исследования позволяют предположить структуру из 7 куполов, объединенных в 3 поля с аномальным тепловыделением и повышенным уровнем сероводорода, что отвечает деятельности грязевого вулкана. Также подтверждены газоразгрузки в толщу недр Керченско-Таманского шельфа, где установлены аномалии газовых УВ диапирового типа; определен район формирования газовых факелов к северу от структуры Палласа. Шельф вблизи Сочи-Адлерской территории также отличается нефтегазопроявлениями, регистрируемыми по содержанию в скважинах и на поверхности рек в виде битумных и нефтяных соединений [4].

Прогностические оценки нефтегазоносности черноморского шельфа российской части разнятся в исследованих. Так, в работе [2] общий объем УВ прогнозируется порядка 7 млрд. т усл. топлива, с нахождением в зоне вала Шатского более 5 млрд. т усл. топлива и по 1 млрд. т. усл. топлива на территории Керченско-Таманского шельфа и Анапского выступа, с прогнозом 0,5 млрд. т усл. топлива для Туапсинского прогиба. Также указывается потенциал поднятия Палласа по газу и конденсату в объеме более 1,5 млрд. т усл. топлива.

В других публикациях отмечен потенциал нефтегазоносности Анапского шельфа с оценочными залежами нефти 300-400 млн. т., что дополняется технологической целесообразностью освоения, в связи с глубинами в 50-200 м и возможностью распределения лицензий на данные участки [6]; перспективы поднятия Палласа, по данным «Черноморнефтегаза», составляют 550 млн. т (490 млн. т. нефти и приблизительно 60 млрд. $м^3$ газа) [1]. При этом до 90% ресурсов связывают с карбонатными коллекторами верхней юры в области вала Шатского, Анапского выступа и южной части Туапсинского прогиба, в зонах ловушек УВ рифогенной природы.

Таким образом, результаты анализа гидрогеологических условий черноморского шельфа свидетельствуют о потенциале его нефтегазоносности, в частности в областях рифовых шовных зон. Показано, что по данным гидрогеохимических исследований аномальных областей можно судить о миграции флюидов УВ по тектоническим

разрывам, а также об их наличии как в водоносных слоях, так и в поровых, иловых и придонных водах, что позволяет определить потенциал нефтегазоносности участков черноморского шельфа. Приведены данные перспективной нефтегазоносности вала Шатского, Керченско-Таманского шельфа, Анапского выступа, Туапсинского прогиба и поднятия Палласа.

Литература

1. *Виноградова О.* Наступление на Черное море / *О. Виноградова* // Нефтегазовая вертикаль. 2011. №9. С. 70-74.
2. *Долинский И.Г.* Закономерности распространения нефтегазоносных комплексов и ловушек УВ в акваториях Азовского и Черного морей (российский сектор) [Текст]: автореф. дис…канд. геол.-минерал. наук: 25.00.12 / Долинский Игорь Геннадьевич. Ставрополь. 2007. 26 с.
3. *Есипович С.М.* Зоны напряженного тектоно - геодинамического режима и перспективы нефтегазоносности Черного моря [Текст] / *С.М. Есипович* // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2012. №3. С. 20-35.
4. *Круглякова Р.П.* Геолого-геохимическая характеристика естественных проявлений углеводородов в Черном море [Текст] / *Р.П. Круглякова, М.В. Круглякова, Н.Т. Шевцова* // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2009. №1. С. 37-51.
5. *Наумова М.Н.* Уточнение геологического строения и перспектив нефтегазоносности континентального склона северо-западной части Черного моря по результатам бурения скважин [Текст] / *М.Н. Наумова, Д.В. Надежкин* // XXI Губкинские чтения Фундаментальный базис и инновационные технологии поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа. М., 2016. С. 197-200.
6. *Попов В.В.* Черноморская шельфовая нефть. Изыскания, извлечение, транспортировка [Текст] / *В.В. Попов, В.В. Шканов* // Transport business in Russia. 2016. №. С. 105-108.
7. *Хортов А.В.* Сейсмостратиграфия и мезозойско-каинозойская эволюция Азово-черноморского региона в связи с нефтегазоносностью южных морей России [Текст]: автореф. дис…докт. геол.-минерал. наук: 25.00.28 / Хортов Алексей Владимирович. М. Геленджик. 2006. 52 с.
8. *Юровский Ю.Г.* Подземные воды шельфа. Задачи и методы изучения [Текст] / *Ю.Г. Юровский.* Симферополь: ДИАЙПИ, 2013. 260 с.

УДК 550.8.053 DOI:10.34708/GSTOU.2021.19.49.011

ЦИФРОВАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАК ЧАСТЬ ЕДИНОЙ BIM ТЕХНОЛОГИИ

© Иванусь И.В., Дмитриченко Н.В.

КубГУ, г. Краснодар

Цифровая инженерно-геологическая модель (ЦИГМ) осталась единственной еще не вполне реализованной моделью, которая не позволяет замкнуть полный цикл BIM технологий, объединяющих в себя: ЦМР, ЦММ, цифровую геотехническую модель, цифровой проект сооружения, цифровую строительную модель, цифровую модель эксплуатации сооружения и цифровую модель его реконструкции или демонтажа. В статье рассматривается программные продукты возможные к применению при создании цифровой модели, задачи, которые необходимо начинать решать сейчас, пока требования к созданию все же трехмерной, а не просто цифровой ГМ формулируются и разрабатываются.

Ключевые слова: *BIM, цифровая модель, инженерно-геологические изыскания, КРЕДО, GEO5, трехмерная модель геологических слоев.*

Совсем недавно, 1 июля 2021 года вступил в силу, утвержденный 31 декабря 2020 года приказом Минстроя РФ СП «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». Документ распространяется на информационные модели объектов капитального строительства производственного и непроизводственного назначения и линейных объектов, размещаемых в государственной ИСОГД РФ или в региональных ГИС ОГД. При этом, согласно приведенному в п.3.1.5 данного СП определению, инженерной цифровой моделью местности является «совокупность взаимосвязанных инженерно-геодезических, инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических, инженерно-экологических данных, инженерно-геотехнических данных и данных о территории объекта капитального строительства, представленных в цифровом виде для автоматизированного решения задач управления процессами на жизненном цикле ОКС». Цифровой вид это означает не только изображение, но и наличие атрибутивных данных – характеристик объектов. Атрибутивные данные позволяют передать потребителям полную характеристику объектов системы в виде фото, видеоматериалов, результатов полевых и лабораторных описаний. Это же СП предусматривает, что требования к информационным моделям могут быть расширены в отношении конкретного объекта в Техническом задании заказчика.

Многие организации прописывают свои регламенты ведения BIM. Некоторые (в основном проектные) организуют отделы и выращивают своих BIM менеджеров и BIM проектировщиков, но вся цепочка жизненного цикла BIM от инженерных изысканий, через проектирование, строительство и эксплуатацию к сносу, консервации или реконструкции упирается в отсутствие целого звена – цифровой геологической модели.

Мне могут возразить организации, которые уже давно выпускают свои отчеты с использованием систем ГЕОЛОГ, AutoCad, nanoCAD или других надстроек над CAD системами. Они часто утверждают, что модель имеется, но это не так.

Если рассматривать понятие объемной трехмерной модели, то можно смело утверждать, что объемная трехмерная модель, не содержащая минимально необходимых свойств элементов (например, в AutoCAD или 3ds Max) не является BIM моделью.

Сейчас на рынке присутствуют целая плеяда отличных программных средств, поддерживающих BIM, но они предназначены для проектировщиков и заточены уже на решение конструкторских, инженерно-технических и архитектурных частей BIM проекта. Свои решения информационного моделирования зданий предлагают Autodesk в

виде Autodesk Revit, BIM решение Graphisoft, который входит в в Nemetschek Group в виде Graphisoft ArchiCAD и Bentley MicroStation [2].

Что касается геологических систем, то здесь ситуация печальнее. Сейчас нет полной ясности даже в том, какой должна быть эта модель.

Существует несколько работ, которые формулируют требования к таким моделям. Одни утверждают, что геотехническая модель должна занять место цифровой геологической модели. Это отличное предложение, если не брать в расчет, что для создания геотехнической модели необходимо очень быстро создать отечественный программный продукт, который такую модель будет создавать; потом обучить сотрудников всех организаций работе на этом продукте и , самое главное, внести изменения в принятую годами технологию проведения ИГИ и предоставления итоговых документов по ним в виде отчета, где в виде цифровых моделей могут выступать чертежи ИГ колонок, в виде объемной модели – разрезы по осям линейных сооружений или по нескольким сечениям для площадных. И все.

Но если мы говорим про непрерывную дискретную модель, с которой может работать проектировщик, подбирая оптимальные с точки зрения инженерные решения, то ни чертеж колонки, ни чертеж разреза не может нам предоставить такую модель.

Есть второй вариант, более близкий к сложившейся технологии проведения инженерно-геологических изысканий и менее затратный по сравнению с программами типа PLAXIS. На рынке есть предложения Civil 3D, не очень бюджетный, но знакомый изыскателям продукт, предоставляющий возможность создания трехмерной модели, которая станет последователем ЦМР от геодезистов и в свою очередь станет основанием для использования в Revit. Есть удачный вариант комплектования в организации программного комплекса CREDO, который тоже позволяет создавать геологическую модель, учитывая рельеф, созданный в ТОПОПЛАНЕ или ЛИНИЗе и далее передавать их для проектирования в ДОРОГИ или конвертацией в системы, работающие на базе AutoCAD. Отличное предложение делает GEO5, предлагаю создание модели и возможность далее решать еще несколько задач по расчету устойчивости подпорных стен и устойчивости откоса, что наиболее близко оказывается в общих интересах проектировщиков и геологов.

Разработчики всех этих систем уже сидят у своих рабочих компьютеров и готовы вносить требуемые изменения в свои системы, но пока нет общей концепции и требований к этой модели. Совсем недавно Главгосэкспертиза дала свои разъяснения по этому вопросу и вдруг оказалось, что российская BIM это совсем не как у всего мира, а особенная – необязательно трехмерная. Российская BIM это просто разрез, хорошо уже в векторном виде, и к нему текст тоже в электронном виде. И получается, что по прежнему проектировщики будут вынуждены вместо определения оптимального местоположения инженерного сооружения брать для расчета один модуль упругости и один модуль деформации и далее выполнять свои расчеты и свои 3D конструкции. Ну неужели внедрение обязательного цифрового представления данных для геологов пройдет незаметно? А это зависит от самих организаций. Итак, что же используя возможности современных программных комплексов, можно еще принести в результаты ИГ изысканий? Пользуясь затишьем, пока не принято решение о создании именно трехмерной цифровой модели, можно осваивать решение следующих задач:

- использовать данные, получаемые современными методами полевых исследований грунтов, такими как статическое, динамическое и буровое зондирование, можно постоянно дополнять непрерывную информацию о физических и механических свойствах грунтов по глубине и вносить эти характеристики в существующие программные продукты для корректировки созданной по результатам лабораторных данных модели;

- с использованием корреляционных уравнений и данных зондирования можно определять характеристики грунтов по глубине и выполнять расчет оснований будущих сооружений непосредственно в полевых условиях;

- вышеописанный подход позволит создать единый производственный процесс инженерно-геологические изыскания, геотехнических исследований и проектирование оснований сооружений.

Результатом этого единого процесса становится сокращение сроков проектирования объектов вследствие применения методов испытаний грунтов с автоматизированным контролем процесса и интерпретации данных испытаний. При этом результатом инженерно-геологических изысканий и геотехнических исследований является не только информация о свойствах грунтов, но и оценка неоднородности основания и ее влияния на поведение проектируемого строительного объекта.

Кроме того, внедрение процесса создания цифровой модели грунта позволит раскрыть возможность использования оборудования, которое широко применяется сейчас для выполнения инженерно-геодезических изысканий, а именно обработка аэро и космоснимков, применение БЛА для сбора информации, которую далее можно использовать для оперативного мониторинга динамических процессов. Применение воздушных лазерных сканеров становится уже обычным делом и существуют интересные наработки применения ГИС совместно с лазерными сканеров для создания системы мониторинга процессов оползнеобразования, но для этого нужна не только ЦМР, но и цифровая геологическая модель для отслеживания скорости и направления развития процессов во времени и пространстве [1].

Еще одним вопросом, который затрагивается при рассмотрении необходимости внедрения цифровой геологической модели является ее взаимодействие или идентичность с уже существующей и отлично закрепившейся на рынке геотехнической модели. Сейчас она представлена в большинстве случаев результатами выполнения расчетов в программном комплексе PLAXIS и позволяет геотехникам очень быстро осуществлять расчеты по подбору соответствующих мероприятий по уменьшению высоты насыпи с использованием геотекстильных материалов, проверять эффективность мелиорации грунтов, видеть линии напряжений и предлагать спектр мероприятий для строительства, что обеспечит устойчивость сооружения на долгие годы (рис.1). В большинстве случаев расчет ведется МКЭ. Есть и отечественные программные продукты, выполняющие эти расчеты (та же самая Alterra).

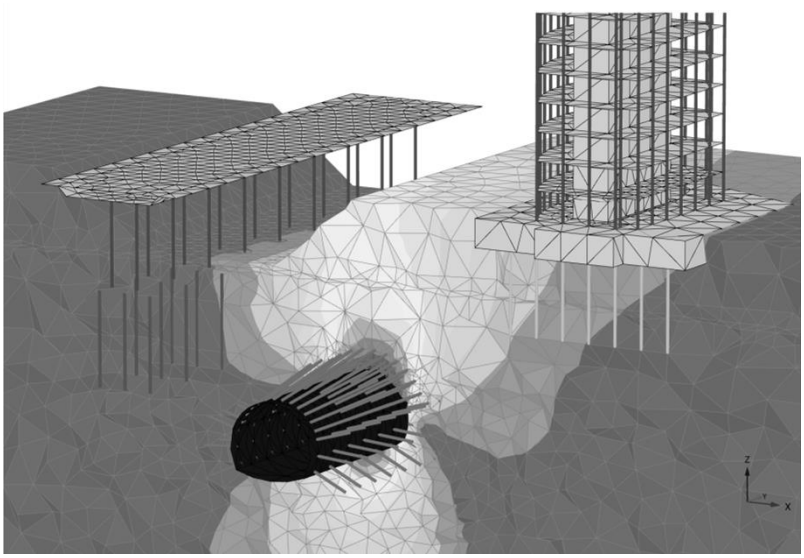


Рис. 1. Геотехническая модель

Попытки соединить геологическую модель, создаваемую геологами в результате камеральной обработки (рис.2) и при выпуске чертежей и геотехническую модель,

созданную любым привычным геотехникам методом обречена на провал так как для инженера-геолога основной целью создание модели является корректность сложения слоев, выдерживание их литологии, генезиса и других исторических и геологических, только ему понятных закономерностей, а задача геотехника – расчет. Поэтому инструменты и подход изначально разнится.

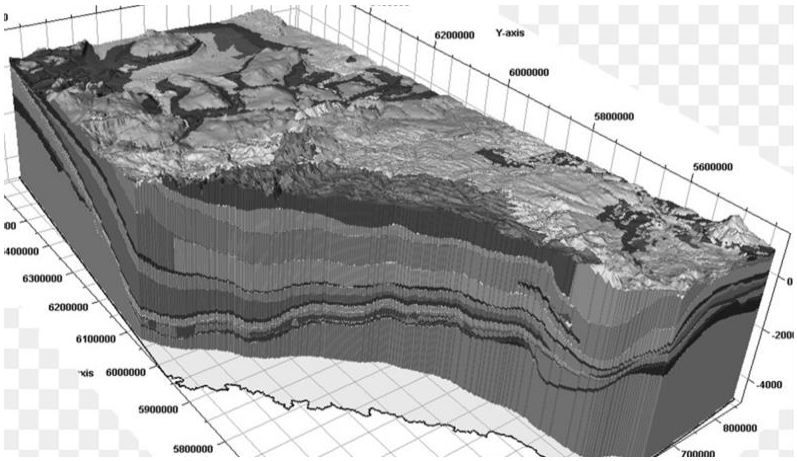


Рис. 2. Геологическая модель

Создание трехмерных цифровых геологических моделей – это давно назревшая необходимость, которая с всеобщим внедрением BIM технологий, обрела уже острую значимость [3]. Геологическая модель оказалась зажатой с двух сторон между уже существующей ЦМР геодезистов и ЦМП проектировщиков. И самым важным сейчас является дорастить проводимые инженерные изыскания до объемов, необходимых и достаточных для создания точной модели геологии участка территории строительства. При этом важно, чтоб созданная модель позволяла выполнять расчеты оснований и конвертировала необходимые участки для подбора фундаментов или инженерных решений по конструкции дорожной одежды в другие системы BIM технологий без потери данных.

Литература

1. Информационные системы в геотехнике – 3D-геотехника / *Болдырев Г.Г., Барвашов В.А., Шейнин В.И., Каширский В.И., Идрисов И.Х., Дивеев А.А.* // Геотехника. 2019. Т. XI. №2.
2. *Васин М.В.* Инженерно-геодезические изыскания в BIM. Как соответствовать требованиям заказчика // Итоги вебинара CSD от 5.10.2021 г. URL: https://www.geoinfo.ru/product/vasin-mihail-vasilevich/inzhenerno-geodezicheskie-izyskaniya-v-bim-kak-sootvetstvovat-trebovaniyam-zakazchika-itogi-vebinara-csd-45567.shtml
3. *Самосват В.В.* Трехмерная цифровая модель геологической среды как ключевой элемент BIMтехнологии и высшая ступень цифровизации строительства // ГеоИнфо. 2020 URL: https://www.geoinfo.ru/products-pdf/trekhmernaya-cifrovaya-model-geologicheskoj-sredy-kak-klyuchevoj-ehlement-bim-tekhnologii.pdf.

УДК 551.21 DOI:10.34708/GSTOU.2021.21.99.012

МЕЗОЗОЙСКИЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ СЕВЕРНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА

© Кайгородова Е.Н., Лебедев В.А.

ИГЕМ РАН, г. Москва

Обобщены имеющиеся изотопно-геохронологические данные по триас-юрским вулкано-плутоническим комплексам северного склона Большого Кавказа. Выделены основные этапы и установлена общая продолжительность (225–165 млн лет) проявленного в этом регионе мезозойского магматизма.

***Ключевые слова**: мезозойский магматизм, магматические комплексы, магматизм, Северный Кавказ.*

Полученные в последние годы результаты прецизионного U-Pb датирования цирконов из мезозойских образований Кавказского региона позволили по-новому взглянуть на вопросы, связанные со временем проявления, продолжительностью этапов и отдельных фаз юрского магматизма на северном склоне Большого Кавказа.

К мезозойской эпохе развития в различных секторах северного склона Большого Кавказа относятся магматические породы многочисленных комплексов, таких как (с запада на восток): чаталтапинский (включая вулканиты свиты Горы Индюк), гойтхский, лаурский, санчаро-кардывачский, эцерско-мулахский, домбайский, джалпакский, хасаутский, маринский, казбекский, хуламский, садонский, цейский, фиагдонский, ассинский, диндидагский и мачхалорский.

Поздний триас, хасаутский комплекс

Первые импульсы мезозойского магматизма в пределах центральной части северного склона Большого Кавказа, проявившегося в условиях формирования и развития здесь континентальной окраины, относятся к позднему триасу. Габброиды этого возраста (хасаутский комплекс), известны в пределах центральной части Бечасынской тектонической зоны. Ранее предполагалось, что интрузии хасаутского комплекса имеют докембрийский возраст; однако недавно было показано [4], что их внедрение произошло около 225–220 млн лет назад. Следует отметить, что полученные результаты могут привести к пересмотру региональных стратиграфических схем и существенной коррекции тектономагматических событий на Северном Кавказе, т.к. ранее наличие триасового магматизма на Большом Кавказе отрицалось многими известными исследователями [9, 12]. Кроме того, это обстоятельство может указывать на то, что в пределах Бечасынской зоны проявления магматизма мезозойского возраста могут иметь более существенный масштаб, а докембрийского – отсутствовать вообще.

К триасовому периоду в настоящее время некоторые исследователи [например, 13] также относят образование диоритов-гранодиоритов чучкурского комплекса, интрузии которых известны на территории Карачая (Бечасынское плато), и субвулканических тел (трахиандезиты-дациты) верхнетебердинского комплекса, распространенных на ограниченной территории в истоках р. Теберда.

Рубеж триаса–юры, цейский и садонский комплексы

На рубеже триаса и ранней юры магматическая активность на северном склоне Большого Кавказа, вероятно, проявилась на ограниченной территории и носила очаговый характер [14]. К этому периоду относится внедрение интрузивных тел гранодиоритов и даек различного состава цейского комплекса, а также формирование вулканических толщ садонской свиты, распространеных в пределах Штулу-Харесской депрессии.

Цейский комплекс представлен субвулканическими и гипабиссальными разностями пестрого состава (дайки андезитов, андези-базальтов, аплитов,

трахиандезитов, дацитов, микродиоритов; штоки и массивы гранитов и гранодиоритов). Максимальное развитие породы комплекса получили в районе Цейского ущелья в Северной Осетии, где известен одноименный массив, сложенный роговообманково-биотитовыми диоритами и гранодиоритами. Последние нередко содержат большое количество ксенолитов основных пород. Данные изотопного датирования цирконов из гранодиоритов цейского комплекса (U-Pb метод, 196.0±3.5 млн. лет; [12]) указывают на их образование в начале ранней юры.

Вулканиты, распространенные среди терригенно-осадочных образований садонской свиты в междуречье рек Садон – Фиагдон (Ардон-Ассинская зона Урухского блока Центрально-Кавказского сегмента Северного Кавказа), иногда рассматриваются как образования самостоятельного садонского комплекса [11]. Они представлены лавами, лавобрекчиями и туфами дацитового и андезитового, реже андезидацитового и трахиандезитового составов, переслаивающимися с маломощными прослоями раннеюрских гравелитов, конгломератов, песчаников и иногда линзами каменного угля [14]. Последнее обстоятельство свидетельствует о формировании вулканитов садонского комплекса, вместе с вмещающими их осадочными породами, в прибрежно-морских условиях. Следует также отметить, садонские вулканиты и обнажающиеся в этой же структурно-вещественной зоне интрузивные образования цейского комплекса, образуют единую, сложно построенную вулкано-плутоническую ассоциацию. Указанные породы имеют близкие петрохимические особенности и формировались, скорее всего, одновременно. Возраст пород садонского комплекса определяется фаунистическими находками среди вмещающих их осадочных образований – от синемюра до раннего плинсбаха [11].

Ранняя юра (синемюр-плинсбах), фиагдонский и мачхалорский комплексы

В верховьях р. Фиагдон в пределах Фиагдонской зоны Урухского блока Центрально-Кавказского сегмента развиты интрузии диабазов и габбро-долеритов, представленные преимущественно субвулканической фацией, а также покровы базальтоидов. Они объединены в фиагдонский магматический комплекс [14]. Базальтоиды фиагдонского комплекса в виде отдельных горизонтов залегают в составе дзамарашской и циклаурской свит нижней юры и слагают практически полный объем бугультинской свиты того же возраста [2].

Ранее образования фиагдонского комплекса включали в состав казбекского дайкового диабазового пояса, который описан в работах Ф.Ю. Левинсон-Лессинга, Д.С. Белянкина, Л.А. Варданянца и других исследователей. Однако, геологический возраст этого комплекса, определенный по фаунистическим остаткам во вмещающих толщах циклаурской свиты, соответствует синемюру–нижнему плинсбаху [1]. Результаты $^{40}Ar/^{39}Ar$ датирования плагиоклаза из толеитовых базальтов (196±4 млн лет), указывает на их образование в плинсбахском веке [19].

Вулканиты, распространенные на территории восточного сегмента Большого Кавказа (Дагестан) отнесены к мачхалорскому вулканическому комплексу, представленному покровными и субвулканическими фациями натриевых базальтов и их туфов [15]. Наибольшее количество покровов лав отмечается в восточной части зоны, здесь они характеризуются подушечной отдельностью и миндалекаменными текстурами. Широко распространены также силлы и дайки долеритов и габбро-долеритов. Вулканиты данного комплекса концентрируются в пределах двух ареалов [7] – Боцкальского (Мачхалорского) и Диндидагского, тяготея к поперечным глубинным разломам. Возраст пород комплекса основывается на косвенных данных. Для гальки вулканогенных пород из внутриформационных конгломератов тоарского возраста Восточного Кавказа K-Ar методом получены значения 180±15 млн лет [15]. Скорее всего, мачхалорский комплекс является латеральным возрастным аналогом фиагдонского комплекса, а его возраст также условно можно принять плинсбахским.

Средняя юра (тоар-аален), маринский комплекс

Маринский вулканический комплекс натриевых дацитов-андезитов выделен в бассейнах рек Кубань, Теберда, Мара, Подкумок, Эшкакон и Хасаут (Бечасынская

тектоническая зона). В составе маринского комплекса выделены покровная и субвулканическая фации. Субвулканическая фация представлена дайками, силлами, штоками, лакколитами, дацитов, андезитов, гранит-порфиров, диорит-порфиритов, кварцевых диорит-порфиритов. Раннеюрский возраст этих интрузий не вызывает сомнений, поскольку они прорывают отложения плинсбаха и перекрыты песчаниками и известняками аалена [13].

Первые K–Ar-датировки валовых проб дацитов и долеритов маринского комплекса демонстрировали существенный разброс значений – от 205 до 187 млн лет [1]. Позднее, датировки, полученные для андезитов и дацитов маринского комплекса $^{40}Ar/^{39}Ar$ методом [18], позволили установить довольно широкий диапазон формирования этих пород от 190±6 до 178±10 млн лет. Согласно Международной геохронологической шкале [17], этот временной интервал соответствует плинсбаху-тоару, что хорошо согласуется со стратиграфическим положением пород рассматриваемой серии. Соответственно, временной разрыв между проявлениями триасового и юрского магматизма в Бечасынской зоне Большого Кавказа может составлять около 20–30 млн лет, что позволяет рассматривать эти два события в качестве отдельных этапов мезозойской магматической активности.

Общие геохимические эволюционные тренды для пород маринского комплекса различного состава по данным [16] от базальтов и андезибазальтов до кислых его членов, свидетельствуют об их принадлежности к производным единого магматического очага. Формирование пород комплекса происходило в условиях активной континентальной окраины. По своим петрографическим и петролого-геохимическим характеристикам породы маринского комплекса отличаются от близких к ним по времени образования вулканогенных комплексов, развитых восточнее (фиагдонского – в пределах Урухского сегмента Центрального Кавказа и мачхалорского – в Дагестане), что обусловлено различной историей развития поперечных по отношению к северо-западному общекавказскому направлению блоков и сегментов Северного Кавказа.

Средняя юра (байос), дайковый пояс: чаталтапинский, лаурский, домбайский, казбекский, ассинскийи диндидагский комплексы

Постааленские дайки основного состава, распространенные севернее Главного Кавказского разлома в настоящее время выделяются как дайковый пояс Большого Кавказа (ДПБК). В работе [8] он назван Лаурско-Казбекско-Кахетинским латеральным рядом дайковых комплексов. Ареал их распространения располагается в высокогорной части Главного Кавказского хребта и прослеживается в виде полосы шириной до 20 км от истоков рек Пшехи и Белая на западе, до рек Ахтычай и Усухчай на востоке. Некоторые авторы предполагают [3], что ДПБК маркирует собой среднеюрскую структуру растяжения, возникшую в тыловой зоне активной континентальной окраины в период «байосского максимума» тектоно-магматической активизации. Тем не менее, природа среднеюрского основного магматизма по-прежнему остается предметом дискуссий.

Образования ДПБК, в зависимости от района их локализации на северном склоне Большого Кавказа, отнесены к нескольким магматическим комплексам (с запада на восток: чаталтапинскому (включая его эффузивный аналог – свиту Горы Индюк в районе Туапсе), лаурскому (в верховьях реки Мзымта и ее притоков), домбайскому (в горной части Карачая), казбекскому (в зоне Бокового хребта от Эльбруса до Казбека), ассинскому (в пределах горной части Игушетии) и диндидагскому (в Дагестане). Породы всех этих комплексов представлены преимущественно габброидами и диабазами. Наиболее вероятным возрастом даек Ломизе М.Г. и Суханов М.К. [10] считают среднеюрский (байос–бат). Однако, по мнению этих авторов, дайки, возможно, относятся не к одной, а к нескольким фазам внедрения в пределах этого интервала времени. По своему химическому составу долериты ДПБК преимущественно соответствуют толеитовым базальтам. Конкретно, породы близки континентальному типу толеитов, но в них меньше калия и кремнезема, повышена глиноземистость, Однородность состава пород и низкая степень дифференциации исходного расплава

указывают на быстрый подъем магмы к поверхности. Отчетливо выражен толеитовый тренд дифференциации с накоплением железа на ранних стадиях процесса, что отражает «сухость» толеит-базальтовых магм и служит еще одним свидетельством их быстрого подъема без существенного взаимодействия с богатыми водой породами верхней коры [10].

Средняя юра (байос-бат), хуламский и джалпакский комплексы

Небольшие и относительно кратковременные проявления умеренно-щелочного вулканизма известны на Северном Кавказе в средней юре [9, 10]. Они расположены севернее ареала ДПБК – в Чегемо-Черекской вулканической области (хуламский комплекс), а также в бассейне Кубани в долине реки Даут (джалпакский комплекс). Эти совсем небольшие по площади очаги вулканизма, которые, вероятно, сформировались после окончания мезозойской субдукции в тыловой зоне бывшей континентальной окраины.

Недавно полученные нами [6] для цирконов из риолитов и трахитов хуламского комплекса U-Pb датировки (167±4 млн лет и 167±3 млн лет, соответственно) свидетельствуют о близком времени формирования кислых и умеренно-кислых магматических образований, определяя вероятный диапазон их образования как байос–келловей. K-Ar датирование мономинеральной фракции флогопита из габброидов долины р. Кардан подтвердило среднеюрский возраст и для основных пород хуламского комплекса [6].

К джалпакскому комплексу отнесены магматические образования, обнажающиеся в левом борту р. Даут, в 3 км выше устья. Здесь известно несколько тел правильной округлой формы. Породы комплекса представлены трахиандезитами и трахириодацитами, прорывающими вулканиты маринского комплекса.

Для пород хуламского и джалпакского комплексов характерна повышенная щелочность и редкоземельная рудная специализация.

Средняя юра (бат) зона Главного Кавказского разлома, гойтхский комплекс, санчаро-кардывачский комплекс, эцерско-мулахский комплекс

На завершающем этапе мезозойского тектоно-магматического цикла произошло внедрение гранитоидов в западной части Главного хребта в зоне Главного Кавказского разлома. В Северной Сванетии интрузии эцерско-мулахского комплекса (Эцерский массив и Мулахская группа интрузий), в пограничной зоне России и Абхазии санчаро-кардывачского комплекса и на территории Краснодарского края гойтхского комплекса «залечивают» это крупнейшее в регионе тектоническое нарушение [9]. Ранее полученные значения K-Ar возраста для пород данных комплексов соответствуют диапазону 170–165 млн лет [5].

Выводы: мезозойский тектоно-магматический цикл охватывает период в 50 млн лет (от 220 до 170–160 млн лет назад) от норийского века позднего триаса до батского яруса средней юры, он представлен магматическими комплексами, образовавшимися на окраинной части Скифской плиты в различных геодинамических обстановках от активной континентальной окраины (вулканиты типа MORB) до постколлизионных проявлений умеренно-щелочного магматизма (вулканиты типа E-MORB).

Литература

1. *Борсук А.М.* Мезозойские и кайнозойские магматические формации Большого Кавказа. М.: Наука, 1979. 299 с.
2. Фиагдонский эффузивно-силловый комплекс (республика Северная Осетия-Алания, Россия): геохимия, геодинамическая обстановка формирования, проблема рудоносности / *Газеев В.М., Гурбанов А.Г., Гольцман Ю.В., Олейникова Т.И., Энна Н.Л., Письменный А.Н.* // Вестник Владикавказского научного центра. 2014. Т. 14. № 2. С. 21-34.
3. *Газеев В.М., Гурбанов А.Г, Кондрашов И.А*. Основные породы среднеюрского задугового дайкового пояса Большого Кавказа (геохимия, вопросы петрогенезиса и геодинамическая типизация) // Геология и геофизика Юга России. 2018. Т. 8. № 2. С. 16-29.
4. Новые данные о проявлении мезозойского магматизма в Бечасынской зоне Большого Кавказа

и оценка возраста регионального метаморфизма / *Герасимов В.Ю., Гаранин В.К., Письменный А.Н, Энна Н.Л.* // Вестник Московского университета. Серия геология. 2015. № 4. С. 62–73.

5. *Дудаури О.З.* Петрология мезозойских интрузивных комплексов Грузии. Автореферат диссертации доктора геол.-мин. наук. Тбилиси. 2003. 77 с.
6. *Кайгородова Е.Н., Лебедев В.А.* Возраст, петролого-геохимические характеристики и происхождение магматических пород среднеюрского хуламского вулкано-плутонического комплекса (Северный Кавказ) // Вулканология и сейсмология. 2022. В печати.
7. *Курбанов М.М., Кривошеев В.Г. и др.* Оценка ресурсного потенциала благородных и цветных металлов терригенных и вулканогенно-терригенных комплексов Горного Дагестана. Севкавгеология. 2010.
8. *Лаврищев В. А., Шейков А. А., Андреев В. М., Семенов В. М. и др.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Скифская. Лист K-37 (Сочи), K-38 (Махачкала), K-39. Объяснительная записка. СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. 431 с.
9. Большой Кавказ в Альпийскую эпоху / *Леонов Ю.Г., Демина Л.И., Копп М.Л., Короновский Н.В., Леонов М.Г., Ломизе М.Г., Панов Д.И., Сомин М.Л., Тучкова М.И.* М.: ГЕОС, 2007. 368 с.
10. *Ломизе М.Г., Суханов М.К.* Дайковый пояс Большого Кавказа: среднеюрская задуговая структура? // Бюл. Моск. общества испытателей природы. Отд. геол. 2006. Т. 81. Вып. 6. С. 9-15.
11. *Ольховский Т.П., Тибилов С.М.* Составление специализированной геологической основы масштаба 1:50000 для прогнозно-металлогенической карты Горной Осетии Владикавказ. 1998. 578 с.
12. *Письменный А.Н., Терещенко В.В., Перфильев В.А. и др.* Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Издание второе. Серия Кавказская. Лист K-38-VIII, XIV (Советское). Объяснительная записка. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2002. 190 с.
13. *Потапенко Ю.Я.* Геология Карачаево-Черкессии. Карачаевск: Изд-во КЧГУ, 2004. 154 с.
14. *Снежко В.А., Шарпенок Л.Н.* Мезозойские вулканиты восточной части Центрального Кавказа и их петрохимические особенности // Вулканизм и геодинамика: Материалы IV Всерос. симп. по вулканологии и палеовулканологии. Т. 2. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2009. С. 520-523.
15. *Снежко В.А*. Некоторые петрохимические особенности ранне-среднеюрских базальтоидов востока Центрального Кавказа и Восточного Кавказа как основа для районирования // Вулканизм и геодинамика: Материалы V Всерос. симп. по вулканологии и палеовулканологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2011. С. 172-175.
16. *Снежко В.А*. Специфика вещественного состава и условия формирования пород раннеюрского маринского вулканического комплекса (Северный Кавказ) // Региональная геология и металлогения. 2015. № 61. С. 27-34.
17. Cohen K.M., Finney S.C., Gibbard P.L., Fan J.-X. The ICS International Chronostratigraphic Chart // Episodes. 2013. V. 36. Pp. 199-204. (updated in 2020).
18. Hess J.C., Aretz J., Gurbanov A.G., Emmermann R., Lippolt H.J. Subduction-related Jurassic andesites in the Northern Great Caucasus // Geol. Rundsch. 1995. Vol. 84. Pp. 319-333.
19. Pohl J.R., Hess J.C., Gurbanov A.G. Jurassischer Ozeanboden – Tholeiite im Groben Kaukasus (UdSSR) – Hinweis auf einen bislang unbekannten ophielith – complex // Beih. Europ. J. Miner. 1990. Vol. 2. P. 201.

УДК 569(470.62/.67) DOI:10.34708/GSTOU.2021.13.67.013

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ В ПЕРИОД ОБИТАНИЯ ГИППАРИОНОВОЙ ФАУНЫ

© Калмыков Н.П.

ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону

На основе анализа гиппарионовой фауны и палинокомплексов, особенностей в накоплении свит, включающих окаменелости гиппарионов и его спутников, дается геоэкологическая обстановка Западного Предкавказья в позднем миоцене. Последовательные изменения природной среды, сопровождающиеся похолоданием климата, привели к распаду тургайской флоры и вымиранию трехпалых лошадей. Трансформация этой фауны в Азово-Кубанском прогибе была сопряжена с преобразованием лесной составляющей растительного покрова, отступлением лесов к югу, выпадением из них типичных для более ранних эпох форм, появлением открытых ландшафтов и сокращением пространства между лесом и степью. Показано, что степень геологической изученности региона не дает оснований не только для обозначения времен вымирания гиппарионовой фауны, но и однозначных причин, повлекших это событие.

Ключевые слова: *поздний миоцен, сармат, мэотис, понт, плиоцен, ископаемые млекопитающие, фауна, Hipparion, Chilotherium, Gazella, Procapreolus, Западное Предкавказье.*

Миоценовая эпоха – эпоха распространения анхитериевой и гиппарионовой фаун, последняя представляла фаунистический комплекс вымерших млекопитающих, населявших примерно 12-2.6 миллиона лет назад (поздний миоцен и плиоцен) не только Евразию (до 52 с.ш.), но и Северную Африку, Северную Америку. В Европе и Азии появление этой фауны связывают с начавшимся в середине миоцена формированием лесостепей и степей, схожих с современными африканскими саваннами. Существование как лесных, так и открытых ландшафтов значительно увеличило число ниш, которые могли занимать растительноядные млекопитающие, консументы первого порядка. С ними, в свою очередь, были связаны не менее разнообразные консументы второго порядка, хищные млекопитающие, составляющие те или иные звенья в пищевых цепях экосистем. В позднем миоцене гиппарионовая фауна пришла на смену лесной анхитериевой фауне среднего миоцена Евразии. В ее состав входили различные формы насекомоядных, приматов, грызунов, хищных, хоботных, непарнопалых, парнокопытных, ее основным отличием было присутствие трехпалых лошадей – гиппарионов, определявшие название этой фауны. Геоэкологическая обстановка на той или иной территории обуславливала на каком-либо временном срезе эволюции биоценотического покрова ее таксономический состав, который был присущ только ей, и только ей.

На территории Российской Федерации самое крупное захоронение поздних гиппарионов и его спутников является местонахождение Удунга в Западном Забайкалье, из которого определены и большей частью описаны млекопитающие из отрядов Insectivora, Primates, Lagomorpha, Rodentia, Carnivora, Proboscidea, Hyracoidea, Perissodactyla, Artiodactyla [6]. На сопредельной территории не менее крупные местонахождения окаменелостей млекопитающих гиппарионовой фауны известны в Китае, Монголии, Казахстане, Грузии, на Украине. Фоссилии этих млекопитающих встречаются в верхнемиоценовых отложениях Крыма, Западного Предкавказья, Северного Приазовья, Тувы, в нижне- и верхнеплиоценовых отложениях юга Восточной Сибири. Единичные находки остатков гиппарионов и его спутников в аллювиальных отложениях, как Нижнего Дона, так и Ставропольской возвышенности, в больше степени говорят о возможном их присутствии на данных территориях, чем о времени их обитании. На юге Восточной Европы их окаменелости чаще всего приурочены к

верхнемиоценовым отложениям Западного Предкавказья, о которых и пойдет речь ниже. Они так малочисленны и не информативны, что не предоставляют никакой возможности выявить более или менее полный таксономический состав фауны, обитавшей в конце миоценовой эпохи.

Исходя из геологической изученности Азово-Кубанского прогиба, в конце неогенового периода (сармат – понт) продолжалось преобразования в рельефе и биоты, шло накопление верхнемиоценовых отложений, отличающихся «ритмичным» строением [8]. Как правило, почти все осадочные комплексы этого времени начинаются с грубообломочных и завершаются тонкозернистыми отложениями, которые сносились с северных и северо-восточных склонов Западного Кавказа, при этом доля грубообломочного материала вверх по разрезу уменьшалась. Подобное накопление обычно связывают с изменениями в природной обстановке и деятельности тех или иных экзогенных и эндогенных процессов. Анализ древних эрозионно-денудационных форм рельефа показал [7], что в Западном Предкавказье, как и в горных районах Западного Кавказа, имело место чередование относительно плоских поверхностей и резко расчлененных участков рельефа. При этом формирование выровненных поверхностей в горах совпадало во времени с накоплением преимущественно тонкозернистых осадков в прогибе, периоды резкого усиления размыва и образования крутых склонов в горах, в свою очередь, соответствовали эпохам накопления более грубообломочных толщ в прогибе. Это чередование создавало характерный для Западного Кавказа ступенчатый рельеф и, несомненно, отражало участие тех или иных рельефообразующих процессов, обусловленных тектоническими движениями Большого Кавказа.

В области Большого Кавказа периоды интенсивных движений, поднятий и энергичного размыва чередовались с этапами слабых движений, прекращения горообразования, аккумуляции тонкозернистых осадков, выравнивания рельефа. Со среднего сармата до конца понта на фоне оживления орогенических движений в Западном Предкавказье происходило изменение конфигурации морского бассейна и накопление комплексов грубообломочных пород. Они лежат в основании армавирской свиты, где и были обнаружены первые окаменелости млекопитающих гиппарионовой фауны [8]. По литологии обнажений близ пос. Фортштадт и ст. Прочноокопской эта свита разделяется на две части – нижнюю, состоящую в основном из песков и глинистых прослоев [5], и верхнюю, сложенную глинами разнообразных оттенков. В ее кровли залегают песчанистые кирпично-красные глины, которые подтверждают предположения Н.А. Лебедевой [8] о ритмичности осадконакопления. Остатки млекопитающих, обнаруженные в слое «Г» фортштадтского разреза, в основном принадлежали гиппарионам и носорогам. По имеющимся остаткам видовую принадлежность гиппариона в то время определить не удалось, однако в результате сравнительного анализа было выяснено [1], что фортштадтский гиппарион ближе всего стоит к *Hipparion moldavicum* Grom. из мэотических отложений Молдавии и юга Украины и *Hipparion eldaricum* Cabunia из верхнего сармата Закавказья. Архаические черты фортштадтского гиппариона, не позволившие отожествить его с гиппарионами среднего и позднего плиоцена, послужили основанием предполагать [9], что накопление пород армавирской свиты, вмещающих фауну, происходило «не моложе верхнего сармата — меотиса (возможно, в верхних частях понта)». Намного позже в результате дополнительных раскопок были получены новые материалы по крупными мелким млекопитающим [15], которые расширили состав фауны Форштадта (Армавира) за счет насекомоядных, зайцеобразных и грызунов: *Amblycoptus oligodon* Kormos, *Prolagus* sp., *Pseudocricetus* cf. *Orienteuropeus* Topachevski et Scorik, Felidae gen., *Chilotherium* cf. *schlosseri* Weber, Rhinocerotidae gen., cf. *Cremohipparion* sp., *Hippotherium* sp., *Gazella* cf. *pilgrim* Bohlin, *Procapreolus* sp., *Miotragocerus* sp., а также Suidae и Giraffidae, которые в прежних списках значились как cf. *Microstonyx*, cf. *Samotherium* [10]. По мнению А.С. Тесакова и других [15], так называемый эволюционный уровень ануросорицидной землеройки *Amblycoptus* близок уровню *A. oligodon* из среднетуролийских фаун Венгрии. Хомяки *Pseudocricetus*, сходные с крицетинами из мэотических и понтических

отложений Украины, предопределили время из обитания в пределах среднего – позднего туролия. В этой связи фауну из Форштадта они рекомендуют соотносить со средним туролием (MN 12) и серединой мэотиса. Этот вывод является дополнительным штрихом к тому, что фауна из этого местонахождения до сих пор остается не изученной в той мере, чтобы можно было определенно говорить об истинном времени накопления осадков армавирской свиты, содержащих окаменелости фауны гиппарионов. Присутствие таксонов с открытой номенклатурой и определенных только до семейства свидетельствует либо о фрагментарности или незначительности остеологического материала (на это указывала еще Л.И. Алексеева [1]), либо об отсутствии характерных диагностических признаков. Все это не способствует ни выявлению их реального разнообразия в конце миоцена, ни обоснованию реального возраста отложений, в которых они найдены. Об этом говорит и отнесение фоссилий к тому или иному таксону, например, остатки трехпалой лошади вначале были определены как *Hipparion* sp. [1], затем фоссилии этой лошади из того же самого местонахождения были отнесены к cf. *Cremohipparion* sp. [15]. Подобные экзерсисы в определении таксономического статуса окаменелости никак не способствуют выявлению истинного состава фауны млекопитающих, и как следствие их экологических особенностей, действительного стратиграфического и географического распространения, реальной синергетики с окружающей средой. Приводимые списки фауны в большей степени показывают уровень наших знаний, чем истинное разнообразии териофауны на том или ином временном срезе эволюции биоты.

Рис. 1. Млекопитающие из позднего миоцена Западного Предкавказья
1 – Gazella cf. *pilgrim, 2 – Mammut* cf. *borsoni, 3 – Prolagus* sp., *4 – Procapreolus* sp., *5 – Chilotherium* cf. *schlosseri, 6 – Hipparion* cf. *Cremohipparion* sp., *7 – Deinotherium* sp.

Общеизвестно, что на любом этапе существования гиппарионовой фауны растительный покров на всем ее огромном ареале не был однородным, тем более ее эволюция в различных областях распространения была неодинаковой [4]. В настоящее время сведения о флоре Западного Предкавказья, как внутриконтинентальной области, в позднем миоцене во время обитания гиппарионов и его спутников настоль скудны, что не дают возможности раскрыть ее особенности. Исходя из общепринятой характеристики гиппарионовой фауны, как фауны открытых ландшафтов, растительность в эпоху ее существования представляется в виде обширных и довольно разнообразных по составу и внешнему облику травянистых равнин. Они, несомненно, были более облесенными, чем нынешние степи, по берегам рек, в оврагах, балках, горах

сохранялись мезофильные леса. Все это указывает на то, что растительный покров состоял из интразональных сообществ. Такого типа растительность формировалась как из форм умеренной лесной флоры, приспособившихся к условиям безлесной зоны, так и из тропических и субтропической форм южного обрамления бывшего Восточного Паратетиса. По всей видимости, трансформация лесной флоры Западного Предкавказья в безлесную представляла очень длительный и сложный процесс взаимодействия характерных только для него природных условий, т.е. в своей основе он был автохтонным. Несомненно, безлесная флора находилась во взаимодействии с сопредельными флорами, включая в себя или отторгая от себя их отдельные формы в периоды климатических перемен (о них говорит и «ритмичность» в накоплении осадков свит), она также видоизменялась при завоевании новых участков суши, освобождавшихся из-под вод моря.

Эволюция гиппарионовой фауны Западного Предкавказья, как и в других частях своего ареала, протекала под воздействием изменений в окружающей ее среде, в значительной мере растительного покрова. Он, в свою очередь, был связан с историей морских бассейнов – реликтов Восточного Паратетиса. В свою очередь, териофауна, несомненно, зависела от тенденций в развитии флоры, состав которой обуславливал разнообразие растительноядных млекопитающих. Имеющиеся данные говорят о том, что в позднем миоцене век от века геоэкологическая обстановка постепенно преображалась, площади, занятые морем, сокращались, а суша увеличивалась, открытые пространства расширялись, климат становился суше и прохладнее.

Изученные позднесарматские флоры долины реки Кубань воспроизводят в Азово-Кубанском прогибе широколиственные леса из *Fagus, Castanea, Carpinus, Platanus*, включавшие также древние арктотретичные роды *Ginkgo, Cercidiphyllum, Liquidambar* и *Pterocarya, Zelkova, Parrotia*, сохранившиеся в рефугиумах Кавказа до современности [4]. Этот сложившийся флористический комплекс уже почти не включал таксодиевые, несмотря, что в нем сохранялось немалое число арктотретичных листопадных родов, представленных практически или современными видами, или территориально близкими. На Таманском п-ове наряду с древесной растительностью, в которой усилилась доля *Carya, Juglans, Carpinus, Quercus, Fagus, Liquidambar*, доминировали травянисто-кустарничковые таксоны из семейств Chenopodiaceae, Asteraceae, Ericaceae [11]. Несколько позже на полуострове преобладала *Pinus*, субдоминантами были Taxodiaceae и *Ulmus*. Их сопровождали подокарпус, граб, гикори и орех, травяной покров состоял из Chenopodiaceae и Asteraceae. В конце сармата доминировала *Pinus*, субдоминатами были вяз и маревые, сократились таксодиевые, редкими были *Tsuga, Sciadopitys, Abies, Cedrus*. Им сопутствовали лещина, гикори, орех, бук, дуб. Климат в позднем миоцене еще больше дифференцировался в результате возрастания межширотных термических контрастов и усложнения рельефа Западного Кавказа и его предгорий, оказывавшего влияние на распределение осадков. Он оставался теплым, близким к субтропическому, однако дальнейшее похолодание привело к более широкому расселению тургайской флоры, которая к началу плиоцена полностью заселили Русскую равнину [17]. Об этом говорят и данные Е.С. Разумковой [11], которая считает, что с конца среднего сармата климат становился суше, появляются открытые ландшафты, занятые Chenopodiaceae, Asteraceae, Poaceae. В позднем сармате продолжали оставаться открытые пространства, лесная составляющая растительного покрова состояла из сосновых и смешанных широколиственных лесов, представленных вязом, гикори, дуба, граба, однако доля таксодиевых сократилась. По ее мнению, с позднего сармата до раннего киммерия имело место частое чередование фаз влажного и более сухого климата. Оно нашло отражение не только в неоднократной смене лесных и лесостепных ландшафтов, но и ритмичности в накоплении осадков армавирской свиты.

Поднятия, происходившие в среднем, верхнем сармате и мэотисе, сменялись затуханием тектонических движений, выравниванием рельефа, наступлением трансгрессии Понтического моря. По мнению Е.В. Белуженко [3], песчаный состав отложений низов армавирской свиты и почти полное отсутствие грубообломочных

галечников, что противоречит наблюдениям Н.А. Лебедевой, говорят о том, что на западе Большого Кавказа эти движения не были столь интенсивными, а созданный ими рельеф не отличался большими высотами. На южной окраине Азово-Кубанского прогиба отложения в мелководных морских и континентальных фациях верхнего сармата и меотиса в отличие от понтических были более грубообломочными. Их формирование на обширной площади Северного Кавказа происходило в период оживления тектонической активности, после их затухания наступила повсеместная трансгрессия Понтического моря. Не исключено, что в это время происходила общая нивелировка рельефа и формирование поверхностей выравнивания, как аккумулятивных, так и аккумулятивно-денудационных. Реки, истоки которых находились на северных склонах Большого Кавказа, выносили огромное количество обломочного материала в Азово-Кубанский прогиб и формировали постоянно мигрирующие русла. Транзитивный материал не локализовался на какой-то отдельной площади прогиба и не был источником для формирования мощных толщ, так как он сосредотачивался на всем пространстве между оставшимися реликтами Восточного Паратетиса и предгорьями Западного Кавказа.

Важным геологическим событием в позднем миоцене считается перерыв в накоплении континентальных отложений между верхним сарматом и нижним меотисом в полосе развития миоцен-плиоценовых отложений [5], отмеченный в залегании армавирской свиты в верхнем течении реки Кубань. Эта свита, лежащая на размытых морских верхнесарматских отложениях, как уже упоминалось, представлена пестроцветной континентальной толщей песков и глин мощностью до 50-60 м, которые включают остатки териофауны [8]. Она схожа с гиппарионовой фауной из аллювиальных отложений балтской свиты в бассейнах Днестра и Южного Буга. Перерыв в осадконакоплении, как считает Ю.И. Иноземцев с соавторами [5], был вызван большим, порядка первых сотен метров, снижением уровня Азово-Черноморского бассейна в позднесарматское время, переуглублением речных долин на шельфе и верхней части континентального склона, заполнением их аллювиальными осадками в раннем мэотисе. Эти данные, по их мнению, не получили надлежащего освещения в литературе и не привлекаются для решения вопроса о возрасте наиболее глубоких врезов речных долин Азово-Черноморского бассейна.

В это же время, на границе сармата и мэотиса (поздний тортон, MN 11), в Азово-Кубанском прогибе (местонахождение Майкоп 1, левый берег р. Белая, юго-западная окраина г. Майкоп) накапливались отложения верхней подсвиты блиновской свиты сарматского яруса. Они представлены переслаивающимися песками и алевритами с прослоями глин и содержащие остатки, как наземных, так и морских животных [2, 13]. Реже встречались маломощные прослои известняков-ракушечников, гравелитов и конгломератов. Ее мощность достигает 180 м, из нижней части были определены среднесарматские *Plicatiforma fittoni*, *Obsoletiforma michailowi*, *Mactra fabreana*, из верхней – позднесарматские *Mactra caspia*, *M. bulgarica*, которые указывали на возраст свиты: конец среднего – поздний сармат [3]. Местонахождение Майкоп 1 является одним из наиболее известным захоронением морских и наземных млекопитающих позднего миоцена [13], включающих остатки китообразных и гиппарионов (*Cormohipparion* sp.). Помимо них, был обнаружен изолированный зуб дейнотерия (*Deinotherium* sp.) из специализированной группы хоботных, обитавших в Евразии со среднего миоцена до начала плиоцена и в Африке – до среднего плейстоцена. На юге Русской равнины и Ставропольской возвышенности дейнотерии известны из раннего плиоцена, на сопредельной территории (Украина) – из позднего миоцена – раннего плиоцена. На левом берегу реки Фортепьянка (левый приток р. Белая) в интервале верхний сармат–граница сармата и мэотиса (поздний миоцен), накапливались отложения, описанные в трех местонахождениях, сводный разрез которых включает 26 слоев. содержащие окаменелости различных таксонов. Это были рыбы, черепахи, птицы, млекопитающие, как наземные (Rodentia, Perissodactyla, Artiodactyla). так и морские (Pennipedia, Cetaceae) [12]. Из лошадиных были определены две формы *Cormohipparion*,

которые впоследствии уже были определены как *Hipparion* cf. *moldavicum* Gromova, 1952 и *Hipparion* aff. *gromovae* Gabunia, 1959 [18].

С отложениями понтического региояруса связывают фауну из захоронения восточнее г. Солнечнодольск (правый берег р. Егорлык) [16] на западе Ставропольской возвышенности, приуроченного к толще озерно-аллювиальных песков и алевритов, врезанных в морские отложения среднего сармата. В ее состав входили *Blarinella* sp., *Asoriculus gibberodon*, *Amblycoptus* cf. *jessiae*, ?Talpidae gen., *Prolagus* ex gr. *michauxi-sorbini*, *Hypolagus* cf. *igromovi*, *Nannospalax* cf. *macoveii*, *Spermophilinus turolensis*, *Tamias* sp., *Micromys* sp., *Apodemus* sp., *Pseudocricetus* sp., *Kowalskia* sp., Felidae gen., *Hipparion* cf. *Cremohipparion* sp., Rhinocerotidae gen., Cervidae gen., Cervidae gen. (мелкая форма), Tragocerini gen., *Gazella* sp. Рептилии были представлены пресноводными (*Sakya* sp., Geoemydidae gen. et sp. indet.) и сухопутными (Testudinidae gen. et sp. indet.) черепахами, малакофауна – наземными (*Parmacella* sp., *Limax* sp.) и пресноводными (*Bithynia* sp., *Valvata* (?) sp.) моллюсками. Предполагается, что многочисленные *Acteocina* spp. и отдельные фрагменты костей тюленей переотложены из подстилающих отложений среднего сармата. Экологический облик фауны позволил А.С. Тесакову с соавторами [16, 18] полагать, что в пору их обитания были развиты «саванно-степные ландшафты с присутствием околоводных и лесных местообитаний». Так называемый «эволюционный уровень мышей, землероек, зайцеобразных, гиппарионов и других млекопитающих» дал основание отнести эту фауну «к позднему миоцену, позднему туролию, биохронологической зоне млекопитающих неогена Европы MN 13 и на первых порах сопоставлять ее с понтическим региоярусом Восточного Паратетиса».

В Западном Предкавказье области накопления молассовых толщ, как уже отмечалось, определены геологическим строением и напрямую связаны с тектоническими структурами Западного Кавказа, чем интенсивнее были поднятия в горной части, тем более грубые и мощные отложения накапливались в смежных с ними предгорных областях. С одной стороны считается [3], что в них «*изредка встречаются фаунистические остатки*», позволяющие определять условия образования, а иногда и возраст, с другой стороны, широко развиты стандартные региоярусы, «*хорошо охарактеризованные фаунистически*», что находится в явном противоречии. Континентальный, преимущественно аллювиальный, генезис отложений указывает на то, что все местонахождения гиппарионовой фауны в Азово-кубанском прогибе не являются автохтонными ориктоценозами, окаменелости переотложены в результате глубинной и боковой эрозии реки, что подтверждают и фоссилии китообразных, залегающие в тех же самых осадках. Как отмечает Е.В. Белуженко [3], отслеживание и картирование реальных геологических тел проводилось по литологическим признакам и стратиграфическому положению отложений в разрезах, так как находки фауны в них редки и неоднозначны, обоснование их возраста в этой связи остается одной из главных проблем.

Анализ имеющих данных о гиппарионовой фауне и палинологических комплексах, особенностях в накоплении свит, включающих окаменелости гиппарионов и его спутников, позволяет обрисовать только в общем плане геоэкологическую обстановку Западного Предкавказья в позднем миоцене. Она обитала в период медленного понятия Большого Кавказа, имевшего разный характер, что нашло отражение в ритмичности осадконакопления и литологическом составе свит, содержащих их остатки. Они связаны в основном с аллювиальными отложениями, которые образуют, как правило, аллохтонные ориктоценозы. Изменения в природной среде, сопровождающиеся похолоданием климата, не носили катастрофического характера, однако привели к распаду тургайской флоры и вымиранию трехпалых лошадей, точное время этого события невозможно определить. Постепенная трансформация лесов, их отступление их к югу, продолжающееся выпадение широколиственных форм, типичных для более ранних эпох, расширение открытых пространств за счет отступления морских бассейнов, сокращавших промежуточный экотон – лесостепи, оказывали непосредственное влияние на состав гиппарионовой

фауны. Последние ее представители продолжали обитать в Азово-Кубанском прогибе в плиоценовой эпохе, где их находки чрезвычайно редки, а окаменелости не информативны и зачастую не стратифицированы. Степень геологической изученности региона пока не позволяет не только установить время вымирания гиппарионовой фауны, но и обозначить очевидные причины, приведшие к этому событию.

Литература

1. *Алексеева Л.И.* Значение фауны млекопитающих армавирской свиты для стратиграфии континентальных толщ Северного Кавказа // Труды ГИН АН СССР. 1959. Вып. 32. С. 185-191.
2. *Белуженко Е.В.* Верхнемиоцен-эоплейстоценовые грубообломочные отложения Западного и Центрального Предкавказья // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2011. Т. 19. № 5. С. 78-95.
3. Олигоценовые и неогеновые отложения долины реки Белой (Адыгея) / *Белуженко Е.В., Волкодав И.Г., Деркачева М.Г., Корсаков С.Г., Соколов В.В., Черных В.И.* Майкоп: Изд-во Адыгейского гос. ун-та, 2007. 110 с.
4. *Дорофеев П.И.* О флоре эпохи гиппариона // Палеонтол. журн. 1966. №1. С. 124-134.
5. Корреляция палеогеографических условий развития речной сети Восточного Паратетиса / *Иноземцев Ю.И., Маслаков Н.А., Парышев А.А., Мельниченко Т.А., Рыбак Е.Н., Ступина Л.В.* // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2016. № 4. С.40-53.
6. *Калмыков Н.П.* Местонахождение Удунга (Западное Забайкалье, Россия): геология и фауна млекопитающих раннего плиоцена // Отечественная геология. 2017. № 2. С. 76-82.
7. *Лебедева Н.А.* Стратиграфия континентальных неогеново-четвертичных отложений высокого правобережья р. Кубани от Армавира до Краснодара // Тр. геол. ин-та АН СССР, 1959. Вып. 32. С. 170-185.
8. *Лебедева Н.А.* Континентальные антропогеновые отложения Азово-Кубанского прогиба и соотношение их с морскими толщами. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 106 с.
9. *Лебедева Н.А.* Корреляция антропогеновых толщ Понто-Каспия. М.: Наука, 1978. 136 с.
10. *Меладзе Г.К.* Обзор гиппарионовых фаун Кавказа. Тбилиси: Мецниереба, 1985. 78 с.
11. *Разумкова Е.С.* К палинологической характеристике сарматских отложений Восточного Паратетиса (разрез гора Зеленского – мыс Панагия, Таманский полуостров) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2012. Т. 20. № 1. С. 108-119.
12. *Тарасенко К.К., Лавров А.В.* Новые данные о фауне местонахождения Фортепьянка 1 (поздний миоцен, Республика Адыгея, Северный Кавказ) // Интегративная палеонтология: перспективы развития для геологических целей. Мат. LXIII сессии Палеонтол. об-ва РАН (3-7 апреля 2017 г.). СПб. 2017. С. 215-217.
13. *Тарасенко К.К., Лопатин А.В., Мащенко Е.Н.* Первая находка дейнотерия (Proboscidea, Mammalia) в миоцене Адыгеи // ДАН. 2015. Т. 464. № 6. С. 762-765.
14. Новые местонахождения наземных и морских позвоночных позднего миоцена в Адыгее (Россия, Северный Кавказ) / *Тарасенко К.К., Лопатин А.В., Зеленков Н.В., Сычевская Е.К., Сердюк Н.В., Дмитриева Е.Л., Мащенко Е.Н.* // ДАН. 2014. Т. 459. № 6. С. 726-729.
15. *Тесаков А.С., Титов В.В., Сотникова М.В.* Позднемиоценовые (туролийские) фауны млекопитающих юга европейской России // Сб. научных трудов Института геологических нак НАН Украины. Киев. 2013. Т. 6. Вып. 1. С. 164-176.
16. Солнечнодольск – новое местонахождение позднемиоценовых позвоночных на Северном Кавказе / *Тесаков А.С., Титов В.В., Швырева А.К., Сыромятникова Е.В., Фролов П.Д.* // Эволюция органического мира и биотические кризисы. Мат. LVI сессии Палеонтол. об-ва при РАН (5-9 апреля 2010 г.). СПб. 2010. С. 137.
17. *Шальнев В.А.* Эволюция ландшафтов Северного Кавказа: автореф. дис. … д-ра географ. наук: 25 00 23. Ставрополь. 2007. 51 с.
18. Tesakov A.S., Titov V.V., Simakova A.N., Frolov P.D., Syromyatnikova E.V., Kurshakov S.V., Trikhunkov Ya.I., Sotnikova M.V., Kruskop S.V., Zelenkov N.V., Tesakova E.M., Palatov D.M. Late Miocene (Early Turolian) vertebrate faunas and associated biotic record of the Northern Caucasus: Geology, palaeoenvironment, biochronology. Fossil Imprint. 2017. 73(3-4). Pp. 383-444.

УДК553.982.2 DOI:10.34708/GSTOU.2021.76.28.014

СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ, ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ, СТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ТАМАНСКОЙ ЧАСТИ КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОГО ПРОГИБА

© [1,2,3]Керимов И.А., [4]Моллаев З.Х., [1,5]Доценко В.В.

[1]Академия наук Чеченской Республики, г. Грозный
[2]ГГНТУ им. Акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный
[3]ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН, г. Москва
[4]ООО НГДП «Чепаковское», г. Ставрополь
[5]ЮФУ, г. Ростов-на-Дону

В работе приведены сведения о состоянии изученности геолого-геоморфологической структуры, особенностях развития, геологического строения и нефтегазоносности Таманской части Керченско-Таманского межпериклинального прогиба с целью определения дальнейших перспектив геологоразведочных работ (ГРР) на нефть и газ. Отмечается, что прогиб в целом является крупной прямой новейшей морфоструктурой, которая сформировалась при активных тектонических движениях, сопровождавшихся интенсивным развитием складчатых и разрывных дислокаций, а также диапиризмом майкопских глин. Диапировые складки, объединены в антиклинальные зоны. Их формирование связано с поперечным укорочением Кавказа и Горного Крыма, которое компенсировалось продольным удлинением. Основными продуктивными комплексами Тамани являются терригенно-карбонатные отложения миоцена. Наличие трещинных коллекторов с высокими фильтрационными свойствами установлено ГРР в верхнемеловом комплексе, а в нижнемеловом комплексе они прогнозируются по аналогии с Северо-Западным Кавказом (СЗК). Методами новейшей тектоники и структурной геоморфологии регионального масштаба выделено порядка 40 локальных структур, среди которых нашли отражение 16 структурных месторождений нефти и газа Тамани и все месторождения, расположенные в пограничной зоне с Западно-Кубанским прогибом и СЗК. Отражение структурного плана Тамани в рельефе позволяет включить геоморфологические методы в комплекс ГРР.

***Ключевые слова**: геолого-геофизическая изученность, новейшая тектоника, антиклинальная зона, новейшее локальное поднятие, диапиризм, грязевый вулкан, нефть, газ, залежь, месторождение, нефтегазоносный комплекс, рельеф, морфоструктура, перспективы нефтегазоносности.*

Общие сведения, особенности формирования структуры прогиба. Исследования охватывают восточную часть Керченско-Таманского межпериклинального прогиба (КТМП), которая территориально совпадает с Таманским полуостровом (Таманью). КТМП располагается на погруженных складчатых мезозойских структурах Восточного Крыма и Северо-Западного Кавказа (СЗК). По отношению к мегантиклинориям Горного Крыма и БК он является межпериклинальным, а по отношению к ЗККП поперечным [22]. В северо-западной части КТМП располагается Северо-Таманский вал – высокоподнятый блок, ограниченный с севера и юга крупными разломами. В пределах вала, а также в южной погруженной части прогиба располагается несколько антиклинальных зон. В мезозойско-кайнозойском разрезе прогиба выделяется два структурных этажа. Верхний этаж сложен толщей плиоценово-олигоценовых отложений и разделяется на два структурных яруса: плиоценово-среднемиоценовый и олигоценово-нижнемиоценовый (майкопский). Нижний структурный этаж составляют эоценово-меловые отложения.

КТМП в целом является крупной прямой новейшей морфоструктурой. Осевая зона поперечного прогиба проходит по Керченскому проливу и прилегающим частям смежных полуостровов. Различия отдельных районов обусловлены историей развития геологических структур и рельефа. По В.Е. Хаину (1964), заложение поперечного

прогиба относится к началу олигоцена и связано с воздыманием и интенсивной складчатостью структур Горного Крыма и СЗК, Поперечный прогиб в это время стал интенсивно погружаться. Современная структура прогиба сформировалась при активных тектонических движениях, сопровождавшихся интенсивным развитием складчатых и разрывных дислокаций, а также диапиризмом майкопских глин, которые происходили в киммерии (N_2^2k), куяльнике (N_2^3kl), в начале плейстоцена и в голоцене.

В конце плиоцена в районе современного Таманского полуострова, возник архипелаг брахиантиклинальных островов. Керченский пролив был одним из нескольких узких проливов между ними, через который осуществлялся интенсивный обмен водами между Чёрным и Азовским морями. В это же время проливы восточной части архипелага заполнялись аллювием пра-Кубани [1]. В результате тектогенеза на Тамани и прилегающих акваториях сформировалось порядка 60 диапировых складок, которые имеют прямое отражение в рельефе и объединяются в антиклинальные зоны, разделенные синклинальными зонами. Часть брахиантиклинальных складок на берегах и во внутренней части Керченского пролива была уничтожена при его углублении и расширении.

Антиклинальные складки сочленяются как чётковидно, посредством погружения шарниров, так и кулисообразного, поэтому разные авторы [4, 9, 11, 15, 22, 23, 24] выделяют на Тамани от семи до 12 антиклинальных зон. Синклинальные зоны компенсированы интенсивной аккумуляцией и выполнены плиоценовыми и четвертичными отложениями разного генезиса. Антиклинальные и синклинальные зоны КТМП получили название «конского хвоста», поскольку они образуют в плане дугообразные структурные линии, протягивающиеся от Керченско-Таманского шельфа Черного моря (рис. 1) [20]. Формирование этих антиклинальных зон связано с поперечным укорочением БК и Горного Крыма, которое компенсировалось продольным удлинением. Встречное удлинение периклиналей мегантиклинориев сопровождалось сжатием и формированием компенсационных поперечных складок [13, 17].

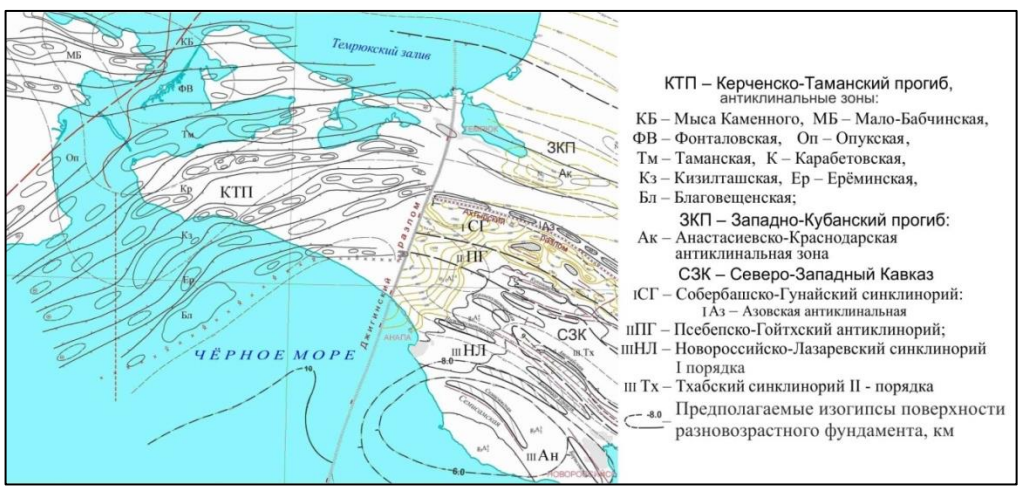


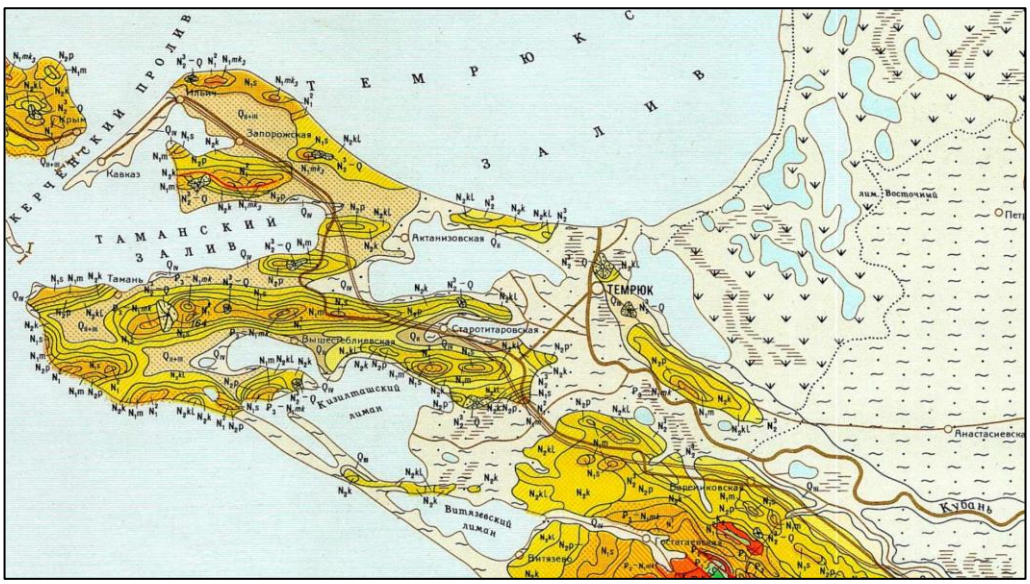
Рис. 1. Антиклинальные зоны Керченско-Таманского прогиба (КТП)
и Керченско-Таманского шельфа, образующие рисунок типа «конского хвоста»
на фрагменте тектонической карты [23]

Это положение подтверждается работой, в которой [5] отмечено, что осевая зона мегантиклинория БК прослеживается в пределах Таманского шельфа Чёрного моря, а погребённое продолжение Горного Крыма (Туакский антиклинорий) прослеживается в южной части Керченского полуострова. Существуют и другие представления о структурных связях между горными сооружениями. Например, кулисообразный вариант

их сочленения. Так, Ф.К. Байдов и др. (1977) вслед за Е.Е. Милановским (1968) предполагали, что продолжение Крымского антиклинория находится в пределах ЗККП. В тоже время они допускали возможность продолжения мегантиклиноия БК южнее Таманского полуострова, в притаманской части Черноморского шельфа.

В 1932 году И.М. Губкин при геологическом картировании Тамани сделал вывод о полном соответствии её современного рельефа структуре неогенового комплекса, поскольку формы земной поверхности полуострова хорошо отражаются на геологической карте (рис. 2). Данное положение свидетельствует об активности новейших и современных тектонических движениях, которые подтверждаются деформацией четвертичных террас на крыльях складок, где местами наклон террас достигает 10-15 [25]. Наиболее крупные складки достигают отметок 175 м над уровнем моря.

Важными индикаторами тектонической активности являются густота овражно-балочной сети и плановый рисунок сети, которые наряду с тектоническими деформациями поверхностей выравнивания, являются универсальными индикаторами проявления новейших локальных поднятий [6]. Развитие овражно-балочной сети на Таманском полуострове обусловлено возрастом и новейшей тектонической активностью соответствующих морфоструктур. Эрозионная сеть наиболее развита в центральной части Карабетовской антиклинальной зоны, в западной и восточной части Ерёминско-Кизилташской антиклинальной зоны и на юге Фонталовской антиклинальной зоны.



**Условные обозначения общепринятые*

Рис. 2. Геологическая карта Таманского полуострова
(фрагмент геологической карты Кавказа [3])

Активность тектонических движений сочетается с высокой флюидодинамической активностью, проявляющейся диапиризмом майкопских глинистых отложений и грязевулканической деятельностью, которая сыграла большую роль в развитии морфоструктуры Тамани, поскольку зоны складчатости совпадают с районами грязевого вулканизма. Проявления грязевого вулканизма обнаруживаются, начиная с чокракского века, а эпоха наибольшей активности приходится на плейстоцен. Интенсивная деятельность грязевых вулканов на Тамани продолжается и в настоящее время. Корни многих из них уходят на глубину 5-7 км и более, до нижнего мела, и даже до известняков верхней юры, обломки которых присутствуют в сопочной брекчии [10, 19, 22, 26]. В продуктах извержения вулканов КТМП и СЗК присутствует гелий и другие

редкие газы [21]. Всё это говорит о связях грязевых вулканов с большими глубинами, которая происходит по разломам. При этом суммарная высота диапировых столбов по геофизическим данным достигает 8-10 км [20].

В последнее время по данным высокоразрешающей сейсморазведки МОГТ на ряде поднятий, осложнённых грязевыми вулканами, проявлений глиняного диапиризма не обнаружено [10]. Эти вулканы связаны с изолированными субвертикальными каналами флюидных прорывов, размеры которых в поперечном сечении достигают 300-500 м. Развивающиеся флюидные прорывы обнаружены и в приосевой части Темрюкской синклинали ЗККП (рис. 3). Корни многих из них находятся в подмайкопских глинистых отложениях [7]. Формирование флюидных прорывов объясняется представлениями Б.М. Валяева [2] и В.И. Дюнина, А.В. Корзун [8] по которым в периоды тектонической активности из глубоких частей земной коры или даже верхней мантии с огромной энергией поднимается газоводяная смесь, захватывая с собой обломки пород, и изливается на поверхности.

В процессе роста диапиров под влиянием растягивающих усилий, возникающих за счет эффекта выпирания, в прослоях аргиллитов и мергелей миоцена КТМП образуются трещины растяжения с субвертикальной ориентировкой и разрывные нарушения. Таким образом, на диапировых складках в отложениях миоцена и плиоцена образуется трещинное ёмкостное пространство и дизъюнктивные экраны. Кроме того, диапиризм способствует генерация нефти в глинистой толще майкопа и её эмиграции [15].

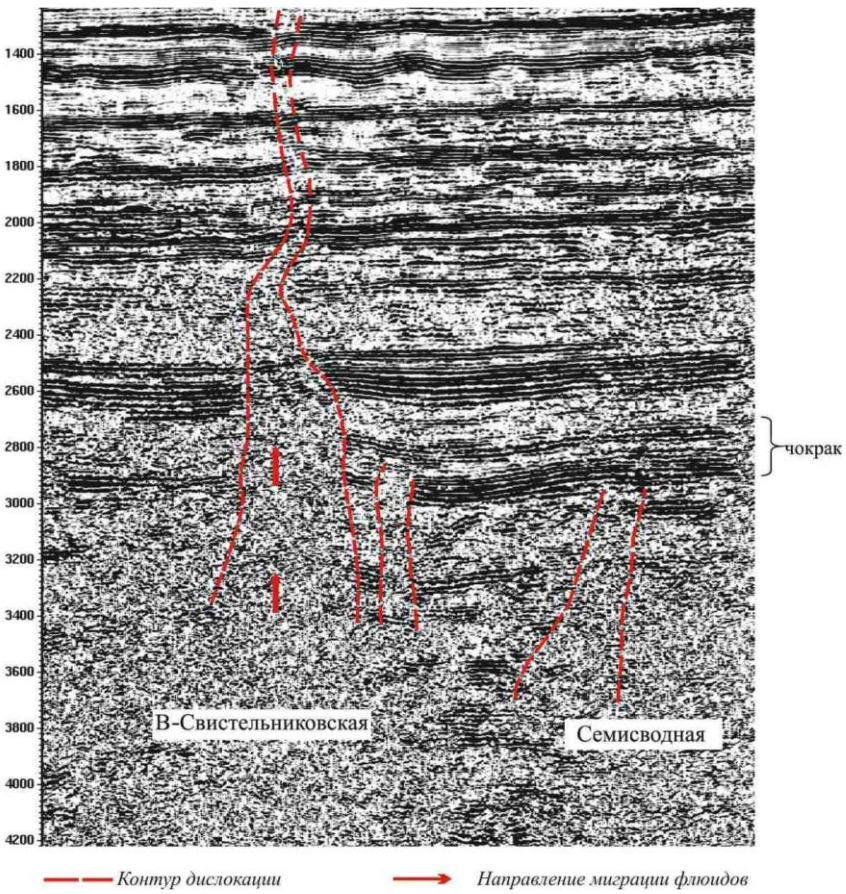


Рис. 3. Дислокации столбообразной формы, типа «флюидный прорыв» на прорванной Восточно-Свистельниковской криптодиапировой структуре и не прорванной Семисводной структуре (Н.М. Галактионов, Л.М. Пустыльников, и др.; 2006)

На новейшей стадии, начавшейся в позднесарматское время, тектонические движения в КТМП были и остаются резко дифференцированными. На фоне опусканий до 2 км происходил рост ряда брахиантиклиналей, сопровождавшийся грязевым вулканизмом. [16]. По геоморфологическим и инструментальным данным современная геодинамика Таманского полуострова, в отличие от Керченского, характеризуется слабыми опускания от 0 до минус 0,5 мм/год. При этом отдельные брахиантиклинальные возвышенности испытывают поднятия от 0 до 0,5 мм/год. Таким образом, динамика является нейтральной [14]. На основании того, что «современный топографический план напрямую отражает особенности тектонического строения миоценового комплекса Тамани» М.А. Григорьев и др. [4] предлагают включить в комплекс геологоразведочных работ (ГРР) геоморфологический анализ топографических карт, который реализован нами в настоящей работе.

Геолого-геофизическая изученность. Тамань относится к старым нефтегазодобывающим регионам России. Первая скважина здесь была пробурена на площади Капустина Балка в конце 60 годов XIX века, а старейшим является Суворово-Черкесское нефтяное месторождение, открытое в 1892 году на границе с СЗК.

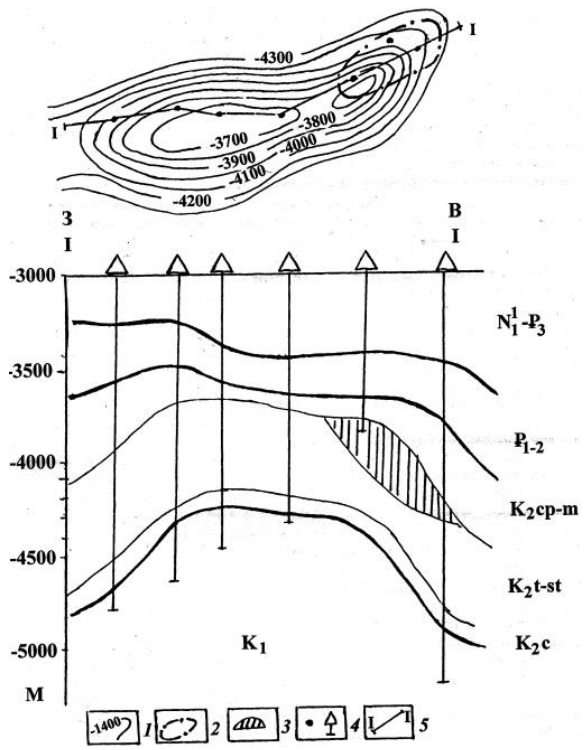
Планомерное изучение геологического строения полуострова было начато в 1912 Российским Геологическим комитетом. Широкомасштабные ГРР на Тамани проводились с 1945 до 1991 года. На региональном этапе осуществлялся весь комплекс работ. При этом более 50% затрат приходилось на сейсмические исследования. На поисковом этапе до 1970 года комплекс детальных ГРР включал геологическую съёмку масштабов 1:50'000-1:10'000, электро-, магнито- и гравиметрическую съёмки, научно-исследовательские и тематические работы. Сложные сейсмогеологические и ландшафтные условия (наличие лиманов, морских заливов и заболоченной дельты) существенно снижают информативность сейсморазведочных работ и приводят к неравномерному освещению полуострова сейсмическими исследованиями. Тем не менее, в результате ГРР в период с 1961 по 1980 год на Тамани было открыто восемь нефтяных месторождений.

За время до 2006 года было пробурено более 500 скважин, большинство которых является структурными. Более 100 скважин относится к параметрическим и поисково-разведочным. Самой глубокой является скважина Тамань 2, вскрывшая на глубине 5633 м майкопские отложения. Наиболее изученными во всех отношениях являются миоценовые отложения, представленные глинами с прослоями песков, песчаников и мергелей. Верхнемеловой комплекс, сложенный чередованием мергелей, известняков и алевролитов с прослоями песчаников и глин, вскрыли 12 скважин. В ряде скважин были получены притоки газа с водой или воды с газом. Четыре скважины вскрыли нижнемеловые отложения, состоящие из песчаников и алевролитов с прослоями глин. В результате в наибольшей степени изучены бурением центральные и восточные части Карабетовской, Ерёминской и Кизилташской антиклинальных зон. Юго-западная часть Тамани структурным и поисковым бурением почти не изучена [9].

В 2000-2001 году на Таманском полуострове и в акватории Таманского залива вели активные ГРР Государственный научный центр (ГНЦ) ФГУГП «Южморгеология» и ОАО «Краснодарнефтегеофизика». В Таманском заливе, в лиманах и на суше Таманского полуострова ими отработано более 180 км профилей. На ряде площадей Южно-Темрюкского участка и участка Протока ООО «Технотон» (г. Москва) выполнила газогеохимическую съёмку, сейсморазведку МОГТ-Д2 и 3Д, высокоразрешающую электроразведку в модификации вызванной поляризации.

Нефтегазоносность. Таманская часть КТМП выделяется в ранге Таманского нефтегазоносного района Западно-Кубанской нефтегазоносной области. В пределах района открыто 18 месторождений (табл.), из них: 12 нефтяных; три газонефтяных и три – газовых. Ещё два месторождения – Витязевско-Анапское газовое и Суворово-Черкесское нефтяное находятся в пограничной зоне с СЗК. В последнее время в пределах Северо-Таманского вала открыто три новых нефтяных месторождений: Нигиревское, Центральное и Ю. Тиздар [4].

Месторождения Тамани объединяются в две нефтегазоносные зоны (НГЗ) – Северо-Таманскую и Керченско-Таманскую. Основные открытия были сделаны в период с 1961 по 1991 год XX века. Дальнейшие перспективы нефтегазоносности связываются с отложениями миоцена и верхнего мела. Основными продуктивными комплексами в НГЗ являются терригенно-карбонатные отложения миоцена (сармат, караган-чокрак), залегающие на глубинах от 50 до 2320 м. Единичные залежи установлены в понте и мэотисе. В верхнемеловых отложениях известно одно Фонталовское месторождение (рис. 4). Его единственная газовая залежь находится в карбонатном коллекторе, кровля которого залегает на глубине 4040 м. На площадях Запорожская и Кучугуры из верхнемеловых отложений были получены притоки газоводяных смесей.



1 – изогипсы по кровле туронско-сантонского яруса верхнего мела, м; 2 – контур газоносности; 3 – залежь газа; 4 – скважины; 5 – линия разреза

Рис. 4. Фонталовское газовое месторождение
(В.Е. Орёл, Ю.В. Распопов, А.П. Скрипкин и др., 2001)

Залежи в миоценовых отложениях приурочены к небольшим антиклиналям с амплитудами 100-200 м, которые осложнены диапиризмом и разрывными нарушениями. Относятся они к сводовому, сводовому тектонически экранированному, литологически экранированному и литологически ограниченному типам. Нефть в основном тяжёлая и высоковязкая. Её залежи относятся к категории весьма мелких, частично с трудно извлекаемыми запасами. Низкие дебиты скважин определяются тонкослоистым характером аргиллитов и мергелей, которые являются низкоэффективными коллекторами. Всё это снижает геолого-экономическую эффективность ГРР и делает их малорентабельными, поэтому на большинстве месторождений добыча не ведётся.

Однако в верхнемеловом комплексе проведенными поисково-разведочными работами установлено наличие трещинных коллекторов с высокими фильтрационными свойствами. В основном они связаны с отложениями верхнего турона-коньяка-нижнего сантона. В нижнемеловом комплексе прогнозируются коллекторы с высокими свойствами по аналогии с СЗК [9].

Тектоническое и структурное картирование. В 1974 году институтом КраснодарНИПИнефть, ПО Краснодарнефтегаз и трестом Краснодарнефтегеофизика была составлена тектоническая карта Краснодарского края в масштабе 1:200'000 [23], которая позволила существенно уточнить структуру региона и выделить на Тамани семь антиклинальных зон: Мыса Каменного, Фонталовская, Таманская, Карабетовская, Кизилташская, Ерёминская и Благовещенская. Первые две зоны выделены в пределах Северо-Таманского вала.

В 1980 году в институте геологии и разработки горючих ископаемых (ИГиРГИ) была издана карта тектонического районирования Предкавказья в масштабе 1:500'000 под редакцией А.И. Летавина [11]. На этой карте в пределах Тамани показано семь антиклинальных зон, включающих 27 перспективных локальных поднятий. В пределах Северо-Таманского вала было выделено уже четыре антиклинальные зоны – Мыса Пекло, Кучугурская, Фонталовская и одна безымянная зона, состоящая из пяти перспективных площадей. В центральной и южной части полуострова выделены объединённые Таманско-Карабетовская и Кизилташско-Ерёминская зоны, а также Благовещенская антиклинальная зона.

В 2002 году П.К. Ляхович и З.П. Склярова опубликовали монографию [15], в которой приведена схема размещения антиклинальных зон Тамани. На этой схеме к югу от Северо-Таманского вала показано семь антиклинальных зон: Фанагорийская, Карабетовская, Кизилташская, Ерёминская, Суворово-Черкесссская, Благовещенская, Витязевская (предполагаемая) и перспективные локальные поднятия, как в пределах полуострова, так и в окружающих акваториях.

В 2004 году ООО «ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИморнефть» (С.В. Попович, П.В. Медведев, Л.В. Делия, Н.Г. Попович) выполнило тематическую работу, в рамках которой были изучены перспективы КТМП и составлена карта фонда локальных структур Азово-Черноморского региона. На территории Тамани на этой карте в принципе сохранена структурная преемственность с картой ИГиРГИ [11].

В 2012-13 годах в ЮФУ в сотрудничестве с ООО «РН-Краснодарнефтегаз» и ОАО «Краснодарнефтегеофизика» были проведены исследования Таманской части КТМП методами новейшей тектоники и структурной геоморфологии в масштабе 1:200'000, что соответствует региональному этапу ГРР. В результате проведенных исследований выделена 41 локальная структура (рис. 5). Их сопоставление с результатами ранее проведенных исследований разными авторами и различными методами [11, 15, 23 и др.] показало очень хорошую сходимость. Достоверность результатов данных исследований подтверждена также тем, что среди выделенных локальных понятий нашли отражение 16 структур, с которыми связаны известные месторождения нефти и газа Тамани, и все месторождения, расположенные в пограничной зоне с ЗККП и СЗК.

Для выявления объектов поискового бурения на лицензионных участках необходимо на поисково-оценочном этапе продолжить исследования методами новейшей тектоники и структурной геоморфологии в масштабе 1:50'000. В целях оптимизации их следует выполнять до проведения геофизических исследований или в комплексе с ними.

Таблица 1

Сведения о месторождениях нефти и газа Таманского нефтегазоносного района (по данным [12, 18] и др.)

Месторождение, тип флюида	Тип структуры	Тип залежи	Возраст продуктивных пород	Литология коллектора Глубина кровли, м	Число залежей	Год открытия
1	2	3	4	5	6	7
1 Запорожское, Н	Криптодиапировая брахиантиклиналь	Пластово-сводовая	N_1sp, N_1kr, N_1ch	Пески, алевролиты, карбонатные породы 600-910	4	1986
2 Фонталовское, Г	Периклиналь брахиантиклинали	-	K_2	Карбонатные породы 4040	1	1978
3 Западно-Ахтанизовское, Н	Антиклиналь	Пластово-сводовая тектонически экранированная	N_1sr	Пески, алевролиты 1500	2	1989
4 Фанагорийское, ГН	Приразломная	Пластово-сводовая тектонически экранированная	N_1sp, N_1kr, N_1ch	Пески, алевролиты, карбонатные породы 250-1450	3	1988
5 Борисоглебское, ГН	Брахиантиклиналь	Пластово-сводовая	N_1sp	Пески, алевролиты, карбонатные породы 1100-1750	2	1987
6 Западно-Нефтяное, Н	Периклиналь брахиантиклинали	Пластово-сводовая тектонически экранированная	N_1sp, N_1kr, N_1ch	Карбонатные породы, пески, алевролиты 50-850	3	1989
7 Северо-Нефтяное, ГН	Брахиантиклиналь из трёх блоков	Пластово-сводовые тектонически экранированные	N_1m, N_1sp, N_1ch	Пески, алевролиты 1050-1500	8	1982
8 Камышеватое, Н						
9 Стрельчанское, Н	Антиклиналь	Пластовая литологически ограниченная	N_1	Пески, алевролиты, карбонатные породы 1050-1400	1	1966
10 Прикубанское, Н	Антиклиналь	Пластово-сводовая тектонически экранированная, Пластово-сводовая	N_1sp	Карбонатные породы, пески, алевролиты 1950-2320	2	1988

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7
11 Белый Хутор, Н	Антиклиналь	Пластово-сводовая литологически экранированная	N_1	Карбонатные породы 1000-1600	2	1967
12 Капустина Балка, Н	Криптодиапировая брахиантиклиналь	Пластово-сводовая тектонически экранированная	N_1sp, N_1kr, N_1ch	Карбонатные породы 700-1250	3	1984
13 Плавневое, ГН	Антиклиналь		N_1m, N_1sp, N_1ch		3	1991
14 Благовещенское, Н	Антиклиналь	Пластово-сводовые, литологически экранированные	N_1	Пески, алевролиты, карбонатные породы 500-1200	6	1963
15 Западно-Благовещенское, Г	Брахиантиклиналь		$N_{1-2}p$		1	1961 Запасы списаны
16 Восточно-Благовещенское, Г	Брахиантиклиналь		N_1sp, N_1kr, N_1ch	Карбонатные породы 460-730	4	1961 Выработано
17 Восточно-Богазское, Н		-				Запасы списаны
18 Гирлянное, Н						
19 *Витязевско-Анапское, Г	Структурный нос	Пластово-сводовая	P_1	АЛ, К 1374-1451	1	1966
20 *Суворово-Черкесское, Н	Антиклиналь	Пластовая литологически ограниченная	N_1	Карбонатные породы 150-1200	1	1892 Начало разработки 1932г.

**Примечание: Месторождения краевых частей Северо-Западного Кавказа и Керченско-Таманского поперечного прогиба*

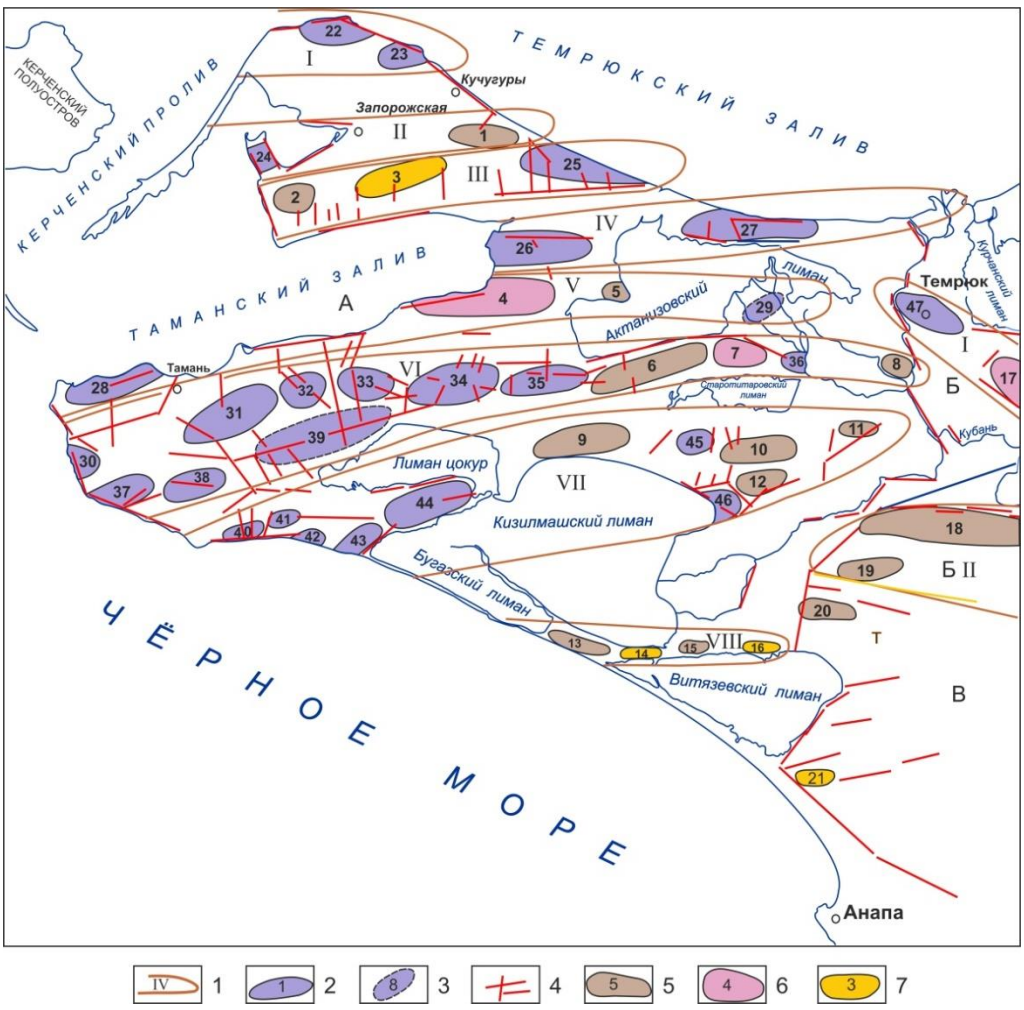


Рис. 5. Карта новейших локальных поднятий Таманской части Керченско-Таманского прогиба, выявленных методами новейшей тектоники и структурной геоморфологии. Оригинальный масштаб 1:200'000. (по Доценко В.В.)

Условные обозначения: 1 – границы антиклинальных зон и их номера; локальные поднятия их номера: 2 –выявленные уверенно, 3 – выявленные неуверенно; 4 – линеаменты, сопоставляемые с дизъюнктивными структурами; месторождения и их номера: 5 – нефтяные, 6 – газонефтяные, 7 – газовые.

А. КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКИЙ МЕЖПЕРИКЛИНАЛЬНЫЙ ПРОГИБ. Антиклинальные зоны: I – Каменного Мыса, II – Кучугурская, III – Фонталовская, IV – Лиманная, V – Фанагорийская, VI – Карабетовская, VII – Ерёминско-Кизилташская, VIII – Благовещенская; месторождения: 1 – Западно-Ахтанизовское (Н), 2 – Запорожское (Н), 3 – Фонталовское (Г), 4 – Фанагорийское (Г), 5 – Борисоглебское (Н), 6 – Западно-Нефтяное (Н), 7 – Северо-Нефтяное (ГН), 8 – Прикубанское (Н), 9 – Капустина Балка (Н), 10 – Камышеватое (Н), 11 – Стрельчанское (Н), 12 – Белый Хутор (Н), 13 – Восточно-Бугазское (Н), 14 – Западно-Благовещенское (Г), 15 – Благовещенское (Н), 16 – Восточно-Благовещенское (Г); локальные поднятия: 22 – Каменного Мыса, 23 – Мыса Пеклы, 24 – Косы Негирова, 25 – Тиздар, 26 – Цимбалы; 27 – Голубицкое, 28 – Таманское, 29 – Межериковое, 30 – Холодной долины, 31 – Карабетовское, 32 –

Комендантское, 33 – Чиркова, 34 – Близнецы, 35 – Гирка, 36 – Дубовый Рынок, 37 – Зеленское, 38 – Костенкова-Воеводина, 39 Виноградное, 40 – Мыса Железный Рог, 41 – Горы Круглой, 42 – Приморское, 43 – Бугазское, 44 – Поливадина, 45 – Южно-Нефтяное, 46 – Гирлянной Горы.

Б. ЗАПАДНО-КУБАНСКИЙ КРАЕВОЙ ПРОГИБ. Антиклинальные зоны: I – Анастасиевско-Краснодарская, II – антиклинальные зоны южного борта прогиба; месторождения: 17 – Курчанское, 18 – Джигинское (Н), 19 – Уташ-Юровское (Н); поднятия: 47 – Темрюкское. В. КРАЕВЫЕ ЧАСТИ КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОГО МЕЖПЕРИКЛИНАЛЬНОГО ПРОГИБА И СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА – месторождения: 20 – Суворово-Черкесское (Н); 21 – Витязевско-Анапское (Г).

Выводы. Геологические исследования Тамани имеют длительную историю. Последнее обобщение геолого-геофизических материалов, охватывающих всю территорию и весь осадочный чехол, здесь проводилось только в начале 70-х годов прошлого века.

Одной из наиболее детальных работ, посвященных оценке и последовательности освоения углеводородного потенциала миоценовых отложений Таманского полуострова, считается работа А.А. Енгибаряна [9], в которой все перспективные объекты связываются с диапировыми антиклинальными структурами.

Анализ истории геологического развития и степени геолого-геофизической и геоморфологической изученности Тамани показал, что основные закономерности геологического строения и нефтегазоносности достаточно хорошо известны в пределах неогенового комплекса. Наряду с месторождениями нефти и газа в нём имеется фонд перспективных локальных поднятий, выявленных различными методами.

Установлено, что подавляющее большинство антиклинальных структур неогенового комплекса Таманского полуострова отражается в рельефе в виде увалов и небольших возвышенностей, что позволяет использовать при ведении ГРР геоморфологические методы.

Строение перспективных мезозойских комплексов, в том числе верхнемелового, находится на стадии оценки зон нефтегазонакопления регионального этапа ГРР.

Литература

1. *Благоволин Н.С.* Керченско-Таманская область // Горные страны Европейской части СССР и Кавказа. М.: Наука, 1974. С. 80-89.
2. *Валяев Б.М.* Углеводородная дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений // Геология нефти и газа. 1997. № 9. С. 30-37.
3. Геологическая карта Кавказа. Масштаб 1:500'000. М.: ВСЕГЕИ, НПО «Аэрогеология», 1976. 9 л.
4. *Григорьев М.А., Григорьев А.М., Денекин И.А.* Пути восполнения углеводородной минерально-сырьевой базы западной части краснодарского края (Таманский полуостров) // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том VIII / Под ред. *И.А. Керимова, В.Б. Заалишвили, В.И. Черкашина.* М.: ИИЕТ РАН, 2018. С. 47-54.
5. *Григорьянц Б.В., Гусейн-Заде И.Г., Мустафаев М.Г.* Структурные соотношения между мезозойским и кайнозойским комплексами отложений в зоне сочленения Горного Крыма и Большого Кавказа // Геотектоника. 1981. № 5. С. 71-83.
6. *Доценко В.В.* Теоретические основы и методы дистанционных исследований при геологоразведочных работах на нефть и газ: Учеб. пособ. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016. 60 с.
7. *Доценко В.В., Моллаев З.Х., Степанов А.Н.* Особенности чокракского нефтегазоносного комплекса Темрюкской синклинали // Сборник материалов и выступлений на IV Донском нефтегазовом конгрессе. Ростов-на-Дону: ЗАО «Ростиздат», 2011. С. 43-49.
8. *Дюнин В.И., Корзун А.В.* Гидрогеодинамика нефтегазоносных бассейнов. М.: Научный мир, 2005. 524с.
9. *Енгибарян А.А.* Литолого-фациальные и тектонические критерии нефтегазоносности мезокайнозойских отложений Таманского полуострова: автореферат дис. … к.г.-м.н.: 25.00.12.

Ставрополь: Северо-Кавказский гос. технический ун-т, 2006. 27 с.
10. Глиняный диапиризм и грязевой вулканизм при формировании локальных структур в Российской части Чёрного моря / *Исмагилов Д.Ф., Козлов, В.Н., Терехов А.А., Хортов А.В.* // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2006. № 2. С. 4-10.
11. Карта тектонического районирования Предкавказья / Под редакцией *А.И. Летавина*. Масштаб 1:500'000. М: ИГиРГИ, 1980.
12. *Клещев К.А., Шеин В.С.* Нефтяные и газовые месторождения России: Справочник в двух книгах. Кн. первая – Европейская часть России. М.: ВНИГНИ, 2010. 832 с.
13. *Копп М.Л.* Позднеальпийская коллизионная структура Кавказского региона // Большой Кавказ в альпийскую эпоху / Под ред. *Ю.Г. Леонова.* М.: ГЕОС, 2007. С. 285-316.
14. *Лилиенберг Д.А.* Общие и региональные закономерности современной геодинамики Кавказа (по геоморфологическим и инструментальным данным) // Современные движения земной коры. Методы и результаты исследований. Киев. 1980. С. 204-212.
15. *Ляхович П.К., Склярова З.П.* Системно-флюидодинамические основы поиска, разведки и разработки залежей нефти и газа. Краснодар-Ухта. 2002. 338 с.
16. *Милановский Е.Е.* Новейшая тектоника // Общая характеристика и история развития рельефа Кавказа. М.: Наука, 1977. С. 31-45.
17. *Моллаев З.Х., Доценко В.В., Бачаева Т.Х.* Концепции формирования Западно-Кубанского краевого прогиба и концепции // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том X (в 2-х частях). Часть 1 / *Научные редакторы: академик РАН А.О. Глико, д.ф.-м.н., профессор И.А. Керимов.* М.: ИИЕТ РАН, 2020. С. 179-186.
18. Нефтяные и газовые месторождения СССР: Справочник. В двух книгах. Кн. вторая. Азиатская часть СССР. М.: Недра, 1987. 303 с.
19. *Попович С.В., Попович Н.Г.* Деформация осадков на границе сочленения Горного Крыма и Северо-Западного Кавказа в связи с проблемой нефтегазоносности / Проблемы геодинамики и нефтегазоносности Черноморско-Каспийского региона. Тез. докл. на V Междунар. конф. Крым-2003. Крым. Гурзуф. 8-13 сент. 2003 г. Симферополь. 2003. С. 155-157.
20. *Попович С.В., Попович Н.Г.* Некоторые характерные черты пликативной и дизъюнктивной тектоники осадочного чехла Индоло-Кубанского прогиба // Вопросы геологии Прикаспия и шельфа Каспийского моря. Сб. статей ООО «ЛУКОЙЛ-ВолгоградНИПИморнефть». Вып. 62. Волгоград. 2004. С. 83-90.
21. Справочник по геохимии нефти и газа. СПб.: Изд-во «Недра», 1998. 576 с.
22. Тектоника и нефтегазоносность Северного Кавказа / *А.И. Летавин, В.Е. Орёл, С.М. Чернышев и др.* М.: Недра, 1987. 95 с.
23. Тектоническая карта Краснодарского края / Под редакцией *А.И. Дьяконова, В.И. Корнеева.* Масштаб 1:200'000. Краснодар. 1974.
24. *Шарданов А.Н., Пекло В.П.* Новые данные о тектонике западного погружения Кавказа и Тамани // Тр. КФ ВНИИ. Москва. 1961. Вып. 6. С. 207-221.
25. *Шарданов А.Н., Борукаев Ч.Б.* Таманский полуостров // Геология СССР. Т. IX. Северный Кавказ. Ч. 1. Геологическое описание. М.: Недра, 1968. С. 594-595.
26. *Шарданов А.Н, Малышек В.Т., Пекло В.П.* О корнях грязевых вулканов Таманского полуострова // Тр. КФ ВНИИ. Геол. сб. 1962. № 5. С. 53-66.

УДК 550; 550.34; 556 DOI:10.34708/GSTOU.2021.18.96.015

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ТЕРРИТОРИИ Г. МАХАЧКАЛЫ В СВЯЗИ С ПОДТОПЛЕНИЕМ

© Кондаков В.М., Мамаев С.А., Мусаев М.А., Мамаев А.С., Курбанисмаилова А.С.

Институт геологии ДФИЦ РАН, г. Махачкала

Определение геоморфологических и геологических условий северо-западной площади г. Махачкалы, включая Новолакский район (Новострой), в связи с процессами засоления, осолонцевания и подтопления сельскохозяйственных земель. Отсутствие исследований по указанным проблемам может привести к нежелательным материальным и экологическим последствиям. В связи с подтоплением изменяются и несущие способности грунтов. Изменяются сейсмоакустические свойства грунтов, т.е. скорости распространения продольных (Vp) и поперечных (Vs) волн, а также соответствующие коэффициенты и декременты их поглощения. Указано о необходимости сейсмического микрорайонирования не только исследованного района, но и всего города Махачкалы, с перспективой дальнейшей застройки.

Ключевые слова: *подтопление, дренирование, барражные участки, гидрогеологическое районирование, грунтовые воды, сейсмичность.*

В связи с подтоплением г. Махачкалы ранее была рассмотрена центральная и юго-восточная часть города [1-3]. В настоящей статье продолжается анализ северо-западной площади г. Махачкалы. Условиями развития подтопления (СП 11-105-97, 1997; Отчет о СМР г. Махачкалы, 1988) являются:подпор грунтовых вод (ГВ) на побережьях рек, озер, водохранилищ, моря, орошение сельскохозяйственных культур.

Природные условия. В тектоническом отношении район работ относится к южному крылу Восточно-Предкавказского краевого прогиба, осложненному Нарат-Тюбинской зоной разрывов [4,5]. Направление простирания оси прогиба близко к широтному, с погружением оси от сел. Степное до сел. Бабаюрт.

Относительно более пластичные третичные отложения надвинуты в этой зоне на коренные отложения. От линии Буйнакский перевал–пост ГИБДД в северном направлении коренные отложения резко понижаются на север до угла падения 20–45 градусов. Это хорошо видно на местности «Черные камни», где кончается южная граница территории нефтебазы. Нарат-Тюбинский хребет сверху сложен чокракскими отложениями.

Инженерно-геологические условия г. Махачкалы приводились ранее в [6, 7]. Низменная часть г. Махачкалы представлена двумя террасами: Махачкалинской (–2 м) и низкой – Дагестанской (–16 м). Общая мощность отложений достигает 5–7 м на Дагестанской террасе и 10–12 м – на Махачкалинской террасе.

Новокаспийская терраса протягивается вдоль моря узкой полосой, от 500 м до нескольких километров. В дельтах рек, в том числе реки Сулак, ширина террасы достигает нескольких километров. Грунтовые воды на новокаспийской террасе формируются за счет инфильтрации атмосферных осадков;воды пресные и солоноватые.

Ручей Тернаир берет начало на северо-восточных склонах Нарат-Тюбинского хребта, пересекает проспект Акушинского (пр.Акушинского, р. Тернаир, жилой квартал) и на низменность поступает по глубоко врезанной, балке, расположенной, западнее г. Тарки-Тау. Борта балки обрывистые, высота их колеблется от 1 до 8 метров. При подходе к Дагестанской террасе ручей резко поворачивает на востоки впадает в Каспийское море в районе ж/д станции Махачкала-1. Ранее на низменности он не имел ясно выраженного русла. Сейчас русло зарегулировано ввиду застройки территории. Наибольшее количество воды ручей несет в период таянияснегов и обильно

выпадающих осадков. В низменной части, на площади дагестанской террасы ручей часто затапливает смежные площади, к примеру, на улице Кундухова – жилые дома и пристройки.

Гидрогеологическое районирование территории г. Махачкалы. При районировании территории были использованы принципы таксономических единиц, предложенные ранее в работах [8-10]. Коэффициенты фильтрации были взяты по аналогии с гранулометрическим составом [2-3, 11-12]. В результате гидрогеологического районирования были выделены зоны дренированности (рис. 1) и гидрогеологические районы. Зоны дренированности (З-Д) были выделены по уклону рельефа: более или равно 0,01– З-Д, 0,01–0,005 –З-СД, <0,005 –З-ВСД.

Пологие площади бывшего леса Эльтав, пос. Семендер, Научного городка, бывшего летнего поля являются областью питания грунтовых вод. Это подтверждается пресным составом подземных вод. Перечисленные площади характеризуются как зоны дренированные (уклон рельефа >0,01) и слабо дренированные (З-Д, З-СД).

Транзитная область движения грунтовых вод характеризуется как зоной дренированной (З-Д) и слабо дренированной (З-СД), где уклон рельефа меняется от 0,02 до 0,005.Область разгрузки грунтовых вод выражена весьма слабодренированной зоной (З-ВСД) с уклоном рельефа <0,005.

Площади разгрузки грунтовых вод в естественных условиях выражены солончаками и солонцами с характерным белесым видом. Ввиду выпаривания грунтовых вод их минерализация достигает 53 г/литр (Новокули, Новострой).

Рис. 1. Зоны дренированности Северо-западной площади г. Махачкалы

Условные обозначения:

З-Д – > 0,01 – зона дренированная;

З-СД – 0,01-0,005 – зона слабодренированная;

З-ВСД – < 0,005 – зона весьма слабодренированная;

точки определения высот местности.

Граница между зонами дренирования З-ВСД и З-СД проходит по северной окраине (Новые участки) сел. Шамхал (точка 7), далее по сел. Шамхал (восточная окраина с пересечением железной дороги, т. 5); потом по юго-восточной части сел. Шамхал-Термен (т. 6); затем следует по южной окраине сел Красноармейское (т. 11); далее по северной границе бывшего лётного поля, по северной окраине леса Эльтав (между точками 2 и 4).

Таблица 1

Гидрогеологические условия северо-западной площади г. Махачкалы (по данным инженерно-геологических изысканий)

№ п/п	Место проведения работ	Дата	Глубина залегания грунтовых вод(ГВ),м	Категория грунтов по сейсмичности	Коэффициент водопроводимости (КВ) м^2/сут.		Гидрогеологические районы (ГР),Г-1;Г-2;Г-3	Глубина залегания коренных пород (N 1s),м	Уклон рельефа
					Верхней толщи	Нижней толщи			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Автодром Сепараторный 42°52′43″с.ш. 47°24′32″ в.д.	2011	Без ГВ	2	-	-	3	>16,0	0,02
2	Акушинского, 92 42°58′18″с.ш. 47°25′03″в.д.	2007	3,0	2	4,0	<4,0	1	>14,0	>-0,01
3	пр. Акушинского, 90	2011	4,0	2	4,0	4,0	2	>14,0	>-0,01
4	пр.Акушинского, 32	2008	3,5	2	50,0	<4,0	1	>14,0	>-0,01
5	пр.Акушинского, между 17 и 18 линиями	2008	6,0	2	Нет	10,0	2	11,0	>-0,01
6	пр. Акушинского, 16, 40 линия	2016	Без ГВ	2	Нет	Нет	3	6,0	0,06
7	пр.Акушинского,р. Тернаир,жилой квартал		7,0	2	Нет	4,0	2	17,0	0,02
8	пр. Акушинского,96ж	2016	2,7	2	10	<4,0	1	>16,0	>-0,01
9	пр. Акушинского, р-он РКБ	2009	3,0	2	40,0	Нет	1	8,0	>-0,01
10	пр.Акушинского, 37, 19 линия	04.2015	Без ГВ	2	Нет	Нет	3	5,0	>-0,01
11	пр.Акушинского, 84	10.2017	2,0	2	10,0	<4,0	1	16,0	>-0,01
12	9-тиэт.дом, Аэропортовское шоссе, 1	05. 2007	2,2	3	4,0	Нет	1	15,3	0,005
13	Аэропортовское шоссе, Новый город	2009	2,0	3	2,0	40	2	>16,0	0,005
14	Аэропортовское шоссе, 9-ти эт. дом	2011, 2016	1,5	3	10,0	<4,0	1	16,0	0,005
15	Вузовское озеро 42°59′24″с.ш. 47°28′42″в.д.	07.2015	4,5	3	50,0	50,0	1	>16,0	0,01
16	Дагестанколхоз-здравница	2008	6,0	3	50,0	10,0	1	>1,0км	0,005
17	Караман 2, уморя, базаотдыха		5,0	3	50,0	10,0	1	>1,0км	0,005
18	Караман 5, у моря, 9-тиэт. дом, МЧС	2006	3,5	3	20	10	1	>1,0км	0,005
19	п. Красноармейский, база	2009	2,0	2	Нет /	<4,0	3	>16,0	0,005
20	ул. Керимова, уадминистрации	07.2015	2,0	2-3	10,0	5,0	1	8,5	>-0,01

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Ленинкент	09.2014	2,5	2	4,0	<4,0	1	>16,0	>-0,01
22	Школавпос. Семендер	2006	1,8	2	5,0	Нет /	1	5,5	0,01
23	Новолакское (Новострой)	2021	3,0	2	3,0	4	3	>1,0км	0,005
24	Новокули (Новострой), промзона	06.2017	1,6	2	10,0	Нет	1	>0,5км	0,005
25	Новокули (Новострой), с.-х. земли, уколлектора	07.2015	2,0	2	Нет	Нет	3	>1,0км	0,005
26	М-Тагирова (Казбекова) КОР	2016	Без ГВ	2	Нет	Нет	3	4,0	0,01
27	М-Тагирова (Казбекова), 151	08.2017	Без ГВ		Нет	Нет	3	6,0	0,01
28	Напротившколы №22	02.2018	2,10	2	2,0	4,0	2	19,0	0,01
29	М-Тагирова (Казбекова), 31	07.2017	1,30	2	35	Нет	1	9,0	0,01
30	Нефтебазевг. Махачкале	2014	3-5	3	50	10	1	18,0	0,005
31	ул. Поповича	2016	Нет	2			3	3,0	0,05
32	З-д «Радиотовары» 42°58′01″с.ш. 47°25′15″в.д.	07.2015	Нет	2	Нет о	Нет	3	13,0	0,01
33	Сев. промзона, 300 м, кр. СулакотГАИ	2011	1,0	3	50	10	1	>0,5км	0,005
34	ул. Сепараторная, 4	05.2015	6,0	2	Нет	<4,0	3	>16,0	>-0,01
35	Фавзун-Городок (пос. Семендер)	2017	1,2	2	1,0	Нет	3	12,5	0,005
36	ул. Фрунзе, 4	2020	2,0	2	10,0	Нет	1	7,0	>-0,01
37	Эльтав, р-нзавода	2015	0,7	2	10	5,0	1	8,0	>-0,01
38	Куядинский рынок	07.2016	4,0	2	10,0	Нет	1	>16,0	>-0,01
39	ул. Кундухова, 5	05.2017	0,7	3	<2,0	10,0	2	>16,0	0,005

Гидрогеологические районы (см. табл. 1) были выделены по соотношению коэффициентов водопроводимости (КВ) верхней и нижней покровных толщ, включительно до глубины залегания регионального водоупора.

Гидрогеологический район 1(ГР-1) представляет собой случай залегания также 2-х водоносных толщили одной верхней. Сверху залегает хорошо проницаемая толща мощностью до 5 – 10 м с КВ от 4 $м^2$/сут и более.

Гидрогеологический район 2(ГР-2) представляет собой случай залегания также 2-х водоносных толщ.Сверху залегает слабопроницаемая толща мощностью от 5 до 10 м, ниже залегает хорошо проницаемая толща с КВ от 4 до 60 $м^2$/сут. Инженерно-геологические разрезы, характерные для гидрогеологического района 2 это площади многоэтажного дома по улице Кундухова 5, многоэтажных домов по ул. Аэропортовское шоссе (р-он Новый Город).

Гидрогеологический район 3 (ГР-3) представлен слабопроницаемыми одно- или двухслойной толщами, с КВ менее 4 $м^2$/сут. Глубина залегания регионального водоупора меняется в пределах 5–20 м, более часто до 14 м. Примерами служат следующие объекты: Медицинский центр в селе Новолакское; 9-ти этажный жилой дом в селе Новокули (Новострой), Фавзун-Городок (пос.Семендер). (табл. 1). Перечисленные площади ГР-3 (объекты) всочетании с весьма слабой зоной дренированности (З-ВСД) являются бражными участками, препятствующими потокам грунтовых вод по их оттоку.

Влияние обводненности грунтов на их сейсмические свойства. В связи с подтоплением изменяется и несущая способность грунтов. Особенно такое явление наблюдается в городах и населенных пунктах, где имеет место затопление подземных коммуникаций и технических подвалов [13, 16]. Конечно же, следует учитывать и атмосферные осадки, и резкое уменьшение испарения влаги из-за асфальтовых покрытий. Сейсмические свойства грунтов, где распространены просадочные и другие

грунты в основаниях зданий, могут изменяться в процессе строительства и эксплуатации под воздействием техногенных явлений. Еще одна важная особенность состоит в том, чтоводопроводимые водоносные толщи грунтов и участки разгрузки грунтовых вод представляют опасность образования просадки под фундаментами.

По материалам инженерно-геологических изысканий и полученным геофизическим данным можно определить приращение сейсмической интенсивности исследуемого участка к среднему (исходному) баллу. Расчет приращения производится в соответствии с эмпирической формулой С.В. Медведева [17]:

$$\Delta J = 1{,}67 \lg \frac{V_0 \rho_0}{\bar{V}_i \cdot \bar{\rho}_i} + e^{-0{,}04 Z_h^2} + \Delta J_{рез} \quad , \qquad (1)$$

где $V_0 \rho_0$ и $\bar{V}_i \, \bar{\rho}_i$ – сейсмические жесткости, соответственно средних и исследуемых грунтов, Z_h– глубина уровня грунтовых вод (УГВ), $\Delta J_{рез}$ – приращение за счет резонанса грунтов.

Уровень стояния грунтовых вод (УГВ) связан с сейсмическими свойствами грунтов. Известно, что влияние грунтовых вод при их уровне ниже глубины 10 м не существенно. Сейсмическое событие сопровождается спектральным составом, формирующихся в процессе прохождения сейсмической волны по разным грунтовым толщам. Основную форму колебаний представим в соответствии с эмпирической формулой [18]:

$$T=4H/v_s, \qquad (2)$$

где T – период колебаний; H– мощность толщи; v_s– скорость распространения поперечной волны.

Анализ инженерно-геологических условий территории города (Сейсмическое микрорайонирование..., 1988), а также значений скоростей распространения сейсмических волн в грунтах показывает, что ни один тип грунта, или инженерно-геологический участок не отвечает в полной мере понятиям среднего или эталонного грунта. Наилучшими грунтами с сейсмической точки зрения на территории г.Махачкалы являются трещиноватые известняки среди толщи сарматских глин, расположенные в пределах Анжарской гряды. Скорости распространения сейсмических волн в 10 метровой толще на участках выходов этих известняков, исключая верхние 2м, составляют: V_P= 1860 м/с, V_S = 680 м/с (плотность ρ = 2,1 г/см^3).

Эти значения несколько ниже приводимых в п. 5.3. РСН 66-87, но, если приведенные параметры сопоставить с минимальными значениямипараметров «средних» грунтов (п.5.1 РСН 66-87), то окажется, что разница по продольным волнам составляет – 1,0 балла, а по поперечным волнам– 0,88 балла. Средняя разница между предложенными параметрами грунтов и минимальными параметрами «средних» грунтов по п. 5.1. РСН 66-87 составляет – 1 балл. Исходная сейсмическая интенсивность на выходах этих грунтов должна быть уменьшена на 1 балл по сравнению с фоновой интенсивностью, равной 8 баллам для средних грунтов.

В связи с изложенным выше, необходимо провести работы по созданию цифрового комплекса (цифровая платформа), с использованием геоинформационных технологий и специализированного дистанционного зондирования (далее СДЗ), в рамках разработки единой государственной геоинформационной системы «Цифровая геологическая карта» Республики Дагестан (ГИС ЦГК РД), в части выявления опасности, обработки и мониторинга сейсмической обстановки. Для этого необходимо использовать результаты работ по сейсмотектоническому исследованию и

по сейсмическому микрорайонированию территории г. Махачкалы. Подобный опыт работ имеется в Институте геологии ДФИЦ РАН [18 -20 и др.].

Выводы

1. Северо-западная площадь г. Махачкалы естественно-природноподтопленная, а верхняя махачкалинская терраса менее подтоплена. Процесс подтопления,с учетом застройки города, будет усиливаться.
2. Строительство жилых многоэтажных домов в г. Махачкале, в нижней части, где зона дренированности весьма слабая, необходимо сократить.
3. Для выделенных гидрогеологических районов города требуется проводить соответствующие типы дренажа грунтовых вод.

Город интенсивно расширяется вследствие строительства многоэтажных и малоэтажных домов. Анализ проведенных исследований показывает необходимость проведения сейсмического микрорайонирования города Махачкалы в современных границах и на перспективу.

Литература

1. *Кондаков В.М., Кондакова Н.В.* Интерпретация фильтрационных свойств водоносных песков // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2019. № 2(77). С. 50-54.
2. *Кондаков В.М., Мамаев С.А., Мусаев М.А.* Геоморфологические и гидрогеологические условия центральной юго-восточной площади г. Махачкалы в связи с подтоплением // Труды Института геологии ДНЦ РАН. 2020. № 4(83). С. 28-40.
3. Инженерно-геологические условия северо-западной территории г. Махачкалы в связи с подтоплением / *Кондаков В.М., Мамаев С.А., Мусаев М.А., Мамаев А.С.* // Геология и геофизика Юга России. 2021. Т. 11. № 3. С. 45-54.
4. *Хаин В.Е., Ломидзе М.Г.* Геотектоника с основами геодинамики. Учебник. М.: Изд-во МГУ, 1995. 480 с.
5. Сейсмотектоника высокогорной части Восточного Кавказа и перспективы газоносности на примере естественного проявления газа с. Цущар (Дагестан) / *Мамаев С.А., Юсупов А.Р., Мамаев А.С., Юсупов З.А.* // Геология и геофизика Юга России. 2020. Т. 10. № 4. С. 150-163.
6. *Ревелис И.Л., Кучеренко И.В.* Инженерно-геологический очерк территории города Махачкалы. Махачкала: Дагестанское книжное издательство, 1969. 88 с.
7. Отчет о СМР территории перспективной застройки г. Махачкала / Госстрой РСФСР. СтаропольТизис. Пятигорск. 1988. 550 с.
8. *Кац Д.М., Шестаков В.М.* Мелиоративная гидрогеология. М.: Недра, 1981. 296 с.
9. Kopylov I.S. Geodynamic and technogenic processes in the areas of oil and gas production and their ecological consequences. // International Scientific Conference «Control of production and natural resources», Australia (Sydney), March 26 – April 6, 2013. European Journal of Natural History. 2013. No. 3. P. 59. URL: www.world-science.ru/euro/495-33138.
10. Kopylov I.S., Kovin O.N., Konoplev A.V. Forecasting of geodynamic hazards at potash mines using remote sensing data: a case study of the Tubegatan deposit, Uzbekistan. // International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2015. No. 1-3. Pp. 305-311.
11. *Монюшко А.М.* Инженерно-геологическая оценка сарматских глин. М.: Наука, 1974. 35 с.
12. *Монюшко А. М.* Роль техногенеза в формировании инженерно-геологических свойств глин. М.: Недра, 1985. 143 с.
13. Cooper H.H., Bredehoeft J.D., Papadopulos I.S., Bennet R.R.The response of well-aquifer system to seismic waves. // J. Geophysical Research. 1965. Vol. 70. Pp. 3915-3926.
14. *Заалишвили В.Б.* Сейсмическое микрорайонирование территорий городов населенных пунктов и больших строительных площадок. М.: Наука, 2009. 350 с.
15. Shi Zh., Wang G., Manga M., Wang C.-Y. Mechanism of coseismic water level change following four great earthquakes –insights from co-seismic responses throughout the Chinesemainland.// Earth and Planetary Science Letters. 2015. Vol. 430. Pp. 66-74. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.08.012
16. Zhang Sh., Shi Zh., Wang G., Zhang Zh. Quantitative Assessment of the Mechanisms of Earthquake-Induced Groundwater-Level Change in the MP Well, Three Gorges Area. // Pure Appl. Geophys. 2018.
17. *Медведев С.В.* Инженерная сейсмология. М.: Госстройиздат, 1962. 260 с.
18. Kanai K. Relation between the nature of surface layer and the amplitudes of earthquake motions. //

Bull. Earth. Res. Inst. 1952. Vol. 30. Pp. 31-37.
19. *Брод И.О.* Тектоника и нефтеносность Восточного Предкавказья // Советская геология. 1938. Т. VIII. № 7. С. 3-23.
20. Геоинформационные базы данных гидрогеологических параметров артезианских скважин Терско-Кумского артезианского бассейна / *Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Курбанисмаилова А.С., Мамаев А.С.* // Геология и геофизика Юга России. 2018. № 3. С. 51-63. DOI 10.23671/VNC.2018.3.16545.
21. Применение электронных баз данных в геологических исследованиях / *Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г., Гусейнова А.Ш., Юсупов А.Р., Курбанисмаилова А.С.* // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 67. С. 309-315.
22. *Мамаев С.А., Ибаев Ж.Г.* Моделирование в геологии на основе картографирования // Труды Института геологии ДНЦ РАН. 2008. № 52. С. 159-162.

УДК 551.243 (477. 61/62) DOI:10.34708/GSTOU.2021.86.35.017

ВОЛНОВАХСКО-СТАХАНОВСКИЙ ПОПЕРЕЧНЫЙ ВАЛ В СТРУКТУРЕ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА

© [1]Крисак О.С., [2]Попов Ю.В.

[1]Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина
[2]Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Вдоль поперечного Волновахско-Чернухинского глубинного разлома проявлены складки, секущие основную складчатость Донбасса, сформированные в период альпийского тектоногенеза. Особенности тектонических дислокаций позволяют выделить их в отдельную структуру - Волновахско-Стахановский поперечный вал. Развитие основных складчатых структур в пределах вала связано со сдвиговыми дислокациями, при этом ряд структурных форм высокого порядка сформированы в условиях локальных полей взбросовых (надвиговых) напряжений.

Ключевые слова: *Волновахско-Чернухинский разлом, альпийская складчатость.*

Геологическая история Донецкого бассейна, в том числе особенности распространения магматизма и эндогенной минерализации, определяются, главным образом, развитием глубинных разломов [12]. В Донбассе зоны глубинных разломов оказали существенное влияние на пространственное размещение гидротермальных рудных полезных ископаемых. Одним из наиболее важных (с точки зрения рудоносности) является Центрально-Донецкий продольный глубинный разлом. В зоне этого разлома вдоль сводовой части Главной антиклинали, осложненной складчатостью более высокого порядка, расположены все известные рудные месторождения Никитовского и Нагольного рудных полей, Дружковско-Константиновской антиклинали и Бантышевского купола [6, 18]. Именно вдоль этих структур с запада на восток довольно четко наблюдается закономерная смена зон рудной минерализации от ртутной (киноварь) и сурьмяно-ртутной (антимонит, киноварь) до золотополиметаллической (галенит, сфалерит). Наряду с продольными глубинными разломами в Донбассе развиты поперечные глубинные разломы, основными из которых являются Каменский, Степной, Донской, Ровенецкий, а также Волновахско-Чернухинский [17] (известный также как Волновахско-Казанский [2] или Донецко-Кадиевский [5, 13]) поперечный разлом.

В Донбассе зона Волновахско-Чернухинского глубинного разлома, простирающегося в направлении городов Волноваха-Стаханов-Луганск, контролирует развитие в палеозойском и мезозойском структурных этажах складок субширотного и северо-восточного направления, западный контур распространения девонских основных эффузивов в зоне сочленения Донбасса с Приазовьем [10], а также выделяется повышенным тепловым полем [4]. В структурном плане контролируемая Волновахско-Чернухинским разломом область распространения складок, ориентированных поперечно основным складчатым структурам Донецкого бассейна, можно определить как *Волновахско-Стахановский поперечный вал*.

В северной части Донбасса Волновахско-Стахановский поперечный вал проявлен в серии субширотных асимметричных складок, формирующих в пределах Алмазно-Марьевского угленосного района так называемый Алмазный «синклинорий» (рис. 1) [16]. Наиболее крупной складчатой структурой этого района является Калиновская синклиналь, сформированная в герцинский цикл складчатости (пфальская фаза) с последующим образованием наложенной складчатости и надвигов в последующие фазы альпийского тектоногенеза [14].

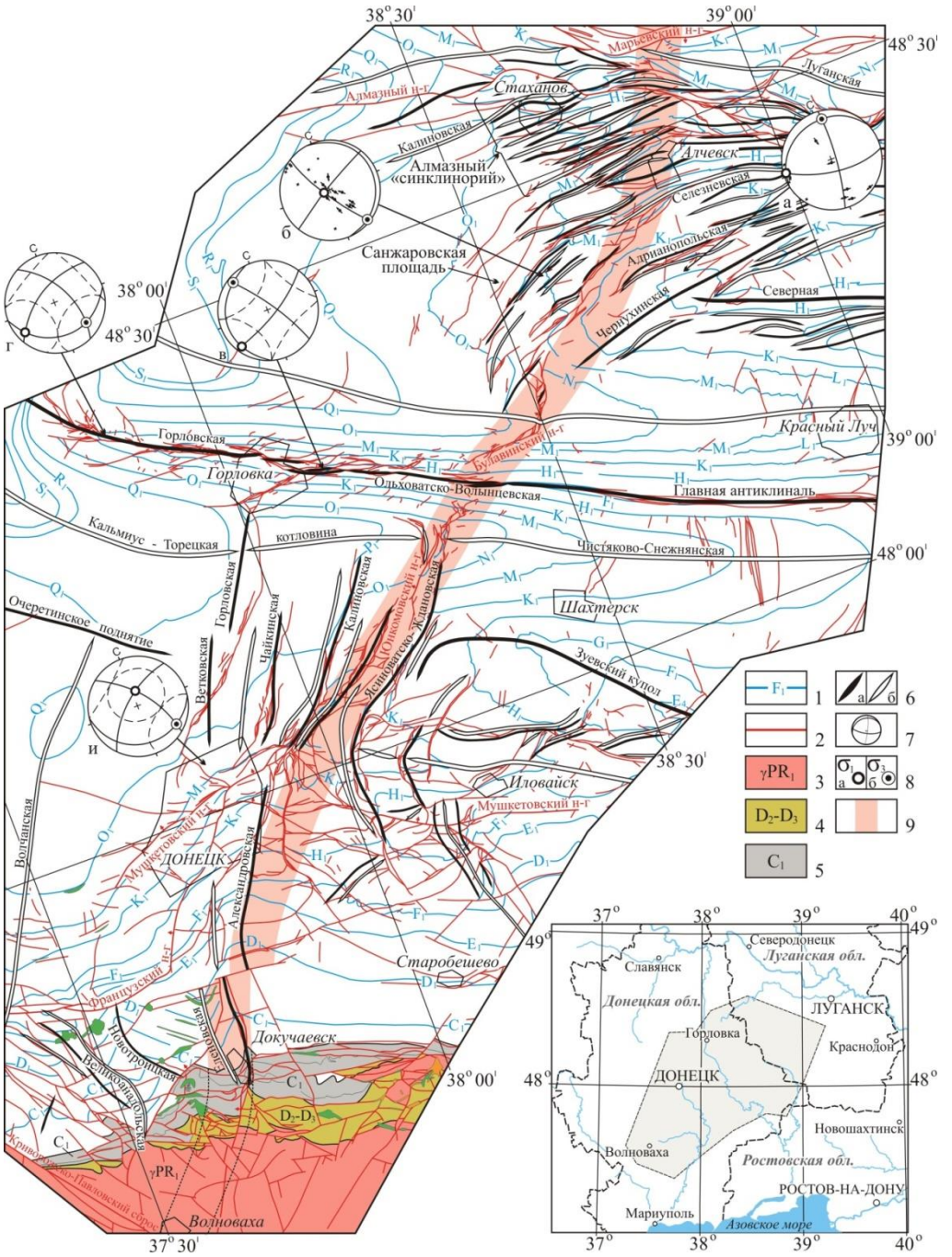


Рис. 1. Геолого-структурная карта Волновахско-Стахановского поперечного вала

1 – маркирующие горизонты; 2 – разрывные нарушения; 3 – раннепротерозойский комплекс гранитоидов; 4 – средне-верхнедевонские отложения; 5 – нижнекаменноугольные отложения; 6 – оси складок: а – антиклинальных, б – синклинальных; 7 – стереограммы реконструкций полей напряжений; 8 – оси главных напряжений на стереограммах: а – ось сжатия σ_3, б – ось растяжения σ_1; 9 – Волновахско-Стахановский поперечный вал.

Юго-западнее Алмазного «синклинория» расположены складки восток-северо-восточного и северо-восточного простирания Селезневского угленосного района: Чернухинская и Адрианопольская антиклинали и Селезневская синклиналь. Формирование этих антиклиналей произошло в условиях сдвиговых деформаций (рис. 1а), а брахискладок третьего порядка Селезневской синклинали – во взбросовом поле напряжений (рис. 1б) [8]. Установленные поля напряжения по ориентировке осей главных нормальных напряжений в пространстве относятся к ларамийской фазе альпийского тектоногенеза [3, 9].

На крыльях Главной антиклинали Волновахско-Стахановский вал проявлен вдоль основного простирания Булавинского надвига на северном крыле и Юнкомовского надвига на южном крыле. Предполагается, что эти надвиги представляют части единого разрывного нарушения, разобщенного Центрально-Донецким глубинным разломом. Прямолинейная трассировка северо-восточных отрезков этих надвигов определяет горизонтальное смещение Булавинского надвига относительно Юнкомовского к востоку на 7,0-8,5 км, что отражает амплитуду правостороннего сдвига по продольному Центрально-Донецкому глубинному разлому [10]. Подтверждением предположения о характере тектонических подвижках вдоль глубинного разлома под Главной антиклиналью служат данные тектонофизических исследований Никитовского рудного поля. Морфология и кинематика разрывов, наличие кулисообразных складок второго порядка, трещинных структур, рудораспределение, а также характер полей напряжений (рис. 1в) свидетельствуют об их генетической связи с правым сдвигом вдоль Центрально-Донецкого глубинного разлома в ларамийскую фазу складчатости. Подобные параметры полей напряжений (рис. 1г) также проявлены в пределах западного замыкания Горловской антиклинали [11].

Южнее Главной антиклинали расположена Кальмиус-Торецкая котловина и Чистяково-Снежнянская синклиналь, являющиеся составной частью Южной синклинали. Особенностью Южной синклинали является воздымание оси в пределах Юнкомовского надвига, что и привело к разделению складок более высокого порядка [16]. Образованное этой складкой поднятие также можно рассматривать как принадлежащее к Волновахско-Стахановскому поперечному валу.

В сводовой части Горловской антиклинали Волновахско-Стахановский поперечный вал проявлен в развитии кулисообразных складок, основной из которых является Ольховатско-Волынцевская антиклиналь (к северо-западу кулисообразно сочленяющаяся с Веровской антиклиналью).

Южнее, в пределах Донецко-Макеевского угленосного района, имеется ряд специфических флексур, которые занимают поперечное положение по отношению к основным линейным складчатым структурам Донбасса. Главными из них с востока на запад являются: Ясиновско-Ждановская, Калиновская, Чайкинская и Ветковская флексуры [14, 15]. Характерной особенностью флексур служит формирование нисходящего ряда «ступеней», где каждая последующая структура к западу имеет меньшую амплитуду и более простую форму. Также следует отметить особенности строения Зуевского купола, являющегося составной частью Южной антиклинали. На всем протяжении купол имеет более или менее общедонецкую ориентировку, однако, в западном направлении, по мере приближения к поперечным структурам Донецко-Макеевского района он изгибается и погружается в юго-западном направлении, приобретая ориентировку, параллельную Ясиновско-Ждановской флексуре. По данным авторов [7] в пределах Донецко-Макеевкого угленосного района выделен Волновахский поперечный вал северо-восточного простирания, деформации в котором отражают поле напряжений альпийской фазы складчатости. В южной части района наблюдается серия сдвиговых зон, по-видимому, связанных с глубинным разломом субширотного простирания (известным как Мушкетовский [5]), фиксируемым на профилях ГСЗ под Мушкетовским надвигом. При этом проявлены локальные структуры, связанные с продольным изгибом складок в надвиговом поле напряжений.

Юго-западнее флексур Донецко-Макеевского угленосного района Волновахско-Стахановский поперечный вал проявляется вдоль субмеридиональной Александровской антиклинали и сопряженной с запада Еленовской синклинали. Для этих складок, распространенных вплоть до выходов на поверхность девонских отложений, характерно наличие четкого смещения осевых частей вдоль зоны субширотных разрывных нарушений.

В пределах Южно-Донбасского глубинного разлома в юго-западной части Донбасса преобладает сбросо-сдвиговые и сдвиговые дислокации. В локальных объемах западнее Волновахско-Стахановского поперечного вала отмечается взбросовый (надвиговый) тип поля напряжений, вторичного по отношению к основным дислокациям.

В Приазовье, южнее Южно-Донбасского глубинного разлома, отделяющего Приазовский мегаблок Украинского щита от Донецкого складчатого сооружения, продолжение Волновахско-Чернухинского разлома устанавливается по зоне Мануильского разлома [10], для которой характерны тектонически нарушенные зоны, катаклаз и милонитизация, а также преимущественно субмеридиональная диагональная ориентировка тектонических нарушений [1].

Таким образом, особенности дислоцированности пород дают основание выделить поперечный по отношению к ориентировке основных структур Донецкого бассейна Волновахско-Стахановский вал, структуры которого контролируются Волновахско-Чернухинским разломом, сформированы в ларамийскую фазу альпийского тектоногенеза и испытали наложенные деформации на юге территории в позднеальпийское время. Наряду с широко проявленными сдвиговыми дислокациями в пределах вала типично развитие структурных форм высокого порядка, образованных в условиях локальных полей взбросовых (надвиговых) напряжений.

Литература

1. *Бобров В.П., Русаков Н.Ф.* О юго-западном продолжении Волновахско-Чернухинского глубинного разлома и его перспективах на площади Приазовского кристаллического массива / Тез. док. обл. геол. конф. Степановские чтения. Артемовск. 1986. С. 23-25.
2. *Гавриш В.К., Добрянский Л.А., Мурич А.Т.* Нефть, газ, ртуть и глубинные разломы Донбасса. Киев: Институт геол. наук АН СССР, 1984. 56 с.
3. *Гинтов О.Б.* Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: «Феникс», 2005. 572 с.
4. *Гордиенко В.В., Гордиенко И.В. Завгородняя О.В.* Тепловое поле Донбасса // Геофизический журнал. 2015. Т. 37. № 1. С. 3-23.
5. *Доленко Г.Н., Варичев С.А., Колодий В.В. и др.* Разломная тектоника и нефтегазоносность Украины. Киев: Наукова думка, 1989. 116 с.
6. *Зациха Б.В.* Кристаллогенезис и типоморфные особенности минералов ртутного и флюоритового оруденений Украины. Киев: Наукова думка, 1989. 192 с.
7. *Копп М.Л., Корчемагин В.А.* Кайнозойские поля напряжений/деформаций Донбасса и их вероятные источники // Геодинаміка. 2010. № 1 (9). С. 37-49.
8. *Крисак О.С., Павлов И.О.* Структурно-тектонофизические особенности формирования трещинных структур Селезневского угленосного района Донбасса / Материалы Международной НПК Инновационные перспективы Донбасса. Донецк. ДонНТУ. 2020. Т. 6. С. 48-53.
9. *Крисак О.С., Попов Ю.В.* Минеральные ассоциации жил с кварцем типа «диаманты Донбасса» Селезневского угленосного района (складчатый Донбасс) // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2021. Т. 2. С. 66-72.
10. *Майданович И.А.* О возрасте глубинных разломов Донбасса // Тез. док. геол. конф. Степановские чтения. Артемовск. 1969. С. 57-59.
11. *Никитенко А.В.* Поля напряжений западного замыкания Горловской антиклинали Донбасса и стадийность их развития // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Гірничо-Геологічна». Вип. 1 (20). Донецьк: ДонНТУ, 2014. С. 113-121.
12. *Панов Б.С.* Глубинные разломы и минерагения линиамента Карпинского с позиции синергетического анализа. Препринт ИГМР-94. Киев. 1994. 74 с.

13. *Панова Е.А., Привалов В.А.* Влияние тектонического поля напряжений на геодинамическую активность и газообильность горных выработок: результаты моделирования // Проблеми гірського тису. Сб. науч. тр. № 6. Донецьк: ДонДТУ, 2001. С. 28-45.
14. *Попов В.С.* Тектоника Донбасса / В кн.: Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР. М.: Госгеолтехиздат, 1963. Ч. 1. С. 103-152.
15. *Смишко Р.М.* Особенности формирования флексур Донецко-Макеевского района Донбасса // Геология и геохимия горючих ископаемых. Киев. 1979. № 53. С. 34-39.
16. Структурная геология Донецкого угольного бассейна / М-во геологии СССР. ВНИГРИуголь. М.: Недра, 1985. 149 с.
17. *Суярко А.В.* К вопросу о разгрузке вод глубоких горизонтов Украинской части Большого Донбасса. Тез. док. геол. конф. Стапановские чтения. Артемовск. 1969. С. 209-212.
18. *Удалов И.В.* Формы нахождения микроэлементов в каменных углях и антрацитах Северо-Восточного Донбасса вблизи ртутно-рудных тел // Вістн. Дніпр. ун-ту. Серія «Геологія. Географія». 2015. 23 (1). С. 137-143.

УДК 549.01 DOI:10.34708/GSTOU.2021.74.49.018

ПЕРВИЧНЫЕ ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В «ДИАМАНТАХ ДОНБАССА» СЕВЕРНОЙ АНТИКЛИНАЛИ СКЛАДЧАТОГО ДОНБАССА

© [1]Крисак О.С., [2]Шарова Т.В.

[1]Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина
[2]ЮФУ, г. Ростов-на-Дону

В работе рассмотрены результаты определения состава и температур гомогенизации первичных включений в «диамантах Донбасса» из жил в песчаниках Селезневской синклинали. Двухвершинные кристаллы «диамантов» характеризуются наличием большого количества первичных включений в форме отрицательных кристаллов, приуроченных к зонам роста. По составу выделено 2 группы включений: первая группа – метановые с тонкой пленкой водного раствора на стенках вакуолей; вторая группа – двухфазные, жидка фаза водная, газовая фаза соответствует метану и более высокомолекулярным углеводородам близким к этану. Температуры гомогенизации двухфазных водорастворимых включений составляет 116-118°С.

Ключевые слова: *«диаманты Донбасса», «мармарошские диаманты», флюидные включения.*

Прозрачные естественно ограненные двухвершинные кристаллики горного хрусталя, известные как «диаманты» с местными названиями (арканзасские, богемские, мармарошские, рейнские и др.), являются специфичными образованиями, характеризующимися присутствием низкотемпературных флюидных включений, часто насыщенных углеводородами. Области развития таких образований тяготеют к зонам глубинных разломов, являющимися региональными рудоподводящими структурами, и площадям установленной или перспективной нефте- и газоностности, что привлекает к ним пристальное внимание исследователей. В Донбассе распространение «диамантов» совпадает с участками повышенного содержания ртути в углях и развитием гидротермальной киноварь-диккитовой минерализации [4, 5, 7].

Одним из районов их развития является область западного замыкания Северной или Колпаковско-Замчаловской антиклинали Складчатого Донбасса, выделяющаяся развитием секущих по отношению к основному направлению складчатости Донецкого бассейна структур второго порядка – Чернухинской антиклинали и Селезневской синклинали восток-северо-восточного и северо-восточного простирания. Межпластовые жилы с «диамантами» в песчаниках и известняках здесь связаны преимущественно с присводовыми частями брахискладок третьего порядка Селезневской синклинали (рис. 1). Для жильных тел свойственно наличие друзовой текстуры. Последовательность минералообразования в таких жилах зависит от состава вмещающих пород. В пластах песчаников она описывается последовательностью: щетка горного хрусталя → дымчатый кварц скелетного роста → горный хрусталь → диккит. В пластах известняков: серый кальцит → дымчатый кварц и горный хрусталь → прозрачный кальцит. Более сложная схема последовательности минералообразования наблюдается в межпластовых жильных телах с остаточными полостями в известняке L_7: молочно-белый кальцит I и кварц → флюорит → молочно-белый кальцит II → серый кварц → дымчатый кварц → горный хрустать → барит → прозрачный кальцит → диккит.

Поскольку двухвершинные кристаллы «диамантов» типичны для ртутных рудопроявлений Донбасса (Никитовского рудного поля, Докучаевского, Амвросиевского и др.) [1, 6] особый интерес представляют результаты сопоставления условий гидротермального минералообразования рудных объектов и изучаемых проявлений. Наиболее информативными в этом отношении являются флюидные включения в

минералах, в первую очередь первичные, несущие информацию о составе растворов и P-T параметрах минералообразования.

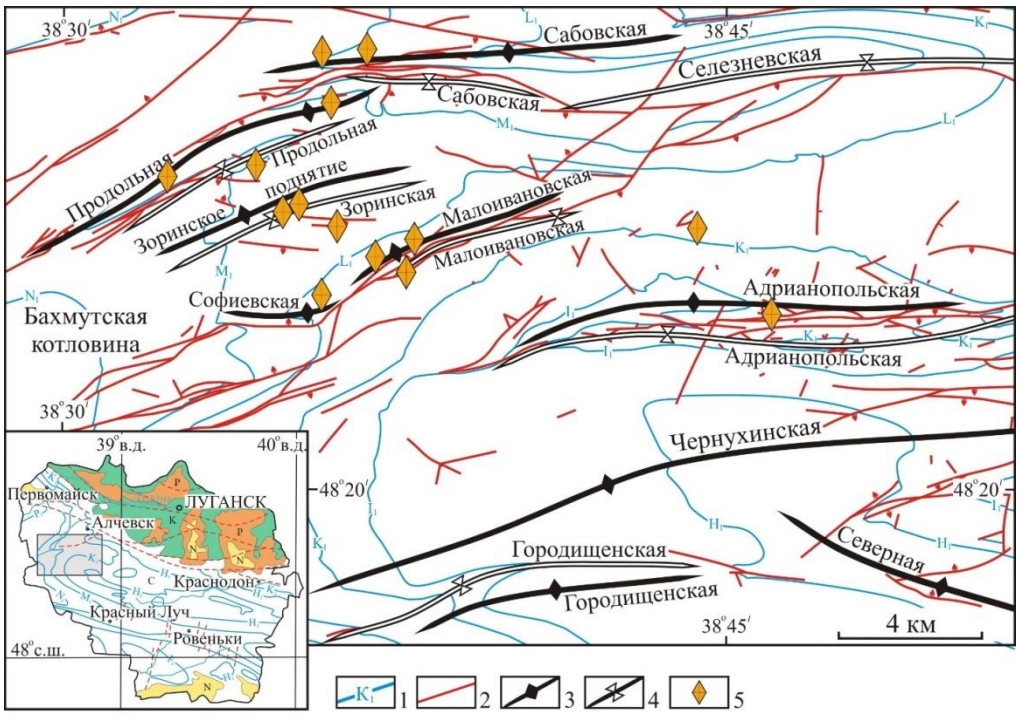


Рис. 1. Проявления кварца типа «диамантов» в области западного замыкания Северной антиклинали Складчатого Донбасса

1 – маркирующие горизонты; 2 – разрывные нарушения; 3 – ось антиклинальных складок; 4 – ось синклинальных складок; 5 – участки проявления кварца типа «диамантов»

Авторами проведено определение температур гомогенизации двухфазных включений в дымчатых кварцах и горном хрустале из жил в песчаниках Селезневской синклинали с использованием температурного столика Linkman THMS600 (аналитик Т.В. Шарова) и определение состава образующих их фаз методом спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС) на микро-спектрометре Renishaw inVia Reflex с возбуждением излучением аргонового лазера ($\lambda = 514{,}5$ nm) (аналитик А.С. Михейкин).

Двухвершинные кристаллы «диамантов» характеризуются наличием большого количества первичных включений в форме отрицательных кристаллов, приуроченных к зонам роста кристаллов кварца, либо расположенных равномерно в виде единичных объектов или группами по 2-3 включения по всему объему минерала-хозяина. Представлены они двумя разновидностями. В подчиненном количестве наблюдаются цепочки первичных газовых включений в виде хорошо ограненных отрицательных кристаллов с огранкой двуглавого кристалла кварца (рис. 2 А) размером от 0,08 мм до 0,14 мм. Включения заполнены газом, по периметру наблюдается тонкая пленка водного раствора, объем которой не превышает 1,5-2%. Такие включения имеют метановый состав; в спектрах КРС линия смещена относительно типичного для метана значения 2917 $см^{-1}$ в сторону меньшего волнового числа, что объясняется влиянием молекул воды на колебания молекулы CH_4. Вторая группа представлена двухфазными включениями, часто близкими к негативной форме кристаллов (рис. 2 Б), размером от 0,003-0,005 мм до 0,3 мм. При комнатной температуре (~25 °С) газовая фаза занимает не более 10% объема включения. Состав жидкой фазы – водный; в газовой фазе на спектр КРС линии

соответствуют метану или смещены относительно типичного для него значения в сторону больших волновых чисел, что указывает на более высокомолекулярные углеводороды, близкие к этану (рис. 2 Б).

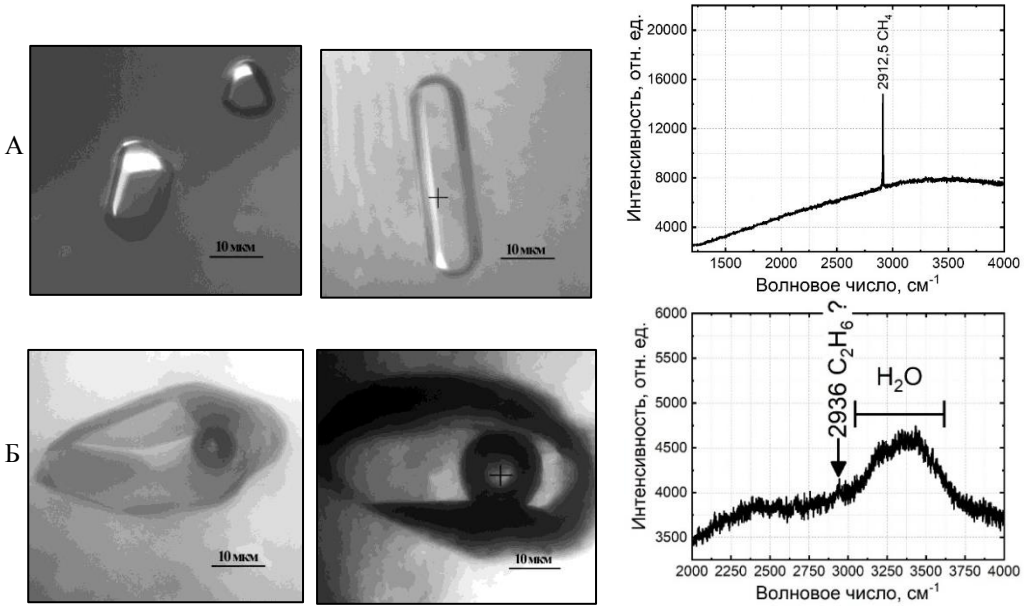


Рис. 2. Первичные включения метанового (А)
и водно-метанового (Б) состава; указаны места проведения измерений состава
методами спектроскопии КРС и полученные спектры

Температуры гомогенизации двухфазных водорастворимых включений, зафиксированные в момент исчезновения газового пузырька при нагревании препарата в термокамере и принимаемые за минимальные температуры улавливания жидкости при осаждении минералов, составили 116-118°С.

В сравнении с составом первичных включений поздней, содержащей кварцы типа «диамантов», генерации кварцев ртутных объектов Донбасса рассмотренные включения из кварцев западного замыкания Северной антиклинали характеризуются значительно более низкой температурой кристаллизации и отсутствием в составе флюидных включений CO_2. Так, для горного хрусталя дипирамидального облика Никитовского рудного поля температура гомогенизации включений составляет 140-150°С [2-3], Славянского месторождения – 220-200°С, Докучаевского проявления – 175-170°С [4].

В целом, формирование «диамантов Донбасса» связано с гидротермальной метаново-углекислотно-водного состава системой, широко проявленной в области ларамийской активизации Складчатого Донбасса. При этом условия минералообразования значительно изменялись в зависимости от структурной локализации жил. Рассмотренные жилы на площади Селезневской синклинали образовывались в условиях поступления относительно охлажденных растворов в сводовые части брахискладок более высокого порядка.

Литература

1. *Багатаев Р.М., Роговой В.М.* Геологическое изучение и освоение Никитовских ртутных месторождений Донбасса (Украина). М.: Научный мир, 2011. 182 с.
2. *Головченко Н.Г., Мазь Н.И., Симкив Ж.А.* О некоторых условиях формирования ртутных месторождений / Термобарогеохимия и рудогенез: материалы 4-го Всесоюз. совещ. по

термобарогеохимии. Владивосток. 1980. С. 188-192.
3. *Головченко Н.Г.* Об условиях формирования ртутных месторождений Закарпатья и Донбасса // Вестник Львов. ун-та. Сер. Геол. 1971. №5. С. 14-19.
4. *Зациха Б.В.* Кристаллогенезис и типоморфные особенности минералов ртутного и флюоритового оруденений Украины. Киев: Наукова думка, 1989. 192 с.
5. *Зубов В.И.* Кристалломорфология киновари и ее использование при поисках ртутных месторождений. М.: Недра, 1976. 80 с.
6. *Зубов В.И., Багатаев Р.М., Полукеев Л.И.* Некоторые черты модели ртутного оруденения кварц-диккитового типа по данным изучения глубоких горизонтов Никитовского месторождения / Условия локализации сурьмяно-ртутного и флюоритового оруденения рудных полей: Сб. науч. тр. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1991. С. 53-62.
7. *Крисак О.С., Попов Ю.В.* Минеральные ассоциации жил с кварцем типа «диаманты Донбасса» Селезневского угленосного района (складчатый Донбасс) // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2021. Т.2. №2. С. 66-72.

УДК 550.362 DOI:10.34708/GSTOU.2021.35.11.019

ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ РАДИОТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ В ОСАДОЧНОЙ ТОЛЩЕ КИЗЛЯРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

© [1]Маммаев О.А., [2]Маммаев Б.О.

[1]ИПГВЭ ИВТ РАН, г. Махачкала
[2]ИГ ДФИЦ РАН, г. Махачкала

Проведен анализ процессов радиотеплогенерации в горных породах осадочной толщи Кизлярского месторождения геотермальных вод. На основе экспериментальных данных концентраций естественных радиоактивных элементов (ЕРЭ) проведен расчет величины радиотеплогенерации осадочной толщи.

Ключевые слова: *естественные радиоактивные элементы (U, Th, K), радиотеплогенерация, горные породы, концентрация, тепловое поле.*

В связи с оценкой возобновляемой геотермальной энергии глубинного тепла Земли, очень важно на примере конкретного месторождения проанализировать природу составляющих теплового потока, наблюдаемого на поверхности и выяснить вклад в эту энергию процессов радиотеплогенерации за счет радиоактивного распада естественных радиоактивных элементов урана, тория, калия в осадочных горных породах и консолидированных слоях земной коры.

По современным научным представлениям основным источником внутренней энергии недр Земли являются содержащиеся в горных породах и пластовых водах естественные радиоактивные элементы (ЕРЭ).

В данной работе, используя результаты собственных исследований, а также фондовые и литературные данные, проведена попытка анализа составляющих и оценки потенциальной геотермальной энергии с выяснением вклада процессов радиотеплогенерации в осадочной толще на примере Кизлярского геотермального месторождения.

В качестве расчетной ячейки нами выбран объем осадочной толщи и пластовых вод, заключенных в объеме 125 км^3. При принятой мощности осадочной толщи до глубины 5 км, размер площади рассматриваемой ячейки соизмерим с площадью г. Кизляр (5×5 км) и составляет большую часть Кизлярского геотермального месторождения.

Определение теплового потока дает наиболее полную информацию о тепловом состоянии Земли, изучение которого необходимо для решения многих геологических, геофизических и геотермических проблем.

Наблюдаемый у поверхности Земли тепловой поток, хотя и имеет глубинное происхождение, деформируется в литосфере вследствие происходящих в ней различных геологических процессов, сопровождающихся генерацией или поглощением тепловой энергии, а также перераспределением тепла движущимися подземными водами. При оценке этих факторов в формировании естественного теплового поля литосферы можно выделить среди них главные и второстепенные.

Наряду с экспериментальным значением величины реально наблюдаемого в разрезе кондуктивного теплового потока, требуется анализ роли различных источников глубинного тепла – их мощности, распределения изотопов в разрезе и по площади. Первоочередным фактором в этом отношении является явление радиоактивного распада естественных радиоактивных элементов (U, Th, K).

Радиоактивность осадочных пород в первую очередь характеризуется наличием в их составе калия и уран-ториевых элементов. По данным [12] Н.С. Боганика и В.Н. Кабрановой, осадочные породы по степени радиоактивности объединяются в три группы:

1. Породы с низкой радиоактивностью, к которым относятся хорошо отсортированные и слабо сцементированные мономинеральные кварцевые пески, песчаники, алевролиты, чистые известняки, доломиты;
2. Породы с повышенной радиоактивностью – глинистые разности осадочных пород (глинистые пески, песчаники, алевролиты, глинистые известняки и доломиты), а также породы с органическими примесями;
3. Породы с высокой радиоактивностью – калийные соли, моноцитовые и ортитовые пески, глубоководные глины, глобичериновые илы.

Вклад радиогенного тепла в тепловое поле земной коры исследовался на конкретном материале Восточного Предкавказья (Дагестан), геологическое строение которого достаточно хорошо изучено. Имеющиеся данные о распределении радиоактивных элементов в литологических горизонтах и теплофизические свойства слагающих их пород положены в основу наших исследований [9]. Содержание радиоактивных элементов в литологических разностях Кизлярского месторождения (табл. 1) неравномерно как по площади, так и по вертикали. Литологический состав осадочной толщи приведен на рис. 1.

Следовательно, осадочный комплекс пород при определении в нем генерируемого радиогенного тепла нельзя принимать за однородный слой. Поэтому нами использовался метод послойного определения радиогенного тепла (ПОРТ) [12]. В состав осадочного чехла Прикумской зоны входят породы разных возрастов от палеозойского до четвертичного. Причем содержание в них радиоактивных элементов существенно колеблется. Таблица 1 составлена на основе фактических данных о содержании радиоактивных элементов в породах осадочной толщи района исследований.

Расчетные данные по радиотеплогенерации в породах осадочной толщи до глубины залегания 5 км приведены в данной таблице. Величина радиотеплогенерации в породах осадочной толщи (А) рассчитана по формуле:

$$A = 0.133\ \rho\ (0.73U + 0.20\ Th + 0.27\ K), \qquad (1)$$

где A – радиотеплогенерация в горных породах в *мкВт/м*^{3};
ρ – плотность пород в *г/см*^{3};
U, Th – содержание радиоактивных элементов в *г/т*;
К – содержание в %.

Теплофизические параметры горных пород осадочной толщи Кизлярского месторождения заимствованы из фондовых геологических и литературных данных. Масштабные исследования теплофизических параметров горных пород и изучение теплового потока осадочной толщи Прикумского и Прикаспийского регионов были проведены в Институте физики Дагестанского филиала АН СССР под руководством члена-корр. Х.И. Амирханова [3,5,7,8 и др.].

Как видно из табл. 1 разброс значений радиотеплогенерации (А) в осадочных породах Кизлярского месторождения для различных литологических разностей находится в пределах 0.76 – для мергелей верхнего мела, до 1.74 – для глин и алевролитов сарматских отложений. В целом радиотеплогенерация в горных породах относительно равномерная. Если принять согласно [8] среднее значение теплового потока ($q_{ср}$) для Кизлярского месторождения равным 63 мВт/м^2, то доля радиотеплогенерации в слое осадочных пород до глубины 5 км приблизительно 5.8 мВт/м^2 составит около 9.2 % от наблюдаемого на поверхности теплового потока.

Такие значения согласуются с значениями наблюдаемыми и в других регионах, в том числе по Дагестану.

Основными источниками внутренней тепловой энергии Земли как показывают многие исследователи [12, 6] и др. принимают естественные радиоактивные элементы (уран, торий, калий) и пока они существуют в горных породах и пластовых водах, геотермальная энергия является возобновляемой.

Анализ и оценка энергии радиотеплогенерации осадочной толщи показывает, что в рассмотренном нами объеме осадочных горных пород Кизлярского месторождения площадью 25 км^2 и мощностью 5 км величина, радиотеплогенерации по мощности составляет 144,825 10^3 Вт, что в течение суток составит 12,512·10^6 Дж, а за год - 456,720 10^7Дж, эта величина эквивалентна 1,557·10^3 (ТУТ). Следует отметить, что радиотеплогенерация учтена только в осадочной толще до глубины 5 км, без учета более глубоких слоев осадочной толщи и консолидированных слоев земной коры (гранитная и базальтовая).

А энергия, излучаемая с данной расчетной поверхности за счет наблюдаемого на поверхности теплового потока (q), эквивалентна 13,61 10^{10} Дж/сут. или 49,67 10^{12} Дж/год. Это эквивалентно соответственно 4,64 и 1693,6 (ТУТ).

Таблица 1

Оценка величины радиотеплогенерации в осадочной толще кизлярского месторождения

Возраст отложений	Глубина залегания, *H (м)*	Литологический состав	Мощность пород, *h (м)*	Плотность пород, ρ *кг/м^3* x 10^3	U 10^{-4} %	Th 10^{-4} %	K %	A *мкВт/м^3*	Q *мкВт/м^2*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q_{IV}	80	Глины	80	2.4	3	5.8	2.0	1.24	99.2
	150	Пески	70	2.0	3	8	2.4	1.18	82.6
	280	Глины	130	2.48	3	5.8	2.0	1.28	166.4
	380	Пески	100	2.0	3	8	2.4	1.18	118.0
	430	Глины	50	2.48	3	5.8	2.0	1.28	64.0
	550	Пески	120	2.0	3	8	2.4	1.18	141.6
Q_{I-III}	630	Глины	80	2.49	3	5.8	2.0	1.28	102.4
N_2 ap	730	Пески	100	2.0	3	6	2	1.05	105.0
	930	Глины	200	2.50	3	6	2	1.30	260.0
	1020	Пески	90	2.0	3	6	2	1.05	94.5
	1080	Глины	60	2.50	3	6	2	1.30	78.0
	1200	Пески	120	2.0	3	6	2	1.05	126.0
	1300	Глины	100	2.50	3	6	2	1.30	130.0
	1490	Пески	190	2.0	3	6	2	1.05	199.5
	1600	Глины	100	2.50	3	6	2	1.30	130.0
	1660	Пески	60	2.0	3	6	2	1.05	63.0
N_2 ak	1800	Глины	140	2.50	3	9	0.7	1.38	193.2
	1900	Пески	100	2.0	3	9	0.7	1.11	111.0
Контин. толща N_2 p	2000	Глины	100	2.50	3	9	2.0	1.50	150.0
	2130	Песчаники	130	2.02	3	9	2.0	1.22	158.6
	2180	Глины	50	2.50	3	9	2.0	1.50	75.0
N_1m	2250	Пески	70	2.0	5.1	10.3	2.0	1.68	117.6
	2370	Песчаники	120	2.02	5.1	10.3	2.0	1.71	205.2
N_1 s	2530	Глины, алевролиты	160	2.07	5.1	10.3	2.0	1.74	278.4
	2650	Песчаники	120	2.02	5.1	10.3	2.0	1.71	205.2
	2800	Глины, алевролиты	150	2.07	5.1	10.3	2.0	1.74	261.0
	2870	Песчаники	70	2.02	5.1	10.3	2.0	1.71	119.7
N_1 kg	2920	Глины	50	2.50	3	5.1	2.0	1.24	62.0
	3000	Пески	80	2.0	3	5.1	2.0	1.0	80.0
	3080	Песчаники	80	2.02	3	5.1	2.0	1.01	80.8

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N_1 ch	3150	Глины	70	2.54	3	5.1	2.0	1.27	88.9
	3220	Пески	70	2.02	3	5.1	2.0	1.01	70.7
	3250	Глины	30	2.54	3	5.1	2.0	1.27	38.1
	3310	Пески	60	2.02	3	5.1	2.0	1.01	60.6
$P_3 + N_1$	3580	Глины	270	2.54	3.5	7.93	2.3	1.62	437.4
	3630	Песчаники	50	2.02	3.2	6.7	2.1	1.15	57.5
	3800	Глины, алевролиты	170	2.07	3.0	10	2.2	1.34	227.8
	3830	Песчаники	30	2.02	3.2	6.7	2.1	1.15	34.5
	4350	Глины	20	2.54	3.5	7.93	2.3	1.62	32.4
P_1	4480	Мергели	130	2.40	4.2	7.1	0.4	1.47	191.1
P_2	4550	Известняки	70	2.46	3	7	0.1	1.18	84.0
K_2	4660	Мергели	110	2.40	2.3	3	0.3	0.73	83.6
	5000	Известняки	450	2.46	2.3	3	0.3	0.73	328.0
								ИТОГО:	5792.5

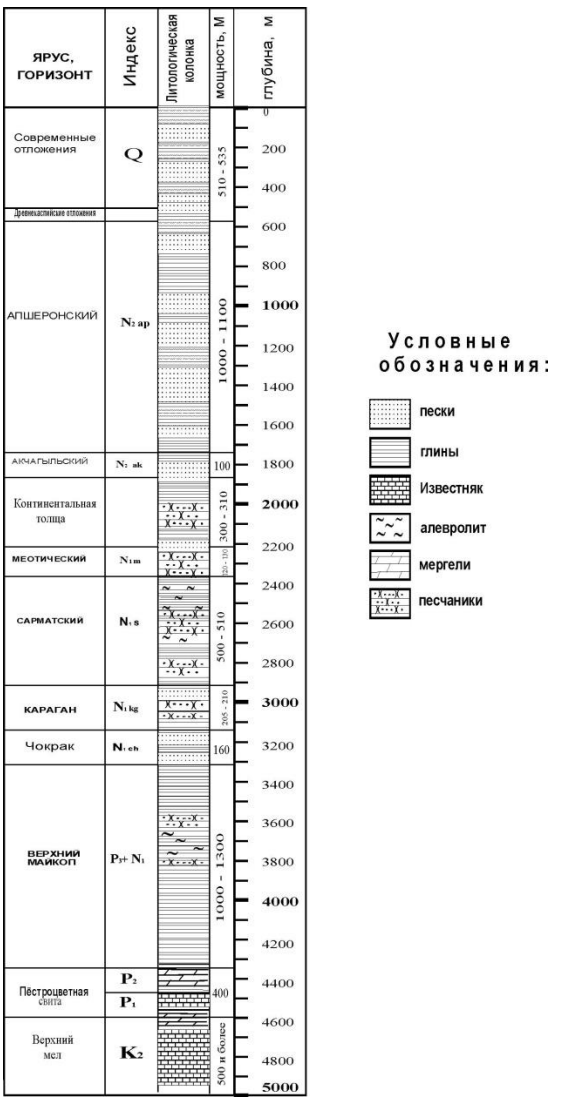


Рис 1. Литолого-стратиграфическая колонка Кизлярского месторождения

Потенциальная геотермальная энергия осадочной толщи практически неисчерпаемый источник возобновляемой энергии, что определяют периоды полураспада основных элементов радиотеплогенерации урана, тория и калия соответственно $4{,}5 \cdot 10^9$ лет, $1{,}4 \cdot 10^9$ лет и $1{,}3 \cdot 10^9$ лет. Результаты исследований показывают перспективность освоения и использования геотермальной энергии Земли в народном хозяйстве при наличии современных экологически чистых и экономически обоснованных технологий ее освоения.

Литература

1. *Мейер В.А., Ваганов П.А.* Основы ядерной геофизики. Ленинград. Изд-во: ЛГУ, 1978. 360 с.
2. *Пруткина М.И., Шашкин В.Л.* Справочник по радиометрической разведке и радиометрическому анализу. М., 1975. 247 с.
3. *Курбанов А.А.* Закономерности изменения теплофизических свойств флюидосодержащих коллекторов в пластовых РТ-условиях и способы их применения. Махачкала. Изд-во: ДНЦ РАН, 2000. 226 с.
4. *Мирзоев Д.А., Шарафутдинов Ф.Г.* Геология месторождений нефти и газа Дагестана. Махачкала. Дагкнигоиздат. 1986. 317 с.
5. Проблемы геотермальной энергетики Дагестана / Под ред. *Х.И. Амирханова и С.Н. Ятрова.* М.: Недра, 1980. 208 с.
6. *Вовк И.Ф.* Радиолиз подземных вод и его геохимическая роль. М.: Недра, 1979. 231 с.
7. *Амирханов Х.И., Суетнов В.В., Гаирбеков Х.А.* Геотермические исследования в Дагестане и вопросы практического использования тепла земли. Махачкала. Изд-во: ДНЦ РАН, 1970. 140 с.
8. *Амирханов Х.И., Ровнин Л.И., Суетнов В.В. и др*. Опыт применения нефтегазовой терморазведки. Махачкала. Изд-во: Даг. Фил. АН СССР, 1975. 223 с.
9. *Гаргацев И.О., Батырмурзаев А.С., Маммаев. О.А.* Оценка радиотеплогенерации в осадочной толще восточного Предкавказья (Дагестан). Доклады АН. 1996. Т. 346. № 3. С. 396-398.
10. *Уонг Х.* Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров. Москва. Атомиздат. 1979. 216 с.
11. *Любимова Е.А.* Термика Земли и Луны. М.: Наука, 1968. 280 с.
12. *Боганик Н.С.* Радиогенное тепло земной коры Русской платформы и ее складчатого обрамления. М.: Наука, 1975. 160 с.

УДК 553.84 DOI:10.34708/GSTOU.2021.96.48.020

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ МЕЗОКАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА АЗОВСКОГО МОРЯ

© [1]Микерина Т.Б., [2]Мазеин В.Ю.

[1]КубГУ, г. Краснодар
[2]АО «Тюменьпромгеофизика», г. Тюмень

В процессе поисков нефти и газа на в акватории российского сектора Азовского моря был получен большой объем данных о его геологическом и тектоническом строении. В работе рассмотрена, обобщена и дополнена информация о геологическом строении Азовского вала и сопредельной территории. Для выявления особенностей геологического строения были построены структурные карты и литолого-стратиграфический разрез через Азовский вал и Южно-Азовскую ступень. Отсутствие данных о содержании, составе, генетическом типе рассеянного органического вещества в осадочных отложениях не позволяет определить их нефтегенерационный потенциал. Предполагается, что структуры российского сектора Азовского моря, являясь продолжением тектонических элементов суши, имеют много общего как в истории геологического развития территории, так и в составе и строении осадочного чехла, и позволяет использовать не только геологические, но и геохимические результаты исследования рассеянного органического вещества и его битуминозных компонентов мезо- и кайнозойских отложений, полученные при бурении глубоких скважин на суше. В результате уточнены особенности геологического и литофациального строения осадочных отложений Азовского вала и Южно-Азовской ступени, в осадочном чехле по геохимическим данным выделены границы главной зоны нефтегенерации.

Ключевые слова: *Северо-Азовский прогиб, Азовский вал, Южно-Азовская ступень, Индоло-Кубанский прогиб, тектоника, дисперсное органическое вещество.*

Геолого-геофизическое изучение акватории Азовского моря началось с середины 50-х годов прошлого века. В течение всего нефтегазопоискового периода был проведен комплекс исследований, включающий грави- и магниторазведку, электроразведку и геохимическую съемку.

На акватории Азовского моря с севера на юг, в качестве основных тектонических элементов выделяются: южный склон Ростовского выступа, Северо-Азовский прогиб (САП), Азовский вал (АВ), Южно-Азовская ступень (ЮАС) и Индоло-Кубанский прогиб (ИКП) (рис.1). В пределах южного склона Ростовского выступа докембрийский фундамент разбит субширотными разломами, по которым он ступенчато опускается в южном направлении.

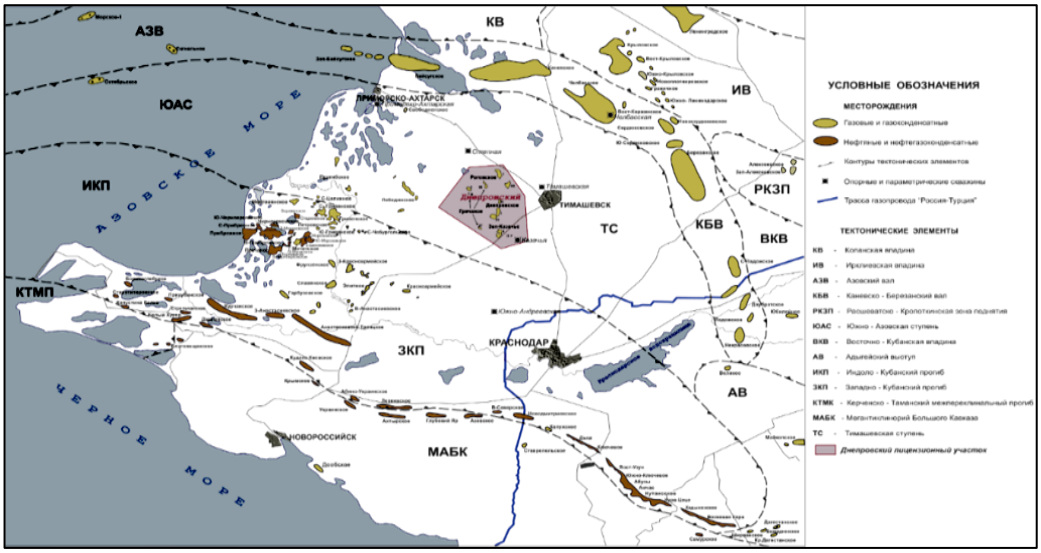


Рис. 1. Тектоническая схема района работ

Бурение глубоких скважин на акватории Азовского моря с целью выявления залежей нефти и газа началось в 1976 году, но по экологическим причинам приостановлено. За этот период на акватории пробурено 28 скважин глубиною от 560 до 3100 м; скважины сосредоточены в основном на Азовском валу преимущественно в восточной его части. Всего здесь пробурено 16 скважин, которые пересекли платформенный чехол и остановлены в юрско-триасовом промежуточном комплексе. На площадях Западно-Бейсугская, Морская, Сигнальная, Небольшая, Октябрьская получены промышленные притоки газа. На западном погружении Азовского вала на Стрелковой площади пробурены 4 скважины, две из которых остановлены в майкопской толще после вскрытия газовых залежей [1, 2, 9].

Для выявления особенностей геологического строения Азовского вала и сопредельных территорий был построен литолого-стратиграфический разрез Азовского вала по профилю: пл. Западно-Бейсугская (АВ)- пл. Морская-пл. Октябрьская (рис.2). Палеозойские отложения вскрыты скважинами как на акватории Азовского моря, так и на прилегающей суше.

Наиболее древними отложениями, вскрытыми поисковыми скважинами на всем протяжении Азовского вала, являются триас-нижнеюрские, относимые к переходному комплексу. Триас-юрские отложения залегают на породах палеозоя, представлены чередованиями песчаников и глин в западной части Азовского вала, а в восточной части разреза в районе площади Западно-Бейсугская замещаются глинистыми породами. Максимальная мощность этих отложений составляет 300 м в западной части разреза АВ, минимальная - 50 м в центре разреза. Глубина залегания кровли изменяется с запада на восток: с 1150 м глубина уменьшается до 650 м и далее на восток разреза наблюдается увеличение глубины до 1700 м. В изученных разрезах коллекторы характеризуются небольшими толщинами, обладают низкими емкостно-фильтрационными свойствами.

Среднеюрские отложения в Азовском море не обнаружены, кроме Западно-Бейсугской площади, где они предполагаются в единой толще с триасовыми и нижнеюрскими отложениями. В позднеюрское время территория Азовского вала являлась сушей.

Нижнемеловые отложения пройдены скважинами на отдельных площадях, но на большей части Азовского вала они размыты. К отложениям верхнего мела приурочен опорный сейсмический репер (отражающий горизонт III), прослеживание которого

позволило сделать вывод о широком распространении этих отложений, за исключением сводовой части Азовского вала, где верхний мел размыт (рис.2).

Джегутинская свита верхнего мела также представлена чередованием песчаников и глин, но в отличие от бурханской свиты, на востоке разрез полностью замещается песчаниками. Также как и бурханская свита нижнего мела, отложения джегутинской свиты вскрыты только на Западно-Бейсугской и Морской площадях, повсеместно залегая на отложениях триас-юрского комплекса. Мощность свиты варьирует от 0 до 150 м, но наибольшая мощность отмечается на востоке территории. Глубина залегания кровли джегутинской свиты значительно меняется от 900 до 700 м на западе Азовского вала и до 1400 м на востоке.

Породы палеоцена-эоцена встречены только на севере Азовского моря, где представлены песчано-алевритовыми осадками в низах разреза и переслаиванием глин, песков и мергелей в верхней части. Мощность толщи изменяется от 90 до 480 метров. Южнее, на всем протяжении Азовского вала, отложения палеоцена отсутствуют.

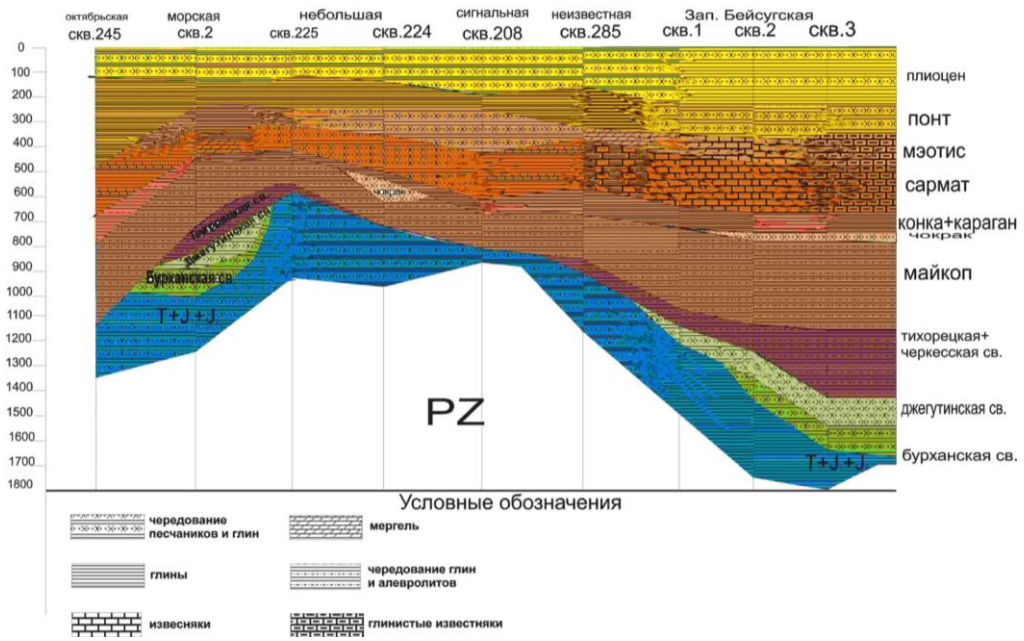


Рис. 2. Литолого-стратиграфический разрез по профилю пл. Западно-Бейсугская-пл. Морская(АВ)-пл. Октябрьская(ЮАС) (составил Мазеин В.Ю.)

Породы палеоцена-эоцена встречены только на севере Азовского моря, где представлены песчано-алевритовыми осадками в низах разреза и переслаиванием глин, песков и мергелей в верхней части. Мощность толщи изменяется от 90 до 480 метров. Южнее, на всем протяжении Азовского вала, отложения палеоцена отсутствуют.

Тихорецкая свита верхнего эоцена залегает на породах триаса-юры и джегутинской свиты, прослеживается на площадях Морская, Небольшая, Неизвестная и Зап.-Бейсугская и полностью отсутствуют в центральной части Азовского вала и на севере ЮАС (пл. Октябрьская). Толщина свиты варьирует от 0 до 120 м в западной части разреза, и от 0 до 300 м в восточной части. В западной части Азовского вала глубина залегания кровли тихорецкой свиты изменяется от 600 м (пл. Небольшая) и до 1150 м (пл. Западно-Бейсугская). В западной части АВ тихорецкая свита линзовидной формы представлена чередованиями глин и алевролитов, тогда как на востоке наблюдается её выклинивание от Западно-Бейсугской площади к центру Азовского вала.

На Бейсугской площади эоценовые отложения представлены 150-метровой толщей песчаников, глин и мергелей.

Майкопский комплекс, представленный чередованием глин и алевролитов, прослеживается по всей площади Азовского вала и залегает на отложениях мела, палеогена и переходного триас-юрского комплекса. Максимальные толщины этих отложений достигают 3500–4000 м и приурочены к осевой части Индоло-Кубанского прогиба. С юга на север мощность отложений майкопской серии постепенно убывает до 100–50 метров у северного побережья Азовского моря.

Чокракские отложения среднего миоцена, представленные песчаниками, залегают на породах майкопских отложений на двух площадях. В районе скважины 224 площади Небольшой присутствуют отложения чокрака, но далее на запад и на восток от скважины они выклиниваются (рис.2). Толщина чокракских отложений изменяется от 90 м в районе площади Небольшая (скв. № 224) и до 20 м в районе Западно-Бейсугской площади. На территории этой площади чокрак выклинивается на запад в сторону скважины №1. Глубина залегания кровли составляет от 490 до 550 м в западной части разреза и 730 м на востоке разреза. В западной части разреза они представляют собой линзовидное тело, которое может быть ловушкой для УВ.

Выше по разрезу на майкопских и чокракских отложениях залегают отложения конка-карагана, которые распространены повсеместно. Наибольшая мощность составляет 130 м в районе площади Неизвестной, тогда как на запад от этой площади она уменьшается до 10 м в районе Морской площади. На западе отложения конки-карагана выклиниваются, и происходит их литологическое замещение на глины (площадь Морская). Породы представлены однородными глинами, лишь в районе Западно-Бейсугской площади они чередуются с мергелями.

Сарматские отложения, залегающие на породах конки-карагана, распространены по всей акватории Азовского вала и отличаются литологическим разнообразием. Их толщина уменьшается в западном направлении от 210 м в районе площади Сигнальная до 90 м в районе площади Морская. Глубины залегания кровли сармата изменяются: от 300 до 400 м в западной части разреза (площадь Морская) до 360 м в центре разреза (площадь Неизвестная) и до 450 м на востоке.

Отложения мэотиса вскрыты всеми поисковыми скважинами в акватории Азовского вала и залегают на отложениях сармата. Максимальная толщина отложений составляет 200 м в районе площади Сигнальная, тогда как минимальная мощность отложений составляет 23 м в районе площади Неизвестная. Глубина залегания кровли мэотиса изменяется от 490 до 220 м в районе площади Морская, до 250 м в районе площадей Небольшая и Сигнальная, и до 350 м на востоке разреза. В центральной части Азовского вала (площади Сигнальная и Небольшая) отложения мэотиса представлены песчаниками (рис.2).

Отложения понта также распространены повсеместно и залегают на породах мэотиса. Толщина отложений понта в отличие от нижезалегающих пород мэотиса изменяется значительно больше: увеличивается от центра Азовского вала от 23 м (площадь Сигнальная) до 380 м на западе разреза (пл. Октябрьская). Глубина залегания кровли понтических отложений колеблется от 120 (на площади Октябрьская) до 210 м (на площади Западно-Бейсугская).

Киммерийский ярус в северном Приазовье сложен железистыми песчаниками, глинами и песками. В скважинах Азовского вала разрез киммерийских и более поздних отложений не расчленен и представлен в основном песчано-глинистыми осадками.

Куяльницкий ярус в северном Приазовье сложен глинами и песками мощностью до 30 метров. В морских скважинах разрез средне-верхнеплиоценовых отложений не расчленен.

Таким образом, в результате изучения литолого - стратиграфического разреза отмечены следующие особенности его геологического строения: при движении по разрезу снизу вверх (с триаса-юры до плиоцена) наблюдается постепенное выполаживание пород, при движении от центральной части разреза на восток

отмечается увеличение толщин большинства отложений; наличие перерывов в осадконакоплении, зон выклинивания и литофациальной изменчивости, фрагментарное распространение отложений, образование линзовидных тел. Все это создает условия для формирования ловушек небольшого объема, которые могут заполняться углеводородами.

После построения структурных карт по кровле нижнего миоцена и сармата, были выявлена слабая дислоцированость этих отложений и увеличение глубины их залегания с севера на юг.

Результаты геохимических исследований на суше позволяют оценить условия генерации и аккумуляции углеводородных флюидов в мезо-кайнозойском комплексе в российском секторе акватории Азовского моря. Большинство залежей рассмотренной континентальной части Азово-Кубанского нефтегазоносного бассейна (АК НГБ) сингенетично вмещающим отложениям.

Геохимическое исследование органического вещества(ОВ) в мезокайнозойских отложениях на суше, на побережье в восточной части Азовского моря проводились в течение всего периода нефтегазопоисковых работ [4, 5, 6, 7, 8]. Состав органического рассеянного ОВ и его битуминозных компонентов в триасовых отложениях Копанской впадины (КВ) и Каневско-Березанского вала (КБВ) охарактеризованы с различной степенью детальности, что позволило оценить нефтематеринские свойства этих отложений [5].

В Копанской впадине содержание ОВ в глинах и аргиллитах меняется довольно значительно от 0,34 до 1, 56 % на породу, в среднем составляя 1,22% в разрезе Мигутинской площади и 0,9% в разрезе Северо-Каневской площади. Наиболее обогащены ОВ верхнетриасовые отложения на Бейсугской и Каневской площадях, где содержание ОВ для всех типов пород составляет 0,93-1,18 %. Здесь же фиксируются максимальные для триасовых отложений содержания битуминозных компонентов. Снижение содержания ОВ, битуминозных компонентов и величины коэффициента битуминизации происходит с запада на восток.

В пределах Азовского моря юрские отложения распространены на ЮАС и в ИКП. Геохимические данные о составе и содержании органического вещества в юрских отложениях на суше вдоль побережья Азовского моря практически отсутствуют, поэтому перспективы нефтегазоносности юрских отложений могут рассматриваться как невыясненные. Но следует отметить, что тоар-ааленские отложения Платнировской площади по данным инфракрасной спектрометрии являются нефтематеринскими.

В Азовском море отмечаются высокие перспективы нижнемеловых отложений Северо-Азовского прогиба, где на временных разрезах отображаются аномалии типа «флюидный прорыв», что служит индикатором активных процессов по насыщению мел-палеогенового разреза УВ из палеозоя [1].

В пределах суши вдоль побережья Азовского моря состав ОВ меловых отложений изучался в разрезах КВ, КБВ, Тимашевской ступени (ТС) и Тамани. Кроме того, для меловых отложений Азово-Кубанского нефтегазоносного бассейна (АК НГБ) были построены схематические карты распределения среднего содержания органического вещества в нижнемеловых и верхнемеловых отложениях. Содержание ОВ в нижнемеловых отложениях увеличивается от побережья Азовского моря с запада на восток и с северо-запада на юго-восток. Среди битуминозных компонентов выделены все генетические типы ХБА, включая и ХБА нефтематеринской породы. Верхнемеловые отложения повсеместно характеризуются значительной обедненностью ОВ и не представляют интереса для поисков нефти и газа. Возможно наличие мелких залежей, источником газов в которых могут быть при особых условиях майкопские отложения.

На суше, на восточном побережье Азовского моря химико-битуминологическими исследованиями охарактеризованы нижне- и верхнепалеоценовые отложения Западно-Кубанского прогиба и Керченско-Таманского прогиба. Содержание органического вещества в нижнепалеоценовых отложениях на Таманском полуострове меняется в пределах 0,13-0,73% на породу. Доля нейтральных битумоидов (величина битумоидного

коэффициента) варьирует от 6,6 до 26,2% на Фонталовской площади, составляет 11,5-13% на Запорожской площади и на Таманской площади - 15%. В верхнепалеоценовых отложениях Тамани содержание ОВ заметно снижается до 0,14-0,29%, уменьшается и доля жидких углеводородов в ОВ. Величина битумоидного коэффициента изменяется от 2 до 11 % на породу. Повышенные коэфициенты битуминизации свидетельствуют о вхождении палеоценовых отложений в главную зону нефтегенерации (ГЗН), что подтверждается и структурно-групповым (по данным инфракрасной спектрометрии) и групповым составом ХБА. По своему генетическому типу ХБА на пл. Запорожской относятся к ХБА нефтематеринской породы.

ОВ эоценовых отложений изучалось в основном на юге АК НГБ. По сравнению с палеоценовыми отложениями в них резко вдвое-втрое возросла обогащенность пород ОВ, а в кумской свите среднее содержание ОВ возросло до 1,67 % на породу. Содержание ОВ в эоценовых отложениях возрастает с севера на юг и от более древних отложений к более молодым. Наиболее высоким нефтегазогенерационным потенциалом обладают средне- и верхнеэоценовые отложения на юге. В пределах самой акватории и обрамляющей суши залежи газа в эоценовых отложениях установлены на разрабатываемом Бейсугском месторождении на территории Азовского вала. Среднее содержание ОВ на Бейсугской площади составляет 0,66%, в разрезе Приморско-Ахтарской площади величина ОВ снижается до 0,26%, и на Таманском полуострове содержание ОВ вновь повышается до 0,87% на Фонталовской площади. В отложениях белоглинской свиты пл. Запорожской ХБА сингенетичный остаточный, что свидетельствует об отдаче жидких углеводородов породой.

В майкопских отложениях на суше распределение ОВ характеризуется определенными закономерностями: обогащенность майкопских отложений возрастает с севера на юг и с востока на запад. Химико-битуминологическое изучение майкопских отложений на побережье Азовского моря проводилось на северном борту ЗКП (пл. Песчаная), на Тимашевской ступени (пл. Приморско-Ахтарская), и на Таманском полуострове (пл. Таманская, Запорожская, Фонталовская). Содержание ОВ в верхне и среднемайкопских отложениях на этих площадях меняется от 0,72-1,77% на породу, и максимум ОВ отмечается в отложениях Приморско-Ахтарской площади. На площадях южнее пл. Приморско-Ахтарской в майкопских отложениях на глубинах более 3000 м интенсивно идут процессы генерации и миграции жидких углеводородов, тогда как майкопские отложения Приморско-Ахтарской площади на глубине 1700 м еще не вошли в ГЗН. В групповом составе ХБА здесь содержание углеводородной фракции составляет 23%, а на Тамани и северном борту ЗКП содержание масел меняется от 45 до 70%., что свидетельствует о зрелости ОВ. Поэтому на глубинах менее 2000-2500 м следует ожидать открытия только газовых залежей.

Майкопские отложения, залегающие на отложениях мела, палеогена и переходного триас-юрского комплекса, обладают благоприятными условиями для миграции и аккумуляции УВ в коллекторах из нефтегазоматеринских свит нижележащих отложений. Поскольку майкопские отложения залегают на небольшой глубине, то сами они не могут генерировать УВ, и не являясь нефтематеринскими, они могут только аккумулировать газ в ловушках.

В Индоло-Кубанском прогибе, где рассматриваемые отложения залегают на значительных глубинах, и поэтому, несмотря на их потенциальную перспективность, пока не могут рассматриваться как поисковый объект. Единственная пробуренная скважина Геологическая-1 не вскрыла ожидаемых пластов песчаника в глинистом разрезе майкопа. В разрезе верхнего майкопа Южно-Азовской ступени при наличии коллекторов можно ожидать наличие литологически ограниченных залежей газа.

В средне- и позднемиоценовое время в центральной частях ЗКП в зонах наиболее глубоководной седиментации в восстановительных и резко-восстановительных геохимических фациях (чокрак, караган) накапливались осадки обогащенные ОВ. Среднее содержание РОВ в средне- и верхнемиоценовых отложениях по сравнению с нижнемиоценовыми отложениями снижается, но превышает субкларковое в глинах и

составляет 1,14 % на породу, а содержание РОВ в них меняется в очень широких пределах: 0,06-4,67 % на породу. Максимальные содержания РОВ отмечаются на западе в северной и южной частях ЗКП. В Западно-Кубанском прогибе по данным инфракрасной спектрометрии уверенно выделяются две зоны, где чокракские отложения достигли ГФН [7].

Первый очаг нефтегенерации располагается в западной части северного борта ЗКП (площади Прибрежная, Восточно-Прибрежная, Морозовская и Западно-Морозовская) на глубине 2700-2800 м в области максимальных мощностей чокракских отложений и в аномальной зоне повышенных значений теплового потока, где чокракские отложения вошли в зону пластовых температур превышающих 100 ^{0}C. Второй очаг нефтегенерации находится в западной, наиболее погруженной центральной части ЗКП с пониженными значениями теплового потока на глубине более 3100 м, когда пластовые температуры также превысили пороговую величину в 100^{0}C. Первый очаг генерации служил источником нефтяных углеводородов для расположеных севернее и южнее площадей, второй – для залежей в чокракских отложениях как в центральной части ЗКП, так и расположенных севернее площадей в результате латеральной миграции УВ.

Нефтематеринскими являются и караганские отложения в разрезах скважин, пробуренных в аномальной зоне повышенных пластовых температур (пл. Прибрежная, Западно-Морозовская, Южно-Андреевская). Сарматские и все вышезалегающие отложения на суше находятся в зоне газообразования и являются лишь потенциально нефтематеринскими.

По современному состоянию геолого-геофизической изученности основные перспективы нефтегазоносности акватории Азовского моря могут быть связаны с миоценовыми отложениями в зонах погружения на глубины, превышаюшие 3000 м и с пластовыми температурами более 100^{0}C. С отложениями сармата и мэотиса связываются основные перспективы Азовского вала, где по данным сейсморазведки прогнозируются ловушки различного генезиса.

По результатам геохимической съемки донных отложений обнаружены аномалии метана на территории Таганрогского залива, САП и АВ. Это свидетельствует о наличии газовых залежей, а обнаружение тяжелого гомолога метана – гексана в Таганрогском заливе свидетельствует о возможных нефтяных залежах на данной территории.

Таким образом, на акватории Азовского моря выявлены газовые залежи в районе Азовского вала - майкопские залежи Морской, Небольшой, Западно-Бейсугской, Бейсугской и Стрелковой площадях, среднемиоценовые залежи газа - на площадях Обручевской, Сигнальной, Западно-Бейсугской, Бейсугской и Октябрьской.

На основе геолого-структурных построений с учетом геологической истории развития региона выявляется очаг нефтегазообразования. Расчеты эмигрировавших УВ (эмиграционный потенциал) были проведены для акваториальных частей Индоло-Кубанского прогиба (Азовское море) и Туапсинского прогиба, являющегося северной частью Восточно-Черноморского НГБ. Единой закономерности в распределении УВ по масштабам эмиграции не наблюдается, что обусловлено в одних случаях малыми размерами площади этой градации (палеоцен-эоцен Азовского моря), в других – с тем, что в зону апокатагенеза попали низы мелового разреза, характеризующиеся чрезвычайно низким потенциалом. Для меловых отложений Туапсинского прогиба отмечается резкий рост количества эмигрировавших УВ и газовых, и жидких на градации АК. Учет коэффициентов аккумуляции, в том числе и потери УВ при прохождении нефтематеринской толщи и в резервуаре, и коэффициентов консервации позволили рассчитать начальные геологические ресурсы на одну структуру, которые составили для Азовского моря 5 млн т нефти и 0,7 млрд м^3 газа.

Таким образом, довольно высокие перспективы нефтегазоносности российского сектора Азовского моря основываются на таких факторах как: общность геологического строения суши и Азовского моря, нефтегазоносность и наличие поднятий, ловушек и нефтегазоматеринских свит в одновозрастных отложениях на сопредельной территории.

Литература

1. *Борков Ф.П. и др.* Геологическое строение и нефтегазоносность Азовского моря (по геофизическим данным). М: ИГ и РГИ, 1994.
2. *Долинский И.Г.* Закономерности распространения нефтегазоносных комплексов и ловушек УВ в акваториях Черного и Азовского морей (российский сектор): автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. канд. г.-м. н. (25.00.12) / *Долинский Игорь Геннадьевич*; Ставрополь. 2007. 25 с.
3. *Кирьяков В.Г., Щербаков В.В.* Основные направления поисков залежей УВ на Азовском море. Нефтегазовая геология Кубани, на рубеже веков: итоги и перспективы. Краснодар: Сов. Кубань, 2002. С. 143-150.
4. *Лавренова Е.А.* Результаты бассейнового моделирования восточной части Азовского моря // Геология нефти и газа. 2009. С. 47-54.
5. *Микерина Т.Б.* Геолого-геохимические критерии перспектив нефтегазоносности триасовых отложений в Западном Предкавказье // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. М.: ВНИИОЭНГ, 2009. № 3. С. 29-39.
6. *Микерина Т.Б., Фадеева Н.П.* Цикличность накопления органического вещества в кайнозойских отложениях Азово-Кубанского нефтегазоносного бассейна // Вест. Московского Гос. Ун-та им. М.В. Ломоносова. 2013. № 4. С. 24-33.
7. *Микерина Т.Б.* Катагенетическая преобразованность чокракских и майкопских отложений Западно-Кубанского прогиба // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. Москва. 2007. № 8. С. 1-11.
8. *Нечаева О.Л., Круглякова Р.П.* Нефтегазоматеринские породы кайнозоя восточной части акватории Черного моря. М.: Геология нефти и газа, 2008. № 1. С. 50-55.
9. Геологическое строение, перспективы нефтегазоносности и направление геологоразведочных работ в акваториях и транзитных зонах Азово-Черноморского региона / *Савченко В.И., Сенин Б.В., Казанцев Р.А., Шайнуров Р.В.* // Нефтегазовая геология Кубани на рубеже веков: итоги и перспективы. Краснодар: Сов. Кубань, 2002. С. 90-114.

УДК 551.217 (470.62/.67) DOI:10.34708/GSTOU.2021.83.24.021

ГЕНЕЗИС И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ВЕРХНЕПЛИОЦЕНОВЫХ КИСЛЫХ ВУЛКАНИТОВ ВЕРХНЕ- И НИЖНЕЧЕГЕМСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКИХ НАГОРИЙ (КАБАРДИНО-БАЛКАРИЯ)

© Мышенкова М.С., Короновский Н.В.

МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва

На основании строения разрезов, состава ксенолитов, структурно-текстурных особенностей пород на макро- и микроскопическом уровнях, морфологического облика и химического состава главных породообразующих минералов, содержания элементов-примесей в породах установлено, что верхнеплиоценовые кислые вулканиты Нижнечегемского вулканического нагорья не имеют связи с верхнеплиоценовыми кислыми вулканитами Верхнечегемского вулканического нагорья и образованы в результате извержений из местных центров. Выявленные особенности строения основной части толщи вулканитов, выполняющих Верхнечегемскую вулкано-тектоническую депрессию, на макро- и микроскопическом уровнях противоречат гипотезе об их пирокластическом генезисе.

Ключевые слова: *Северный Кавказ, Верхний Чегем, Нижний Чегем, верхний плиоцен, кислые вулканиты, пирокластические потоки, игнимбриты, туфы, лавы.*

На территории Кабардино-Балкарии находятся два вулканических нагорья – Верхнечегемское (далее – ВЧ) и Нижнечегемское (далее – НЧ), расположенные к югу и к северу от Скалистого хребта соответственно. Подавляющую часть плиоцен-четвертичных магматических образований ВЧ и НЧ нагорий составляют верхнеплиоценовые вулканиты риолитового и риодацитового состава туфового и игнимбритового облика (рис. 1), относительно взаимосвязи и генезиса которых до сих пор продолжают высказываться различные точки зрения. Согласно одной из них ВЧ и НЧ вулканиты являются спекшимися туфами (игнимбритами), при этом НЧ спекшиеся туфы образовались в результате отложения субаэрально перенесенного пирокластического материала, возникшего при мощных эксплозивных извержениях на территории ВЧ нагорья. Последние ответственны за образование кальдеры, которую выполняют вулканиты ВЧ [4, 9, 11, 13, 15–17]. Согласно другой гипотезе покров НЧ вулканитов был образован в результате извержений из автономных центров, и слагающие его породы не являются продуктами извержений, происходивших на территории ВЧ нагорья. Касательно происхождения толщ верхнеплиоценовых кислых вулканитов выдвигались следующие предположения: а) вулканиты ВЧ и НЧ нагорий имеют пирокластический генезис и являются в различной степени спекшимися игнимбритами [5]; б) основная часть толщи, слагающей ВЧ вулкано-тектоническую депрессию мощностью до 1,5–2,0 км в ее осевой зоне, была образована в результате излияния пенистой, подвижной лавы, которая распространялась в виде эмульсии [3, 7, 10]; НЧ покров имеет пирокластический генезис, слагающие его породы являются туфами и игнимбритами [6, 7]. Позже в работе [2] было отмечено, что не весь покров НЧ вулканитов сложен пирокластитами, часть «единиц» покрова обладает лавовым генезисом. Отсутствие или наличие мощного «супервулканического» кальдерообразующего извержения на территории ВЧ нагорья влияет на интерпретацию характера кислого синколлизионного магматизма в пределах Большого Кавказа.

Описания обобщенного разреза толщи, выполняющей ВЧ вулкано-тектоническую депрессию, и разрезов по наиболее изученным частям массивов вулканитов, слагающих водоразделы на территории НЧ нагорья, изложены в работе [8].

Выявленные особенности строения толщи вулканитов в некоторых местах НЧ нагорья позволяют предположить, что как минимум низы разреза в юго-юго-восточной части Баксан-Куркужинского массива, нижние части разрезов в восточной части останца Казан и северной части массива Баштюз были образованы в результате эксплозивных извержений с последующим

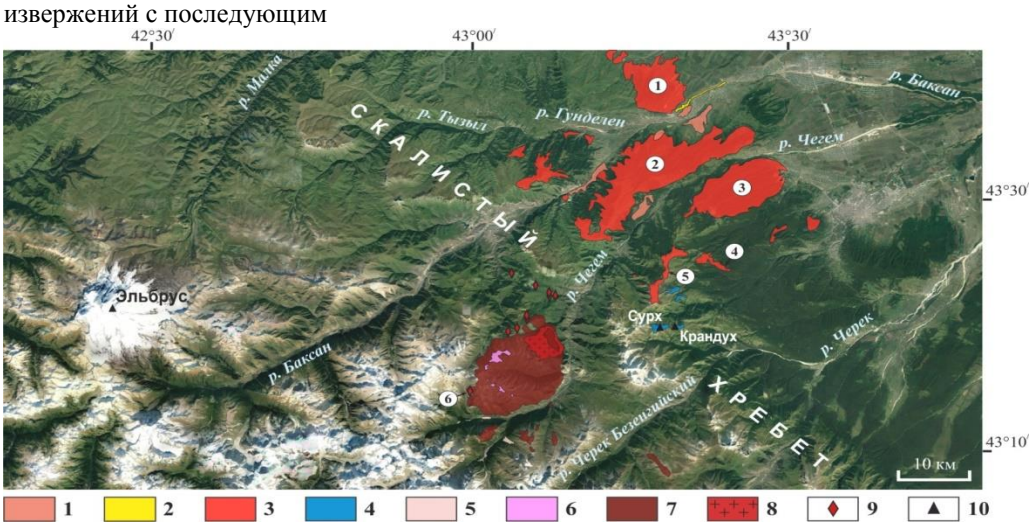


Рис. 1. Продукты плиоцен-четвертичного магматизма, распространенные в пределах Верхне- и Нижнечегемского вулканических нагорий.
Нижнечегемское нагорье (1–4)

1 – верхненеоплейстоценовые вулканиты риодацитового и дацитового состава, 2 – гелазий-эоплейстоценовые пирокластические, вулканогенно-осадочные и вулканомиктовые отложения, 3 – останцы толщи верхнеплиоценовых кислых вулканитов, 4 – нижнеплиоценовые андезибазальты вулканов Сурх и Крандух; Верхнечегемское нагорье (5–9): 5 – верхненеоплейстоценовые вулканиты риодацитового и дацитового состава, 6 – гелазий-эоплейстоценовые андезиты гор Кумтюбе и Кюйгенкая, 7 – верхнеплиоценовые кислые вулканиты, 7 – позднеплиоценовые гранодиорит-порфиры массива Джунгусу, 8 – плиоценовые дайки риолитов и риодацитов, не выраженные в масштабе схемы; 10 – вулканы. Цифрами в кружках обозначены (упоминаются в тексте): 1 – Баксан-Куркужинский массив, 2 – Чегем-Баксанский массив, 3 – Чегем-Шалушкинский массив, 4 – останец Казан, 5 – массив Баштюз, 6 – подводящий канал Сырынсу.

Эоловым переносом и дифференциацией осаждающегося материала, а как минимум верхние ⅔ разреза в юго-юго-восточной части Баксан-Куркужинского массива, восточные части Чегем-Баксанского и Чегем-Шалушкинского массивов – в результате отложения и дальнейшего спекания материала пирокластических потоков. На то, что верхние ⅔ разреза в юго-юго-восточной части Баксан-Куркужинского массива сложены игнимбритами, указывают характерные для игнимбритов изменения содержания обломков пемзы, степени спекания и объемного веса пород вверх по разрезу, в случае с восточными частями Чегем-Баксанского и Чегем-Шалушкинского массивов – наличие отложений пирокластических приземных волн, представленных вулканическими песками, слагающими выклинивающиеся прослои мощностью от первых сантиметров до 30 см между горизонтами плохо сортированных спекшихся туфов.

Исследователи, считающие, что верхнеплиоценовые кислые вулканиты НЧ почти наверняка являются внекальдерными игнимбритами ВЧ, основывают свои выводы на: 1) сходстве петрохимического состава вулканитов (риолитового и риодацитового) и, в первом приближении, их макроскопического облика и строения на микроуровне; 2) аналогичными содержаниями изотопов O и Hf, а также редких элементов в цирконах

[13]; 3) сходстве результатов определения абсолютного возраста [13, 15, 17]; 4) отсутствия достоверно установленных и признающихся всеми исследователями центров извержений на территории НЧ нагорья.

Исследователи, проводившие $^{40}Ar/^{39}Ar$ датирование вулканитов, на основании полученных данных сделали вывод о том, что «общие возраста биотита и санидина из восьми образцов чегемских туфов, как внутрикальдерных, так и внекальдерных, аналитически неразличимы со средневзвешенным значением 2,82±0,02 млн. лет» [15]. При этом $^{40}Ar/^{39}Ar$ возраст черных смоляновидных витрофиров, залегающих в низах разреза толщи, выполняющей ВЧ вулкано-тектоническую депрессию, по санидину равен 2,84±0,06 млн. лет; кислых вулканитов основной части толщи по санидину – 2,85±0,03, 2,83±0,07 млн. лет; залегающих в верхах разреза и перекрывающих основную часть толщи дацитовых туфов по биотиту – 2,92±0,13, 2,85±0,08 млн. лет. $^{40}Ar/^{39}Ar$ возраст туфов из Лечинкайского карьера (восточная часть центрального участка Чегем-Баксанского массива) по биотиту равен 2,72±0,27 млн. лет, по санидину – 2,81±0,03 млн. лет; пемзы из него по санидину – 2,77±0,11, 2,79±0,07 млн. лет. Таким образом, в пределах доверительных интервалов возраста датированных вулканитов ВЧ и НЧ нагорий могут как совпадать, так и различаться. В 2021 г. была опубликована работа [13], в которой: 1) упомянутые выше $^{40}Ar/^{39}Ar$ возраста по санидину вулканитов ВЧ депрессии 2,84±0,06, 2,85±0,03 и 2,83±0,07 млн. лет пересчитаны с учетом константы распада Койпера, в результате чего были получены скорректированные $^{40}Ar/^{39}Ar$ возраста – 2,87±0,24, 2,88±0,12 и 2,86±0,28 млн. лет соответственно; 2) приведены результаты U-Pb SHRIMP, LA-ICP-MS и высокоточного CA-ID-TIMS датирования цирконов. Согласно этим результатам LA-ICP-MS возраст цирконов из туфов Заюково (НЧ нагорье) составляет 2,919±0,018 млн. лет (MSWD=2.5), CA-ID-TIMS возраста вулканитов из нижней и верхней частей разреза ВЧ вулкано-тектонической депрессии 2,924±0,011 и 2,9205±0,0041 млн. лет соответственно. Даже если образование толщ верхнеплиоценовых кислых вулканитов ВЧ и НЧ нагорий проходило близко одновременно, на то, что вулканиты НЧ нагорья образовались в результате извержений из самостоятельных центров и не являются продуктами извержений, происходивших на территории ВЧ нагорья, указывает следующее.

1. Резкая фациальная изменчивость НЧ вулканитов, проявляющаяся как в масштабе всего покрова, так в пределах отдельного массива и, местами, даже его небольшого участка. Фациальная изменчивость, наблюдающаяся вдоль и вкрест простирания, присуща и краевой северо-восточной части покрова, удаленной на максимальное расстояние от ВЧ депрессии.

2. Отсутствие закономерного уменьшения размера обломков пород и пемзы в НЧ вулканитах, а также улучшения сортировки материала в северо-северо-восточном и северо-восточном направлениях. Обломки пемзы размером до 10–15 см, и, что более важно, обломки пород размером до 10 см, присутствуют как в южной, так и в центральной, и в северо-восточной частях НЧ покрова.

3. Состав содержащихся в НЧ вулканитах ксенолитов, свидетельствующих об их образовании в результате извержений из автономных местных центров. Согласно первичной геологической информации, приведенной в текстовых и графических приложениях к фондовым геологическим отчетам, и данным из работ [1, 2], в вулканитах содержатся не только ксенолиты юрских и протерозойских кристаллических пород, которые развиты и на территории ВЧ нагорья, но и ксенолиты меловых и палеогеновых отложений, которые перекрывают вулканиты на территории Нижнего Чегема. В случае, если обломки пород были бы захвачены с поверхности движущимися пирокластическими потоками, гипотетически возникшими при извержениях в ВЧ нагорье, они не содержались бы в НЧ вулканитах на протяжении всего разреза, а присутствовали бы в его низах, образованных материалом пирокластических потоков, непосредственно контактировавших с субстратом. Также обращает на себя внимание отсутствие в НЧ кислых вулканитах ксенолитов палеозойских гранитов, содержащихся в вулканитах ВЧ нагорья.

4. Присутствие в пределах территории НЧ нагорья продуктов как более ранней (плиоценовой андезибазальтовой), так и более поздних (гелазий-эоплейстоценовой и поздненеоплейстоценовой) фаз вулканической активности [8], что свидетельствует о наличии собственных магматических камер в земной коре под НЧ нагорьем.

5. Отсутствие вулканитов кислого состава в пределах разделяющей ВЧ и НЧ нагорья Северо-Юрской депрессии, присутствие которых ожидаемо здесь в случае прохождения пирокластических потоков и/или переносе материала воздушным путем из ВЧ нагорья на север и северо-восток.

6. Выявленные в результате изучения при помощи сканирующего электронного микроскопа в лаборатории локальных методов исследования вещества МГУ им. М.В. Ломоносова различия в составе и морфологии биотитов и полевых шпатов из ВЧ и НЧ вулканитов. Биотиты из вулканитов основной части толщи, выполняющей ВЧ вулкано-тектоническую депрессию, опацитизированы по объему, края их оборваны; для зерен из низов разреза толщи характерна неясно полосчатая зональность, обусловленная небольшой разницей в содержании окислов магния и железа. Биотиты из вулканитов НЧ нагорья характеризуются идиоморфной формой зерен, отсутствием зональности и опацитизации, а также пониженными значениями магнезиальности и повышенными значениями железистости по сравнению с биотитами из вулканитов ВЧ нагорья.

Плагиоклазы из спекшихся туфов НЧ нагорья представлены обломками незональных кислых плагиоклазов одного типа, в то время как в кислых вулканитах Верхнего Чегема по составу, размеру и характеру зональности выделено пять типов плагиоклазов. Na-санидины из вулканитов ВЧ и НЧ нагорий отличаются друг от друга по содержанию оксида бария [8, 18].

7. Определенное методом ICP-MS в лаборатории масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой МГУ им. М.В. Ломоносова содержание РЗЭ в туфах из разных массивов НЧ нагорья отличается от такового в верхнеплиоценовых кислых ВЧ вулканитах и между собой [8, 18].

Таким образом, независимо от того, каким генезисом обладает основная часть толщи, выполняющей ВЧ овальную в плане впадину, кислые вулканиты НЧ нагорья образованы в результате извержений из самостоятельных центров. Большинство исследователей полагает, что основная часть толщи ВЧ депрессии сложена игнимбритами, поскольку вулканиты на макро- и микроскопическом уровнях обладают следующими особенностями.

1. В низах толщи практически повсеместно присутствует горизонт черных смоляновидных пород риолитового состава мощностью от нескольких метров до 30–35 м, который может быть интерпретирован как горизонт максимально спекшихся игнимбритов, превращенных в витрофиры.

2. В отвесных восточных стенках ясно выделяются «порции» вулканитов, которые пронизывает столбчатая отдельность. Подобные «порции» в толщах игнимбритов зарубежными исследователями называются «cooling units» – единицами охлаждения, а проходящая сквозь многие единицы охлаждения столбчатая отдельность свидетельствует, по их мнению, об остывании толщи игнимбритов как единое тело.

3. Между вышеупомянутыми «порциями» вулканитов нет следов брекчий.

4. Породы обладают массивной или фьямме-текстурой, на микроуровне в них присутствуют кристаллы оскольчатой формы, в черных смоляновидных витрофирах низов разреза наблюдается пепловидная структура основной массы.

Вместе с тем в строении верхнеплиоценовых кислых ВЧ вулканитов на макро- и микроскопическом уровнях присутствуют следующие особенности, не позволяющие согласиться с точкой зрения об их пирокластическом генезисе.

1. Повсеместное отсутствие между поверхностями раздела «порций» вулканитов отложений пирокластических приземных волн и/или пепла облаков пирокластических потоков, которые не всегда, но часто подстилают и перекрывают единицы потока соответственно [14, 20, 21].

2. Черные смоляновидные и вышележащие светлоокрашенные вулканиты мощностью до 1,5–2 км на всем протяжении разреза имеют постоянный объемный вес, равный ~2,4 г/см^3 [1]. Объемный вес скачкообразно снижается лишь в залегающих в верхах разреза туфах дацитового состава, где его минимальные значения достигают 1,5 г/см^3. Для мощных толщ игнимбритов характерно изменение степени спекания и пористости в разрезе и, как следствие, – изменение объемного веса пород.

3. Наличие пор, в том числе изометричных, в черных смоляновидных витрофирах и перекрывающих их разностях пород нижней части разреза. Пористость в игнимбритах варьирует от 50% в неспекшихся разностях до 0% в наиболее сильно спекшихся. Максимально спекшиеся игнимбриты, превращенные в черные витрофиры, часто обладают пористостью меньше 19%, когда первичная пористость в них становится меньше 10%, они начинают вести себя как когерентная масса и испытывать реоморфические деформации [14]. Поэтому факт наличия пор, в том числе изометричных, размером до 3–4 см в поперечнике в пределах некоторых участков горизонта черных смоляновидных витрофиров не согласуется с представлением о том, что последний является горизонтом максимального спекания.

4. Наличие в верхней части горизонта черных витрофиров и/или на его верхней границе в местах крутого перегиба субстрата присущих лавам сферолоидов, диаметр которых достигает 1,5 м, а в среднем составляет 0,2–0,3 м.

5. Присутствие черных смоляновидных витрофиров и пород с фьямме-текстурой в интрузивном (подводящий канал Сырынсу; дайка в правом борту р. Сырынсу, расположенная в 15 м ниже водораздельного гребня с р. Джайлыксу; Башильский вал) или вертикальном (долина р. Джунгусу) залегании.

6. Присутствие черных смоляновидных витрофиров не только в основании толщи, выполняющей вулкано-тектоническую депрессию, но и в верхах разреза в западной части структуры, где этот горизонт имеет с ниже- и вышележащими разностями резкие границы. Горизонты черных витрофиров также присутствуют в верхних половинах разрезов останцов, расположенных на правом борту р. Чегем.

7. Наличие в основной массе черных смоляновидных витрофиров низов разреза множества мелких различно ориентированных стекловатых включений неправильной формы, которые по внешнему облику похожи на пепловые частицы. Однако если допустить, что эта разность кислых вулканитов представляет собой очень сильно спекшиеся игнимбриты, трудно объяснить строение основной массы породы, в которой мелкие пепловые частицы при высокой степени спекания под нагрузкой вышележащей мощной толщи вулканитов разобщены и не приобрели плоскостную ориентировку.

8. Отсутствие изменения формы фьямме от низов к верхам разреза.

9. Опацитизация биотита, проявленная по всему объему, а также опацитизация роговой обманки, содержащейся в виде единичных зерен в верхах разреза. Опацитизация характерна для излившихся пород и не отмечена в игнимбритах даже самой высокой степени спекания [12].

10. Широкое проявление резорбции вкрапленников в отличие от верхнеплиоценовых кислых вулканитов НЧ нагорья, где резорбция проявлена относительно слабо и не преобладает над механической дезинтреграцией. Наиболее интенсивно резорбция проявляется в эффузивных породах, в пирокластических породах она тоже может проявляться, но в таких случаях она все равно не преобладает над механической дезинтеграцией [19].

Таким образом, на основании строения разрезов, состава ксенолитов, структурно-текстурных особенностей пород на макро- и микроскопическом уровнях, морфологического облика и химического состава главных породообразующих минералов, содержания элементов-примесей в породах установлено, что верхнеплиоценовые кислые вулканиты НЧ нагорья не имеют связи с вулканитами ВЧ нагорья и образованы в результате извержений из местных центров. В строении вулканитов основной части толщи ВЧ вулкано-тектонической депрессии на макро- и микроскопическом уровнях присутствуют черты, которые не характерны для отложений

пирокластических потоков, поэтому нам представляется наиболее вероятным, что основная часть толщи мощностью до 1,5–2,0 км была образована в результате извержения подвижных лавовых потоков.

Литература

1. *Короновский Н.В.* Кайнозойский вулканизм Средиземноморского пояса Евразии: диссертация... доктора геолого-минералогических наук: 04.00.01. Москва. 1979. 504 с.
2. *Короновский Н.В.* Путеводитель геологической экскурсии по Кавказу. М.: ВИЭМС, 1983. 97 с.
3. *Короновский Н.В.* Строение Верхнечегемского вулканического нагорья (Северный Кавказ) и проблема подвижности кислых лав // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 1976. № 5. С. 16-29.
4. *Лятифова Е.Н.* Петрология плиоценового вулканизма Чегемского кальдерного комплекса (Северный Кавказ): автореферат … кандидата геолого-минералогических наук: 04.00.08. Москва. 1993. 25 с.
5. *Масуренков Ю.П.* Кайнозойский вулканизм Эльбрусской вулканической области // Труды ИГЕМ. М.: Изд. АН СССР, 1961. Вып. 51. 132 с.
6. *Милановский Е.Е., Короновский Н.В.* Нижнечегемский вулканический район (Северный Кавказ) // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 1969. № 4. С. 15-29.
7. *Милановский Е.Е., Короновский Н.В.* Орогенный вулканизм и тектоника Альпийского пояса Евразии. М.: Недра, 1973. 278 с.
8. *Мышенкова М.С.* Геологическая позиция, состав, возраст и генезис плиоцен-четвертичных кислых вулканитов Эльбрусской вулканической области (Северный Кавказ): диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук: 25.00.01. Москва. 2021. 264 с.
9. Новейший и современный вулканизм на территории России. М.: Наука, 2005. 604 с.
10. *Седенко С.М.* К вопросу о происхождении эффузивов Верхне-Чегемского нагорья // Труды по геологии и полезным ископаемым Северного Кавказа. 1962. Вып. X. С. 76-80.
11. Типы магм и их источники в истории Земли // Магматизм и геодинамика – главные факторы эволюции Земли. Часть 1. М.: ИГЕМ РАН, 2006. 398 с.
12. *Устиев Е.К., Джигаури Д.Г.* Спекшиеся туфы Вардзийской формации (Южная Грузия) // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1971. № 4. С. 3-16.
13. Bindeman I.N., Colon D.P., Wotzlaw J.-F., Stern R., Chiaradia M., Guillong M. Young Silicic Magmatism of the Greater Caucasus, Russia, with implication for its delamination origin based on zircon petrochronology and thermomechanical modeling // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2021. Vol. 412. Pp. 107-173.
14. Brown R.J., Andrews G.D.M. Deposits of pyroclastic density currents. *In* Sigurdsson H. (editor-in-chief). The Encyclopedia of Volcanoes, Second Edition. Academic Press. 2015. Pp. 631–648.
15. Gazis C.A., Lanphere M., Taylor H.P., Gurbanov A.G. $^{40}Ar/^{39}Ar$ and $^{18}O/^{16}O$ studies of the Chegem ash-flow caldera and the Eldjurta Granite: Cooling of two Pliocene igneous bodies in the Greater Caucasus Mountains, Russia // Earth and Planetary Science Letters. 1995. Vol. 134. Pp. 377-391.
16. Gazis C.A., Taylor H.P., Hon K., Tsvetkov A. Oxygen isotopic and geochemical evidence for a short-lived, high-temperature hydrothermal event in the Chegem caldera, Caucasus Mountains, Russia // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 1996. Vol. 73. Pp. 213-244.
17. Lipman P.W., Bogatikov O.A., Tsvetkov A.A., Gazis C., Gurbanov A.G., Hon K., Koronovsky N.V., Kovalenko V.I., Marchev P. 2.8-Ma ash-flow caldera at Chegem River in the northern Caucasus Mountains (Russia), contemporaneous granites, and associated ore deposits // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 1993. Vol. 57. Issues 1–2. Pp. 85-124.
18. Myshenkova M.S., Koronovskii N.V. Upper Pliocene acid volcanic rocks of the Upper Chegem and Lower Chegem Highlands (the North Caucasus) // Journal of Volcanology and Seismology. 2021. Vol. 6. (в печати).
19. Simões M.S., Almeida M.E., de Souza A.G.H., da Silva D.P.B., Rocha P.G. Characterization of the volcanic and hypabissal rocks of the Paleoproterozoic Iricoumé Group in the Pitinga region and Balbina Lake area, Amazonian Craton, Brazil: Petrographic distinguishing features and emplacement conditions // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2014. Vol. 286. Pp. 138-147.
20. Sparks R.S.J., Self S., Walker G.P.L. Products of ignimbrite eruptions // Geology. 1973. Vol. 1. Pp. 115-118.
21. Sparks R.S.J., Walker G.P.L. The significance of vitric-enriched air-fall ashes associated with crystal-enriched ignimbrites // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 1977. Vol. 2. Issue 4. Pp. 329-341.

УДК 553.078 DOI:10.34708/GSTOU.2021.66.75.022

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И ЗОЛОТА В ДОНБАССЕ

© Парада С.Г., Гамбург К.Ю.

ЮНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону

Актуальность работы определяется необходимостью создания научно-методической основы разработки генетических и геолого-поисковых моделей золотого оруденения в геологических формациях российского Донбасса. ***Целью работы*** *являлось установление основных закономерностей размещения оруденения цветных металлов и золота.* ***Методы исследования.*** *Минерагенический анализ новых результатов геолого-съемочных, поисковых и геологоразведочных работ на основе современных геоинформационных технологий.* ***Результаты.*** *В пределах российской части Донбасса выделены три металлогенических района, приуроченных к сводовым частям протяженных гребневидных антиклиналей, представляющих в регионе структуры первого порядка. Приуроченность рудопроявлений к сводовым частям продольных антиклиналей Донбасса, связана с расположением вдоль их осей крупных продольных разломов. Установлена приуроченность к этим же структурам интрузивных пород ранне-среднеюрского несветаевского и средне-позднеюрского керчикско-миусского комплексов, а также парагенетическая связь с ними рудопроявлений цветных металлов и золота.*

Ключевые слова*: Донбасс, минерагенический анализ, золото, цветные металлы, антиклинали, региональные разломы, интрузивные комплексы.*

Введение

Первые сведения о золотоносности Восточного (российского) Донецкого бассейна (Донбасса), относятся к началу 80-х годов прошлого столетия, когда при проведении поисковых работ на уголь, в скважинах, пробуренных на южном крыле Шахтинско-Несветаевской синклинали в пределах Керчикского поперечного поднятия, встречены гидротермально-метасоматические образования и кварцевые жилы с повышенными содержаниями золота [Лихачев, Зеленщиков, 2000]. С этого времени в российской части Донбасса начинаются целенаправленные поисковые работы на золото с использованием комплекса геохимических, горнопроходческих и буровых работ. При этом основу геолого-поисковой модели составили данные по золоторудным месторождениям Нагольного кряжа Западной (украинской) части Донбасса. Руды известных там золоторудных месторождений, таких как Острый Бугор, Дьяковское, Бобриковское и др. представлены двумя минеральными типами: пирит-арсенопиритовым и золото-серебро-полиметаллическим [Лосева, Рогаченко, 2008]. К настоящему времени в пределах Нагольного кряжа магматические породы в коренном залегании не обнаружены [Цільмак, 2016]. Ближайшие выходы изверженных пород – лампрофиры миусского комплекса (мончекиты, камптониты и одиниты) образуют дайковый пояс шириной около 20 км и длиной 50 км, который пересекает главные структуры Донбасса (Южную и Главную антиклинали, а также Чистяково-Снежнянскую и Южную синклинали) [Бутурлинов, 1984]. Зона даек хорошо проявлена в пределах Амвросиевской антиклинали и сужается в северо-восточном направлении выклинивания вблизи г. Миусинск на оси Главной антиклинали [Белявский и др., 2004], не доходя до золоторудных полей. Считается, что интрузии миусского комплекса по отношению к золото-полиметаллической минерализации Нагольного кряжа являются пострудными [Бутурлинов, 1984]. Предположение о наличии на глубине 4 км интрузива в районе Бобриковской антиклинали, основанное на гравиметрических данных и расчетах теплового потока [Гордиенко, 1999], пока не нашли подтверждения. Отсутствие магматических пород, практически незаметные околорудные изменения вмещающих

пород, в совокупности с общей тектонической позицией рудного района, составом геологических формаций, большой мощности минерализованных зон при относительно низких содержаниях золота заставляют относить золото-пирит-арсенопиритовое оруденение к объектам черносланцевого формационного типа [Лебедь, Кулиш, 1997].

Золоторудные месторождения Нагольного кряжа, в т.ч. наиболее изученное Бобриковское месторождение, стали основой геолого-поисковой модели при геолого-поисковых работах на золото в российской части Донбасса. Вещественный состав руд и литолого-структурные условия локализации соответствуют модели черносланцевого типа. Они приурочены к брахиантиклинальным складкам в сводовой части Главной антиклинали Донбасса и представляют собой минерализованные зоны в углеродисто-терригенных породах, сложенные кварц-сульфидными прожилками, жилами, полисульфидной вкрапленностью. Минерализованная зона Бобриковского месторождения прослеживается с поверхности до 1000 м глубины и характеризуется сложной формой в поперечных сечениях. Значимые содержания золота (4–6 г/т) установлены только в разобщенных маломощных прожилках. Валовая оценка содержаний золота в целом по минерализованной зоне показывает очень низкие значения. По результатам оценки австралийской компанией «Korab Resources», по стандартам JORC, по состоянию на 2013 г. ресурсы Бобриковского месторождения составляют 102,6 т золота и 507 т серебра при содержаниях золота около 1 г/т, а серебра – 9,4 г/т [УзнайВсё.ру, 2019].

Использование Бобриковской геолого-поисковой модели в российской части Донбасса позволило на первых этапах выявить в пределах Главной и Южной антиклиналей проявления золотоносных минерализаций, объединенных в Грушевскую, Кадамовскую, Галутинскую, Барило-Крепинскую и Северо-Кондаковскую перспективные площади, а также Чернореченское, Барило-Крепинское, Галутинское, Керчикское и др. рудопроявления. Однако поисково-оценочные работы на Керчикском рудопроявлении и др. перспективных площадях выявили довольно широкое развитие разнообразных магматических пород, что не было учтено используемой Бобриковской моделью. Все эти новые материалы позволяют провести более объективное исследование условий локализации и закономерностей размещения золотых руд российской части Донбасса.

До сих пор по этому вопросу высказывались различные точки зрения. Ю.В.Невалённый с коллегами [Невалённый и др., 2000] связывают формирование золотоносных руд с проявлением посторогенного магматизма. М.Ю.Черненко, В.В.Трощенко [Черненко, Трощенко, 2012] по результатам геохимических исследований считают возможным источником рудных элементов осадочные породы, Д.Б.Давыденко с соавторами [Давыденко и др., 2014] установили их связь с ареалами эндогенной флюидизации, С.Г.Парада [Парада, 2014; 2017] оценил золотоносные руды Донбасса как полигенно-полихронные образования.

На рис. 1 показаны все рудопроявления, точки минерализации и площади, где обнаружены признаки металлических полезных ископаемых в пределах Ростовской области и месторождения украинской части Донбасса. На схеме учтены все сведения о признаках рудных полезных ископаемых, полученные ранее в ходе проведения геолого-съемочных и поисковых работ в конце прошлого и начале нынешнего столетия. Объекты оруденения обнаружены в основном в условиях относительно хорошей обнаженности (рис. 1). Исключением являются Керчикское рудопроявление и группа проявлений Кондаковской площади, которые вскрыты скважинами под покровом кайнозойских отложений при проведении структурно-поискового бурения на уголь. Это свидетельствует о возможности открытия слепого и (или) перекрытого оруденения в Южной и Юго-Восточной частях Донбасса. Для реализации такой возможности необходимо выявить закономерности размещения оруденения. Очевидно, что наиболее актуальными в практическом отношении являются золоторудные проявления. В целом, в связи с появлением новых результатов поисковых работ представляется возможным уточнить условия локализации и закономерности распределения золотоносных руд с

целью создания научно-методической основы разработки генетических и геолого-поисковых моделей золотого оруденения в геологических формациях российской части Донбасса.

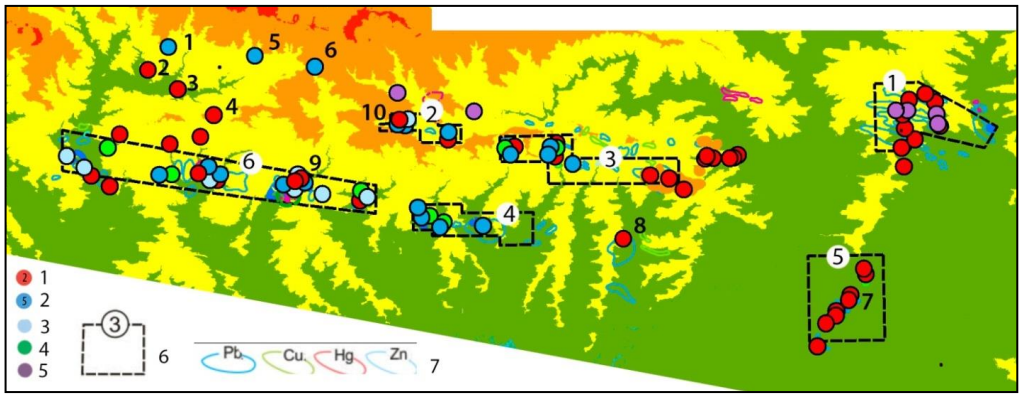


Рис. 1. Схема размещения месторождений
и рудопроявлений цветных металлов и золота Донбасса

цветовой фон – рельеф: красный – максимальные отметки, зеленый – минимальные; 1 – 5 – рудные месторождения, рудопроявления и пункты минерализации: 1 – золота, в том числе месторождения Острый бугор (2), Дьяковское (3), Бобриковское (4), рудопроявления Чернореченское (7), Керчикское (8), Барило-Крепинское (9), Галутинское (10); 2 – свинца, в том числе месторождения Есауловское (1), Центрально-Нагольчанское (5), Нагольно-Тарасовское (6); 3 – цинка; 4 – меди, 5 – железа; 6 – перспективные площади на золотое оруденение: 1) Северо-Кондаковская, 2) Галутинская, 3) Грушевско-Кадамовская, 4) Аютинская, 5) Кондаковская, 6) Южно-Донбасская; 7 – геохимические аномалии рудных элементов в рыхлых отложениях.

Положение оруденения в пликативных структурах

Согласно рисунку 2 в пределах российской части Донбасса рудопроявления приурочены в основном к сводовым частям протяженных гребневидных антиклиналей, представляющих в регионе структуры первого порядка. Это Северная, Главная и Южная антиклинали, вытянутые в запад-северо-западном направлении. В соответствии с этим можно выделить три металлогенических района: Северный (приуроченный к Северной антиклинали), Центральный, (приуроченный к Главной антиклинали) и Южный (приуроченный к Южной антиклинали). Все они располагаются в пределах выявленных нами слабо контрастных аномалий магнитного поля [Давыденко, Парада, 2021].

Северный металлогенический район представлен на исследуемой нами территории группой рудопроявлений Северо-Кондаковской перспективной площади, соответствующей рангу рудного узла, Центральный район включает Галутинскую, Грушевско-Кадамовскую и Кондаковскую (северная часть) перспективные площади, соответствующие рангу рудных узлов, а также золоторудные проявления Чернореченское и Галутинское в составе этих узлов. Южный металлогенический район включает Аютинскую, Южно-Донбасскую и Кондаковскую (южная часть) перспективные площади, соответствующие рангу рудных узлов, а также золоторудные проявления Керчикское и Барило-Крепинское в составе этих узлов.

В украинской части Донбасса на западном продолжении центрального металлогенического района располагаются полиметаллические месторождения Есауловское, Центрально-Нагольчанское, Нагольно-Тарасовское и множество рудопроявлений. На западном продолжении Южного района расположены

золоторудные месторождения Острый бугор, Дьяковское, Бобриковское и несколько рудопроявления.

Положение месторождений и рудопроявлений относительно разрывных структур

Приуроченность рудопроявлений к сводовым частям протяженных гребневидных антиклиналей Донбасса, возможно, связана с расположением вдоль осей крупных протяженных разломов (Сулино-Константиновский вдоль оси Главной антиклинали и Персиановский – вдоль Южной антиклинали) (рис. 3).

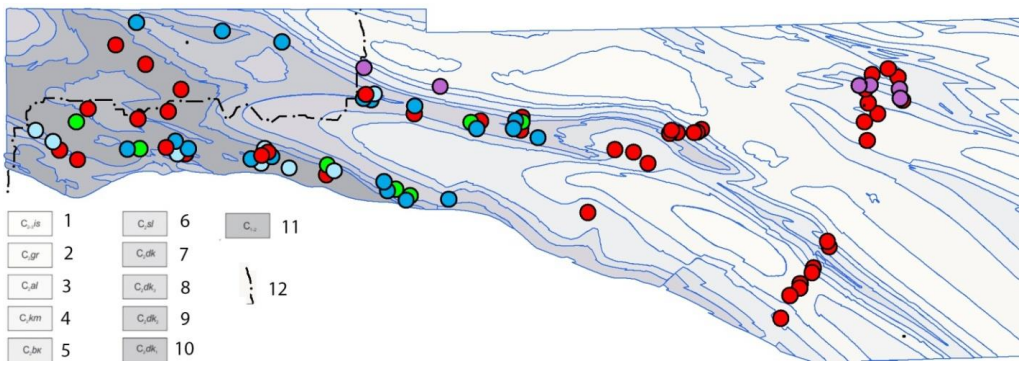


Рис. 2. Положение месторождений
и рудопроявлений в пликативных структурах Донбасса

1 – 11 – стратифицированные образования: 1 – исаевская свита ($C_{2\text{-}3}$is): песчаники, алевролиты, аргиллиты с пластами известняков и линзами каменных углей (мощность более 1000 м); 2 – горловская свита (C_2gl): песчаники, алевролиты, аргиллиты с пластами известняков и каменных углей (мощность (1040–1550) м); 3 – алмазная свита (C_2al): алевролиты, песчаники, аргиллиты с пластами известняков и каменных углей (мощность 540–800) м); 4 – каменская свита (C_2km): песчаники, алевролиты, аргиллиты с пластами известняков и каменных углей (мощность (1075–1300) м); 5 – белокалитвенская свита (C_2bk): алевролиты, песчаники, аргиллиты с пластами известняков и углей (мощность (620–850) м); 6 – смоляниновская свита (C_2sl): алевролиты, песчаники, аргиллиты с пластами известняков и углей (мощность (1550-1800) м); 7–10 – дьяковская серия (C_2dk): 7 – нерасчлененные отложения (C_2dk): аргиллиты, алевролиты, редко песчаники (мощность более 3310 м); 8 – верхняя пачка (C_2dk_3): алевролиты, ритмичное переслаивание алевролитов и песчаников (мощность (820-880) м); 9 – средняя пачка (C_2dk_2): алевролиты, аргиллиты, в верхней части выдержанные пласты песчаников (мощность (500–540) м); 10 – нижняя пачка (C_2dk_1): переслаивание алевролитов и песчаников, прослои аргиллитов (мощность более 2000 м); 11 – нерасчлененные нижне-среднекаменноугольные отложения ($C_{1\text{-}2}$): аргиллиты, алевролиты, песчаники, в основании известняки (мощность более 3000 м); 12 – государственная граница с Украиной. Остальные условные обозначения см. на рис. 1.

Природа продольных разломов до сих пор однозначно не определена. В целом Персиановский, Сулино-Константиновский и др. продольные разломы, расположенные южнее Должанско-Садкинской синклинали, имеют крутое падение на северо-восток. Разломы, расположенные севернее этой синклинали, имеют встречное (юго-западное падение. Вертикальная амплитуда перемещения колеблется от 100 до 1200 м. Многие исследователи Донбасса именуют их надвигами, основываясь на сейсмических данных, указывающих на выполаживание сместителей с глубиной, и на том, они объединяются в системы однонаправленных чешуй. Приуроченность к этим разломам проявлений

магматизма и гидротермальной деятельности, а также сейсмические данные указывают на связь с глубинными разломами фундамента.

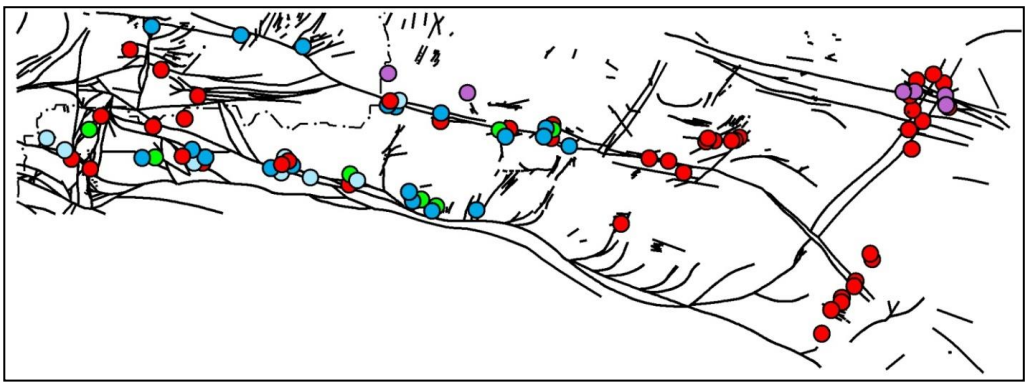


Рис. 3. Положение месторождений и рудопроявлений относительно разрывных структур Донбасса. Черные линии – разломы. *Остальные условные обозначения см. на рис. 1*

Протяженных поперечных разломов достоверно не установлено. Считается, что поперечные разломы в большинстве случаев связаны с поперечными же поднятиями, осложняющими крупные линейные складки. Представлены они малоамплитудными взбросами, взбросо-сдвигами, сбросами. Считается, что именно к мессам пересечения такими поперечными структурами продольных разломов приурочены рудопроявления золота и др. металлов.

Ранее уже высказывались предположения о крупном (десятки км) правом сдвиге вдоль всего Донбасса [Корчемагин, 1984; Погребнов и др., 1985; Saintot at all., 2003]. Указывается на структурные признаки сдвигового смещения и вдоль Зимовниковско-Ремонтненского разлома в осевой зоне кряжа Карпинского [Волож и др., 1999]. Таким образом, намечается единая линия, вдоль которой происходил сдвиг в Донбассе и на кряже Карпинского. Амплитуда сдвига остается неизвестной. На карте докембрийского фундамента региона [Структурно-формационная…, 1992; Леонов и др., 2010] можно с большей или меньшей уверенностью выделять правое смещение границ докембрийских структурных зон вдоль оси Донбасса. Амплитуда такого смещения в разных случаях варьирует от 15–20 до (60–70) км.

Связь оруденения с интрузивным магматизмом

Отличительной чертой металлогении Восточного Донбасса в сравнении с хорошо изученным Западным Донбассом является наличие проявлений магматизма. Интрузивные породы обнажены в зонах широтных разломов и вскрыты скважинами и горными выработками в крыльях Шахтинско-Несветаевской синклинали. Связь их с крупными разломами иллюстрируется рис. 4. Очевидно, что узлы проявлений интрузивного магматизма приурочены к оперяющим разломам.

Интрузивные тела представлены небольшими массивами, штоками и дайками различного, преимущественно субмеридионального простирания, и прослеживаются в зоне Персияновского разлома от границы с Украиной на западе до границы с Калмыкией на востоке. Пик активности магматизма отвечает верхнему триасу и постепенно спадает к средней юре. Большинство радиологических определений этих пород дают нижне-среднеюрский возраст, что может указывать на омоложение пород в восточном направлении [Zaitsev at all., 2003]. Описываемые интрузивные тела прорывают отложения верхнего карбона и объединены в несветаевский андезит-трахиандезитовый комплекс, образующий вулкано-плутонический пояс. В его составе установлены лакколиты и пластообразные тела дацитов, силы, штоки и субсогласные тела андезитов,

андезибазальтов, андезидацитов, штоки кварцевых диоритов, субсогласные пластовые тела трахиандезитов, крутопадающие и пологие дайки дацитов, андезидацитов, андезитов, андезибазальтов, долеритов, трахиандезитов, диоритов.

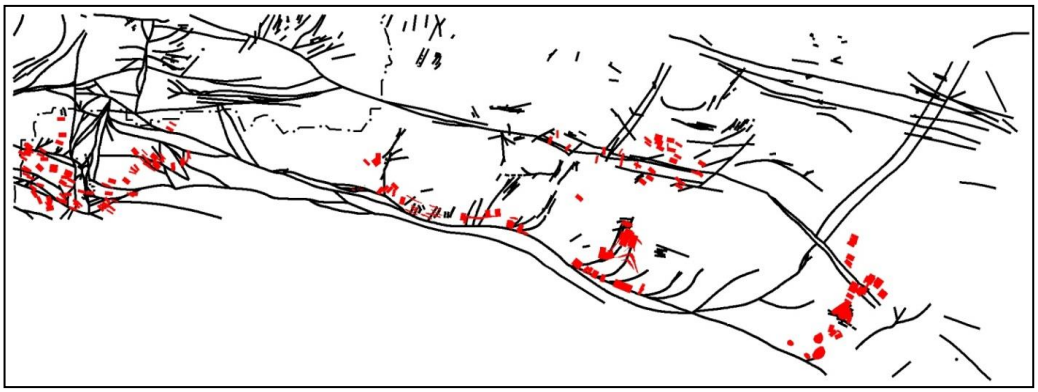


Рис. 4. Связь интрузивного магматизма (красные штрихи и пятна) Восточного Донбасса с разломами (черные линии)

Каменноугольные терригенные отложения в поле развития крутопадающих интрузивных тел интенсивно изменены и превращены в биотитовые роговики и кварцево-серицито-хлоритовые метасоматиты, известняки подвержены скарнированию, в пластах углей развиваются массивные пирит-пирротиновые образования с амфиболом и пироксеном. Сами андезиты и трахиандезиты в эндоконтактовых зонах также подвержены окварцеванию, серитизации и каолинизации. Мощность ореолов метасоматических изменений пород в экзоконтактах интрузивных тел зависит от их размеров и крутизны контактов и достигает первых сотен метров.

Считается [Granovsky, 2018], что наличие протяженного мезозойского вулканно-плутонического пояса связано с интенсивной фазой активизации, завершающей формирование складчатых структур Донбасса, оживления древних тектонических нарушений и заложения молодых, к которым относится Персияновский, Барило-Крепинский, Сулино-Константиновский и более мелкие разломы. Давление предкавказских плит с юга привело к вулкано-плутонической активизации в связи с приуроченностью субширотного магматического пояса к южному ограничению Донецкой складчатой системы при быстром затухании магматизма субмеридиональных зон к северу. Сжатие структуры началось в триасе, что привело к формированию складок, надвиговых структур, оживлению системы древних разломов и в северной части Донбасса. Предполагается, что в условиях сжатия произошло разогревание и активизация более древних магматических очагов, и это обусловило мезозойский магматизм. При этом состав первоначальной магмы отвечает субщелочному оливиновому базальту, слабо насыщенному кремнекислотой. Раскисление и дифференциация пород происходила в промежуточных очагах, которые представляли собой крупные глубинные массивы предполагаемого южнодонбасского позднепалеозойского интрузивного комплекса. По результатам вынесения данных химических анализов на петрохимические диаграммы установлено, что несветаевский андезит-трахиандезитовый интрузивный комплекс отвечает этапу тектонической активизации областей завершенной складчатости.

Именно с фазой активизации и магматизмом несветаевского комплекса в Донбассе связаны месторождения и рудопроявления золота и полиметаллов. Ранее предполагалось, что они приурочены, как правило, к поперечным разломам (Керчикское и др.) или узлам пересечения разнонаправленных тектонических зон (Северо-Кондаковская площадь и др.), что не совсем согласуется с результатом сопоставления

пространственного размещения проявлений рудных минерализаций и проявлений интрузивного магматизма, представленном на рис. 5.

После формирования несветаевского комплекса в средней-поздней юре произошло внедрение дайкового миусско-керчикского лампрофирового комплекса, ультраосновного и основного состава. Дайки представлены маломощными до 10 м протяженные от 0,2 до 3 км телами мончекитов, камптонитов, спессартитов, керсантитов. Контакты лампрофиров с вмещающими породами типично рвущие, резкие, часто сопровождаемые дроблением пород. Вмещающие породы при этом практически не изменены. Дайки, как правило, имеют субмеридиональное простирание.

Проявлены они территориально там же, где и магматиты несветаевского комплекса. Наиболее широкое развитие имеют в пределах миусского дайкового поля шириной 30 км. В восточной половине российского Донбасса эти дайки обнаруживаются только в горных выработках и скважинах. Некоторые дайки и в украинской и в российской частях Донбасса несут черты брекчиевых (взрывных) структур. В узлах пересечения таких тел содержатся обломки оливин содержащих пикритов, докембрийских гнейсов, характерных для глубин (7–10) км, что может указывать на их связь с зонами глубинных разломов, достигающих мантии, а также на их возможную алмазоносность.

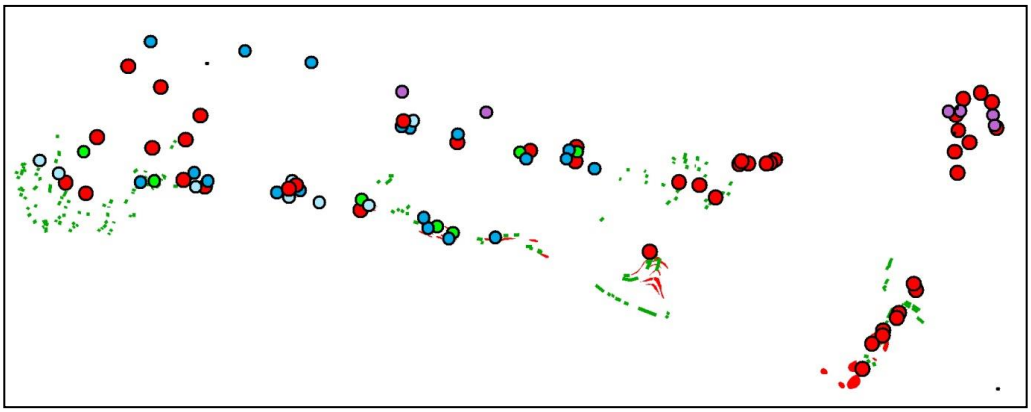


Рис. 5. Связь рудопроявлений цветных и благородных металлов с интрузивным магматизмом. Красные линии, пятна и штрихи – силы и штоки средних и кислых пород, зеленые штрихи – дайки средних и основных пород.
Другие условные обозначения см. на рис. 1

По данным украинских геологов [Бутурлинов, 1984] интрузии миусского комплекса по отношению к золото-полиметаллической минерализации Нагольного кряжа является пострудными. В российской части Донбасса отношение даек миусско-керчикского комплекса к оруденению не установлено.

Заключение

В пределах российской части Донбасса выделены три металлогенических района, приуроченных к сводовым частям протяженных гребневидных антиклиналей, представляющих в регионе структуры первого порядка запад-северо-западного простирания: северную (приуроченную к Северной антиклинали), центральную, (приуроченную к Главной антиклинали) и южную (приуроченную к Южной антиклинали).

Приуроченность рудопроявлений) к сводовым частям продольных антиклиналей Донбасса, определяется расположением вдоль осей крупных продольных разломов. Установлена приуроченность к этим же структурам интрузивных пород ранне-

среднеюрского несветаевского и средне-позднеюрского керчикско-миусского комплексов и рудопроявлений.

Северный металлогенический район представлен на исследуемой территории группой рудопроявлений Северо-Кондаковской перспективной площади, соответствующей рангу рудного узла, Центральный металлогенический район включает Галутинскую, Грушевско-Кадамовскую, и Кондаковскую (северная часть) перспективные площади, соответствующие рангу рудных узлов, а также золоторудные проявления Чернореченское и Галутинское в составе этих узлов. Южный металлогенический район включает Аютинскую, Южно-Донбасскую и Кондаковскую (южная часть) перспективные площади, соответствующие рангу рудных узлов, а также золоторудные проявления Керчикское и Барило-Крепинское в составе этих узлов.

Работа выполнена в рамках реализации государственного задания ЮНЦ РАН. № госрегистрации АААА-А19-119011190181-1.

Литература

1. Геоэлектрические модели золоторудных месторождений Украинского щита и Донбасса / *Белявский В.В., Гошовский Г.С., Бобров А.Б., Чуприна И.С., Шумлянский В.А.* Киев: Логос, 2004. 242 с.
2. *Бутурлинов Н.В.* Эволюция магматизма, минеральных ассоциаций и эндогенного рудообразования в Донецком бассейне // Минералогия рудных месторождений Украины. К.: Наукова думка, 1984. С. 36–44.
3. Строение Кряжа Карпинского / *Волож Ю.А., Антипов М.П., Леонов Ю.Г., Морозов А.Ф., Юров Ю.А.* // Геотектоника. 1999. № 1. С. 28–43.
4. *Гордиенко В.В.* Плотностные модели тектоносферы территории Украины. Киев: Інтелект, 1999. 100 с.
5. Опыт выявления и изучения зон эндогенной флюидизации комплексом дистанционных и газогеохимических методов / *Давыденко Д.Б., Давыденко Е.Д., Исаев В.С., Клещенков А.В., Мохов А.В., Парада С.Г.* // Вестник Южного научного центра. 2014. Т. 10. № 1. С. 25–34.
6. *Давыденко Д.Б., Парада С.Г.* Опыт разделения потенциальных полей Донбасса на фоновую, остаточную и локальную составляющие и некоторые результаты интерпретации. // Геология и геофизика Юга России. 2021. № 1. С. 22–27.
7. *Корчемагин В.А.* Геологическая структура и поля напряжений в связи с эволюцией эндогенных режимов Донбасса. М.: ИФЗ АН СССР, 1984. 184 с.
8. *Лебедь Н.И., Кулиш Е.А.* Основные аспекты золотоносности Украины и первоочередные задачи поисковых и оценочных работ / Проблемы золотоносности недр Украины: Сб. науч. трудов. Киев. 1997. С. 5–19.
9. Консолидированная кора Каспийского региона: опыт районирования / *Леонов Ю.Г., Волож Ю.А., Антипов М.П., Быкадоров В.А., Хераскова Т.Н.* // Тр. ГИАН РАН. Вып. 593. М.: ГЕОС, 2010. 64 с.
10. *Лихачев В.А., Зеленщиков Г.В.* Минерально-сырьевая база Ростовской области // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Европейской территории России и Урала. Екатеринбург. 2000. Кн.1. С. 173–175.
11. *Лосева О.В., Рогаченко А.М.* О золотоносности зоны крупных линейных складок в Нагольном кряже (обзор) // Металлогения древних и современных океанов. 2008. № 14. С. 250–254.
12. Прогнозирование золотого оруденения в условиях закрытой территории Восточного Донбасса на основе геолого-геофизических данных / *Невалённый Ю.В., Давыденко Д.Б., Макарюха С.В., Зеленщиков Г.В.* // Компьютерное обеспечение государственной программы Геолкарта-200. Ессентуки. 2000. С. 148–149.
13. *Парада С.Г.* Перспективные геолого-промышленные типы рудопроявлений золота в Ростовской области // Вестник Южного научного центра РАН. 2014. Т. 10. № 4. С. 53–60.
14. *Парада С.Г.* Перспективные типы месторождений и рудопроявлений золота Юга России // Геология и геофизика Юга России. 2017. № 1. С. 57–72.
15. *Погребнов Н.И., Очеретенко И.А., Трощенко В.В.* Структурная геология Донецкого бассейна. М.: Недра, 1985. 149 с.
16. Структурно-формационная карта кристаллического основания юго-западной части Восточно-Европейской платформы (масштаб 1:1000000) / гл. ред. *А.И. Зарицкий* // Всероссийский

научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского. СПб. 1992.
17. УзнайВсё.ру.URL: https://uznayvse.ru/ekonomika/korab-resources-prekratila-finansirovanie-proekta-dlya-osvoeniya-mestorozhdeniya-zolota-i-serebra-v-bobrikovo-55887.html (дата обращения 2019-01-15).
18. *Черненко М.Ю., Трощенко В.В.* Геохимическая специализация магматических и осадочных пород Керчикской рудовмещающей структуры (Восточный Донбасс) // Вестник Южного научного центра. 2012. Т. 8. № 4. С. 50–57.
19. *Цільмак О.В.* Мінералого-геохімічна модель Бобриківського золоторудного родовища: автореф. дис. … канд. геол. наук: 04.00.22. Львівський національний університет ім. Івана Франка. Львів. 2016. 20 с.
20. Granovsky A.G. Magmatism and stages of the tectonic evolution in the Donets folded structure, Eastern Donets basin // Geotectonics. 2018. Vol. 52. № 4. Pp. 485–498.
21. Saintot A., Stephenson R., Stovba S., Maistrenko Yu. Structures associated with inversion in the Donbass fold belt (Ukraine and Russia) // Tectonophysics. 2003. Vol. 373. Pp. 181–207.
22. Zaitsev A.V., Zelenshchikov G.V., Granovskii A.G., Ryshkov M.M. Geology and geodynamics of precambrian structures at the junction of the Voronezh crystalline massif and Rostov tectonic inlier // Doklady Earth Sciences. 2003. Vol. 392. № 7. Pp. 925–927.

УДК 551.781.5 DOI:10.34708/GSTOU.2021.46.69.023

ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ ОСАДКОВ ЧЕРНОГО МОРЯ

© [1]Пинчук Т.Н., [1]Кодаш А.С., [2]Шейков А.А., [3]Фурсина А.Б.

[1]КубГУ, г.Краснодар
[2]ИГЭ «ЮжморИнжГео», АО «Южморгеология», г.Геленджик
[3]КВВАУЛ, г. Краснодар

Отложения абиссальной равнины Черного моря представляет собой сплошные глинисто-иловые участки преимущественно морского генезиса, образовавшиеся в условиях изменения уровня моря в четвертичный период. Осадконакопление в шельфовой части резко реагировало на колебания уровня моря, в абиссальной части такие изменения не влияют на литологию и изменения трансгрессивно-регрессивного характера выявляются только по микрофаунистическим данным. Присутствие комплексов микрофауны шельфа в глубоководье указывают на активный снос мелководных осадков в эпохи регрессий, в тоже время наличие древних ископаемых в абиссальной части указывает на эрозию береговой зоны, сложенной древними породами в период трансгрессии в квартере.

Ключевые слова: *абиссаль, донные осадки, фораминиферы, остракоды, стратиграфия, трансгрессия, регрессия.*

Покровный комплекс отложений четвертичного периода на материковом склоне, его подножии и абиссальной равнине Черного моря представляет собой сплошные участки преимущественно морского генезиса (аллювий встречается редко, включая погребенные отложения), образовавшиеся в условиях изменения уровня моря. Осадконакопление резко реагировало на колебания уровня моря с амплитудами от нескольких метров до нескольких десятков метров. В абиссальной части такие изменения не влияют на литологию осадконакопления и выявляются только по микропалеонтологическим исследованиям. В настоящее время существует биостратиграфическое подразделение четвертичных отложений Черного моря в шельфовой части: по моллюскам (Невесская, 1965; Ильина, 1966; Федоров, 1978) [2], фораминиферам (Янко, 1984) и остракодам (Грамова, 1984) [8, 9]. Авторы представленной работы исследовали образцы донных проб, отобранных на материковом склоне, его подножии и в абиссальной части Черного моря.

Материалом исследования послужили результаты изучения колонок керна глубоководных станций опробования, полученных ИГЭ "Южморинжгео" в 2013-2014 и 2019 годах, при выполнении «Госконтракта 44/01/13-56 и Контракта 15-3/19-1». Донные осадки исследованы на 400 станциях на глубинах от 800 до 200 м и глубже, опробования проводились в интервале от 0 до 460 см. Пробы представлены илистыми отложениями (иногда газонасыщенными), в которых найдены многочисленные аутигенные минералы сульфидов (гидротроилит, пирит) и сульфатов (гипса). Наличие аутигенных минералов образованы благодаря углероду, который обычно восстанавливается Fe2+ в минералах марказит и пирит, которые присутствуют в илистом осадке и хорошо сохраняются в породах. Наличие сульфидов в породе указывает на относительно глубоководные условия. Обломочная часть представлена мелкими неокатанными обломками глинистых и слюдистых сланцев, известняков, аргиллитов и мергелей, полевых шпатов, чешуйками биотита и хлорита, реже зернами кварца, поступивших из шельфовой части в абиссальные участки.

Породы, принадлежат неоплейстоцен-голоценовому стратиграфическому диапазону. Большинство проб содержат мелкие тонкостенные раковины прозрачных личиночных раковин моллюсков, часто встречаются растительные обрывки.

Состав фораминифер в глубоководных пробах относительно беден и содержит представителей следующих родов *Ammonia, Porosononion, Mayerella,* и другие. Состав

остракод представлен родами: *Cyprideis, Xestoleberis, Leptocythere, Loxoconcha, Candona* и другими.

Фораминиферы и остракоды по солености подразделятся на олигогалинные (1–5‰), стриктоэвригалинные (11–26 ‰), полигалинные (18–26 ‰), голэвригалинные (1 – 26‰); по глубинам – на мелководные (0–30 м), относительно глубоководные (31–70 м) и глубоководные (71–220 м) виды [4, 9, 11]. Появление раковин шельфовых представителей фораминифер и остракод в глубоководной части Черного моря объясняется сносом их с шельфа. При рассмотрении вертикального распределения фораминифер в колонках керна, по видовому и количественному составу выявлены комплексы характерные для определенных стратиграфических слоев (табл.1).

Таблица.1

Стратиграфическая шкала четвертичных отложений южных морей России

Общая стратиграфическая шкала: Система	Отдел, ярус	зона	раздел	Климатостратиграфические подразделения (горизонт)	Черное море (Федоров, 1974, Китовани, 1978, Янко,1990, Чепалыга, 1997) (слои)	Азовское море (Попов,....., Шорников, 1972,Едигерян, Алексина, 1970)	Каспийское море (Федоров, 1972)	
Четвертичная (квартер)	Голоцен			Послеледниковье	Черноморские (трасгрессия,пм): Новочерноморские: современные, корсуньские, нимфейские, фанагорийские, джеметинские, каламитские, понтийские	Азовские (трансгрессия, св): Ново азовские (HCl-): Ракуша и детрит, Ракуша с илом, Илы с ракушей, Илы глинистые с ракушей	Новокаспийские	
					Древнечерноморские: витязевские, колхидские, бугазские	Древне азовские (HCl+): казантипские, витязевские, бугазские	Мангышлакская (регрессия)	
	Плейстоцен	Верхняя	Валдайский	Верхний, средний, нижний	Новоэвксинские: регрессия - 90м, трансгрессия -40м, Тарханкут(тр -25м)	Новоэвксинские (сурожские)	Верхнехвалынские	
					Послекарангатские (регрессия пп)	Послекарангатские	Нижнехвалынские (ательская регр.)	
				Микулинский	Карангат: Сочинские, трансгрессия мр, агойская тр., регрессия; Эльтиген, трансгрессия мо 5-10м, шахейская тр. регрессия; Тобечикские, трансгрессия 5-10м мр	Карангатские	Верхнехазарские	
		Средняя	Средне русский	Московский Одинцовский				Перерыв (оледенение)
					Узунларские (трансгрессия)	Узунларские		
				Днепровский	Древнеэвксинские (верхние) -регрессия	Древнеэвксинские (верхние)	Нижнехазарские (косожские)	
				Лихвинский	Палеоузунларский Древнеэвксинские (нижние)	Древнеэвксинские	Нижнехазарские (сингельские)	
		Нижняя	Днестровский	Окский				Перерыв (оледенение)
				Колкотовский	Верхнечаудинский	Верхнечаудинский	Урунжинские Верхнебакинские	
				Платовский			Нижнебакинские	
				Михайловский	Нижнечаудинский	Нижнечаудинский	Тюркянские (регрессия)	
	Эоплейстоцен				Гурийский	Гурийский, Апшеронский	Апшеронский	

Найденные комплексы фораминифер близки комплексам, выделенным Янко В.В.(1990) [9] на шельфе. Найдено 53 вида бентосных фораминифер из 32 родов, из которых 7 видов с агглютинирующими раковинами, остальные секреционными. В основном комплекс фораминифер в глубоководных пробах представлены видами из четвертичных отложений, и в тоже время найдены переотложенные виды из отложений палеогена.

По находкам остракод и фораминифер уточнялась экологическая обстановка и привязка стратиграфических интервалов [1, 5, 7]. Зависимость состава микрофауны от солености позволяет выделить два основных цикла в позднеплестоцен–голоценовой истории Черного моря – до поступления средиземноморских вод и после. Границей разделяющей фауны этих циклов, является соленостный диапазон от 5 до 8‰, называемой критической соленостью [10, 11]. Черное море до голоценовой трансгрессии представляло собой сильно опресненный, но не до конца пресный водоем, населённый в новоэвксине понто-каспийской фауной азовского типа. Наличие в пробах

средиземноморской микрофауны, не выживающей ниже критической солености, отчетливо выделяет морской цикл обусловленный вторжением вод Средиземного моря.

По материалам ранних исследователей (Невесская, 1974; Куприн, Щербаков, Забелина и др., 1975; Шимкус, 2005), на нижележащих новоэвксинских отложениях появляются известковые древние черноморские илы богатые органическим веществом. Эти илы отнесены к бугазским и витязевским слоям. Отложились они на сильно сульфидизированных гидротролитовых илах (верхнего новоэвксина) и перекрываются сапропелевыми илами каламитских слоев (Щербаков, Куприн, Моргунов, 1979). Толщины голоценовых отложений в абиссальной части Черного моря значительно больше, чем на шельфе, материковом склоне и его подножии [6].

Прослеживание изменений найденных комплексов фораминифер и остракод по колонкам керна указали на периоды активного сноса микрофауны с шельфа, и периоды затишья, когда в пробах отсутствовала микрофауна и формировались в основном аутигенные минералы. Аноксические условия в придонных слоях, связанные с сероводородным заражением иловых вод подтверждаются осаждением кристаллов пирита и гипса. При сравнении найденной микрофауны по разрезу колонок керна были выявлены уровни чередования появления раковин фораминифер, остракод, личиночных раковин моллюсков и слоев без фауны. Обнаруженные уровни позволяют проследить этапность осадконакопления в голоцене. Во время регрессий глубоководная зона была ближе к источникам сноса обломочного материала, так как среди илов стречены обломки магматических и метаморфических пород. Илы часто содержат голоценовую микрофауну с включением раковин более древних отложений палогена, переотложенных с Кавказа. Во время трансгрессий условия накопления илистых осадков в глубоководных районах были стабильными и сопровождались осаждением преимущественно тонких фракций, в условиях сероводородного заражения и образования аутигенных минералов.

Изменения комплексов бентосных фораминифер, основано на чередовании комплексов микрофауны, по составу и количеству, в зависимости от различных экологических и фациальных обстановок. Эти данные позволяют выделить трансгрессивные и регрессивные стадии в развитии бассейна. Трансгрессивные стадии характеризуются увеличением состава и численности эври- и полигалинных видов. В регрессивные стадии комплексы микрофауны характеризуются снижением состава и численности видов, но с сохранением голэвригалинных представителей. Кроме того выделяются комплексы по площади распространения, в зависимости от солености и глубин вод.

В основании образований голоцена отмечены следы размыва (переотложенные раковин моллюсков, остракод и фораминифер из древнеэвксина и чауды, по станциям 5; 6; 9; 12; 17; 19; 21; 40; 41; 58; 59 и др.). Нами впервые установлено что ложе подводного каньона р. Мзымта на материковом склоне представлено образованиями ранней чауды, ложе и борта каньона на материковом подножии представлены уже позднечаудинскими породами, частично перекрытыми новочерноморским морским турбидитом потоковой фации. На поверхности морского дна, на гребнях между каньонами и у подножий бортов каньонов, спорадически фиксируются новоэвксинские образования, представленные как маринием, так и декливием обвально-оползневых фаций. Уровень моря в предголоценовую регрессию падал почти на 100 м, осадки формировались в условиях мелководного опресненного бассейна. Новоэвксинские слои содержат *Ammonia novoexinica, A.caspica. A. tepida.* и сопоставляются с предбореальной экозоной по Невесской Л.А. (1965).

В послеледниковое время в Черном море выделены два этапа: древнечерноморский – связанный с начальной фазой осолонения моря и заселения его средиземноморскими организмами, и новочерноморский – связанный с наибольшей трансгрессией и термическим максимумом голоцена. Пышный расцвет фауны был связан с усиленным притоком соленых вод и миграцией с ними эвригалинными организмами, но и с расширением мелководий. Состав фауны указывает на то, что

соленость моря в максимум новочерноморской трансгрессии превосходила современную.

В древнечерноморской стадии преобладали каспийские эвригалинные остракоды, распространенные среди средиземноморских пришельцев, сопровождавшиеся постепенным изменением состава комплекса остракод. Древнечерноморские слои содержат преимущественно *Candoniella albicans, Cyprideis littoralis, Loxoconcha lepida, Leptocythere multipunctata* и характерны *Caspiolla acranasuta, Macrocypris minna* и др. Трансгрессивные бугазский и витязевский комплексы связаны с фазами засоления и колонизации средиземноморскими организмами. Бугазские слои четко выделяются по увеличению средиземноморских видов фораминифер: *Nonion matagordanus, Mayerella brotskajae* и резкому количественному увеличению *Ammonia tepida*. Уровень моря достигал – 30 – 35м, соленость не превышала 7-12‰. Затем следовала незначительная колхидсткая регрессия и в результате понижения солености до 5‰ и сокращение видов фораминифер, и увеличение количества остракод указывает на это в колонках керна со станций 16, 26, 45, 47, 56 и др. Витязевские слои формировались с хорошо развитой средиземноморской микрофауной, в условиях подъема уровня моря до -30 – 35м, и увеличение солености до 12‰. Вместе с бугазскими и колхидскими слоями они соответствуют бореальной экозоне.

Позднечерноморские отложения в подошве сложены понтийскими слоями, которые формировались в условиях понижения уровня моря до изобаты –40м. Соленость уменьшилась незначительно. Вышележащие каламитские слои представлены илами с включением раковин моллюсков Mytilus galloprovincialis и редких раковин Cardium edule [3]. Каламитские слои являются маркерным горизонтом, за которым следует повышенное накопление органического сапропелевого вещества. В каламитское время уровень моря повысился почти до современного, хотя в середине периода имелся незначительный спад. Каламитская микрофауна была наиболее богата в количественном отношении. Каламитские слои совместно с понтийскими отвечают атлантической экозоне.

Джеметинский комплекс связан с наибольшей трансгрессией и тепловым максимумом голоцена. Массовое появление фауны было связано не только со средиземноморскими фаунистическими трансгрессиями и миграциями, но и с расширением мелководных районов моря. В джеметинское время уровень моря превышал современный на 2-3 м, максимальной была и соленость до 21‰. В этот период преобладают полигалинные и глубоководные виды, с превышением средиземноморских видов с обилием аммониевого состава. Джеметинские слои соответствуют суббореальной экозоне.

Фанагорийские слои соответствуют фазе довольно глубокой регрессии, понижением уровня моря до 13м, без изменения солености вод. Характерно резкое снижение видового состава фораминифер до 13 видов, преобладают милиолиды.

Нимфейская трансгрессия выразилась в повышении и уровня моря до современного, при той же солености. Одновременно, увеличивается видовой состав фораминифер, с преобладанием аммоний и массовому появлению милиолид с обилием песчаных раковин видов *Eggerella.*

Корсуньская регрессия проявилась только на мелководье и в изученном районе выделена частично, вероятно, она была низкоамплитудной. Микрофауна отреагировала на это обеднением видового состава и в глубоководье не фиксируется.

В новочерноморскую стадию формируется собственно черноморская фауна остракод, большей частью близка к карангатскому комплексу, где преобладают виды: *Leptoceythere multituberculata, Loxoconcha granulata, L. bulgarica, Xestoleberis cornelli, Macrocypris maxi, Carinocythere rubra, Pontocythere sp.* и др. Соленость моря составляет от 12 до 18‰, состав фораминифер до 30 видов, сравнительно большим количественным составом представлены песчаные виды и также аммонии и милиолиды.

Установленные колебания уровня моря в глубоководной части сопоставимы с фазами подъема и спада последней трансгрессии по данным исследований в шельфовой части Черного моря.

Литература

1. *Бурындина Л.В., Бондарь Е.А.* Комплексы остракод глубоководных донных проб Черного моря // Тез.морской школы. Москва. 2003.
2. *Невесская Л.А.* Позднечетвертичные двустворчатые моллюски Черного моря, их систематика и экология // Труды ПИН. Т. 105. Москва. 1965.
3. Новые данные о палеогеографическом режиме Черного моря в верхнем плейстоцене и голоцене / *Островский А.Б., Измайлов Я.А., Балабанов И.Н. и др.* // Палеогеография и отложения плейстоцена южных морей СССР/ Под ред. *П.П.Каплина, Ф.А. Щербакова*. М.: Наука, 1977. С. 131-140.
4. *Пинчук Т.Н.* Бентосные фораминиферы и стратиграфия восточного шельфа Черного моря (Сочи-Туапсе) // Тез.докладов ВПО. Санкт-Петербург. 1993.
5. *Супрунова Н.И.* Этапность развития фауны остракод и фораминифер как основа биостратиграфического расчленения четвертичных отложений керченского пролива // Вопросы микропалеонтологии. Москва. 1980. Вып. 23. С. 171-173.
6. *Шейков А.А., Серебряков А.А., Натарова Е.В.* Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Издание второе. Серия Кавказская. Листы K-37-XV (Подводный каньон Мзымты), K-37-XVI (Абиссаль 16). Объяснительная записка. СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2017. 117 с.
7. *Шорников Е.И.* К изучению Ostracoda Азовского и Черного морей. Бентос // Биология моря. Киев: Наукова думка. С. 103-120.
8. *Янко В.В., Троицкая Т.С.* Позднечетвертичные фораминиферы Черного моря. М.: Наука, 1987. 111 с.
9. *Янко В.В., Грамова Л.В.* Стратиграфия четвертичных отложений Кавказского шельфа и континентального слона Черного моря // Советская геология. 1990. №2. С. 60-72.
10. Ivanova E.V., Murdmaa I.O., Chepalyga A.L., Cronin T.M., Pasechnik I.V., Levchenko O.V., Howe S.S. ets. Holocene sea-level oscillations and environmental changes on the Eastern Black Sea shelf. //Palaeo geography, climatology, ecology. 3.Vol.246. 2007. Pp. 228-259.
11. Pinchuk T.N., Burindina L.V., Bondar E.A. The Holocene microfauna from the Black and Azov seas // Abstract IGCP 521-481 Joint Meeting and Field Trip, Gelendzhik, Russia. September 8-17, 2007. Pp. 131-132.

УДК 553.98 DOI:10.34708/GSTOU.2021.70.77.024

ЭКЗОГЕННЫЕ И ЭНДОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ В ФОРМИРОВАНИИ КОЛЛЕКТОРОВ В ПОРОДАХ ФУНДАМЕНТА

© Попков В.И., Попков И.В.

КубГУ, г. Краснодар

Фильтрационные и емкостные свойства пород, слагающих фундамент платформ, имеют вторичную природу, предопределяющую их очаговое (островное) площадное распространение. Такие участки характеризуются, в основном, вертикальной флюидопроводимостью, исключающую дальнюю латеральную миграцию, что необходимо учитывать при оценке перспектив нефтегазоносности территорий.

Ключевые слова: *фундамент, метаморфические и магматические породы, эндогенные и экзогенные процессы, коллектор, нефтегазоносность.*

Породы фундамента долгое время не рассматривались в качестве перспективных объектов на поиски залежей углеводородов, и изученность их емкостно-фильтрационных параметров оставалась на крайне низком уровне. В пределах НГБ на скважинах, вскрывших первые метры пород фундамента, дальнейшее углубление не проводилось и скважины останавливались. Открытие во второй половине прошлого столетия залежей нефти в породах фундамента на месторождениях Западной Сибири, Южном Мангышлаке, ДДВ, а также за рубежом позволило по-новому взглянуть на перспективы его нефтегазоносности и сегодня промышленные скопления УВ в фундаменте рассматриваются как вполне нормальное, а не аномальное явление.

Залежи нефти и газа открыты в фундаменте в различных по условиям формирования и составу породах. Так, промышленные скопления нефти и газа установлены в гнейсах Березовского района Западной Сибири, в сланцах Калифорнии (Уилмингтон и др.), в кварцитах Центрально-Канзасского свода, и других метаморфических породах (бассейн Купер Австралия), в ультраосновных частично серпентинизированных породах (ряд месторождений Кубы и Фестивальное в Западной Сибири) и т.д.

Весьма важным для магматических и метаморфических коллекторов фундамента является тот факт, что вся совокупность их пустотного пространства, относимая к коллектору и способная удержать пластовый флюид, имеет эпигенетичную природу, а сами коллекторы получили термин «нетрадиционные объекты» [10-12, 17]. Формирование коллекторов в породах фундамента происходит под влиянием экзогенных и эндогенных факторов независимо от их вида и происхождения. К экзогенным факторам относятся процессы физического и химического выветривания, протекающие в приповерхностных условиях, при выходе пород фундамента на дневную поверхность. Из эндогенных факторов отметим разрывную тектонику и гидротермальную деятельность.

Коллекторами чаще всего выступают участки дробления, кавернозности и трещиноватости пород, площадные и линейные коры выветривания и др. Покрышками обычно служат участки цементации, образовавшиеся в результате гидротермальных процессов, непроницаемые толщи основания осадочного чехла, верхние каолинитовые зоны коры выветривания фундамента и др. Несмотря на то, что скопления УВ встречены в породах различного состава, наиболее перспективны гранитоиды, с которыми связаны крупнейшие открытия последних десятилетий [1, 10 и др.].

Многие месторождения нефти в породах фундамента связаны с корами выветривания. Последние, как правило, приурочены к крупным выступам фундамента, на поверхности которых они и формируются. Генетически – это продукт дезинтеграции образований фундамента в поверхностных условиях под воздействием экзогенных

факторов. Глубина дезинтеграции и выветривания пород может достигать от нескольких десятков метров при развитии площадных кор выветривания до сотен метров и более в линейных, связанных с разрывными нарушениями. Образующаяся при этом пустотность при нисходящих движениях блоков пород фундамента, в зависимости от состава пород и термобарических условий, на некоторых участках исчезает, а на других – сохраняется. В результате появляется некая мозаичность в распределении коллекторов в кровельной части этих выступов. Наилучшими коллекторскими свойствами обладают коры выветривания, развитые на гранитоидах и карбонатных породах. Однако коры выветривания, строго говоря, относятся к образованиям фундамента весьма условно и относятся к платформенным формациям.

В гипергенно не измененных магматических и метаморфических породах в формировании коллекторов существенная роль принадлежит тектоническим, гидротермально-пневматолитовым процессам, автометасоматозу, контракционной усадке, тектонокессонному эффекту [3, 6-16]. Эти факторы играют большое значение при образовании пустот в гранитоидных интрузиях, которые стали привлекать пристальное внимание геологов-нефтяников в последние десятилетия, особенно после открытия в них крупных скоплений углеводородов на Вьетнамском шельфе. Одним из слабо разработанных вопросов остается проблема формирования пустотного пространства в интрузивных массивах. Прежде всего это относится к их более глубоким интервалам, не затронутых поверхностными палеоэкзогенными процессами. В этом отношении интерес могут представлять научные исследования геологов-рудников.

Установлено, что при внедрении магматического расплава в относительно холодные вмещающие породы по краю интрузива образуется зона быстрого охлаждения, в пределах которой магма твердеет, превращаясь в сравнительно мелкозернистую породу – «зону закалки» [7-9, 14, 16]. В соответствии с геотермическим градиентом быстрее охлаждаются верхние части интрузивов, особенно их апикальные части, где образуется наиболее мощная «зона закалки», являющаяся подобием жесткой аркообразующей конструкции. Такие формы, как известно, обладают повышенной несущей способностью. В то же время внутри камеры продолжает существовать жидкий расплав. По расчетным и экспериментальным данным сокращение его объема к моменту образования твердой фазы составляет около 8,4 %. Следовательно, в процессе застывания магмы будет осуществляться отрыв кристаллизующегося и оседающего расплава от твердой коры закалки с появлением свободного пространства, где и возникают полости в образующемся кристаллическом массиве. Подобное явление хорошо изучено и в литейном деле [2].

Возникающие в процессе усадки гранитов поля напряжений и сопутствующие им контракционные трещины хорошо изучены на примере многих массивов [5, 7]. Тектонофизический анализ позволил выявить различные типы контракционных трещин, установить закономерности их распределения и ориентировки [15]. Выявлены два основных вида трещин: пологие трещины отрыва, локализующиеся в апикальных частях гранитных массивов, и субвертикальные трещины скола – в более глубоких его горизонтах. Эндокинетическая, контракционная природа первого типа трещин доказывается расположением их только в пределах собственно гранитного интрузива и зависимостью ориентировки и плотности от морфологии его кровлевой поверхности.

По данным [5, 8] образование контракционных трещин начинается уже на магматической стадии, проявляясь в виде так называемых горячих трещин. Увеличение растягивающих напряжений по мере охлаждения интрузива после его кристаллизации ведет к развитию пологих трещин отрыва, затухающих на глубине 150-200 м от его кровли. Максимальное их число приходится на локальные куполовидные выступы интрузии, снижаясь в вогнутых участках. Причиной этого является неравномерная концентрация растягивающих напряжений и зависимость поля напряжений от формы кровли, что связано с различной скоростью теплоотдачи этих участков, неравномерностью охлаждения и проявлением «арочного эффекта».

В условиях закрытой системы, какой является остывающий интрузив, растяжение в верхних его частях приводит к сжатию в более глубоких горизонтах в результате суммарного влияния гравитационного эффекта и внутренних напряжений в интрузиве [15]. В результате этого образуются субвертикальные сколовые трещины, относящиеся к группе трещин глубинной контракции [14]. Природа сил, обусловливающих возникновение этих трещин, также термоусадочная. Причина смены субгоризонтальных трещин отрыва, развитых в верхних прикупольных частях интрузива, на сопряженные крутопадающие сколы в более глубоких его участках, очевидно, связано с тем, что в более глубоких зонах перестает действовать «арочный эффект», и в более стесненных условиях вертикальная (гравитационная) составляющая реализуется в виде субвертикальных сдвижений, характерных для внутренних частей системы «интрузив – надинтрузивная зона» [14]. Данная закономерность может быть использована как дополнительный критерий для оценки глубины эрозионного среза интрузива.

Последующие инъекции новых порций магматических расплавов в интрузию могут приводить к подновлению трещин первично контракционного генезиса, возникновению новых и более крупных трещин и последующему импульсному их раскрытию [9].

Таким образом, в пределах гранитных интрузий возможно формирование полостей еще на стадии кристаллизации расплава. Последующие тектонические движения приводят к образованию новых систем трещин, разрывов, рассекающих гранитный массив, по которым происходит циркуляция агрессивных растворов, приводящая к выщелачиванию ранее образовавшихся минералов с увеличением диаметра пустот. В итоге создается природный резервуар, который при определенных условиях может быть заполнен углеводородами. Последний может сочетать в себе элементы как пластового, так и жильного характера [11, 16, 17]. Описанные закономерности распространения трещин отрыва и скола в гранитном массиве могут определять преобладающие пути и направления фильтрации флюидов, что необходимо учитывать при разработке месторождения. Наиболее благоприятные условия для формирования скоплений нефти и газа в гранитных массивах, при прочих равных условиях, имеются в их прикупольных частях.

Данная модель образования резервуара нашла хорошее подтверждение на месторождении Оймаша в Западном Казахстане [11-17]. Было установлено, что граниты верхней части массива, в тех случаях, когда они не подвергались эрозии, сложены плотными мелкозернистыми разностями толщиной от 60 до 100 м. Ниже зоны мелкозернистых гранитов выделяется зона развития преимущественно крупнозернистых разностей пород, характеризующиеся довольно высокими значениями пористости, составляющих 3,4-7% и даже 12,4% [12, 16]. Еще ниже по разрезу, если скважины не подсекают разрывных нарушений, залегают практически не измененные граниты.

Формирование данной зональности может быть связано с внедрением расплавленного интрузива в относительно холодные вмещающие породы, в результате чего на контакте интрузив - вмещающие породы граниты превращаются в мелкокристаллическую породу «зоны-закалки» или зона экзоконтакта [11]. Остывание жидкого расплава и последующая его кристаллизация, сопровождающаяся его термоусадкой, происходит с отрывом кристаллизующегося вещества от «зоны закалки» с образованием свободного пустотного пространства. В предтриасовое время, когда граниты Оймаши были выведены на дневную поверхность и подвергались процессам эрозии, в наиболее гипсометрически приподнятой части батолита «зона закалки» оказалась практически разрушенной, и отложения триаса залегают непосредственно на крупнозернистых порфировидных гранитах.

Наличие тектонически ослабленных зон способствует активному течению современных гидротермальных процессов, свидетельством которых является высокое, на порядок превышающие фоновые значения, содержание в пластовых водах месторождения калия [3]. Источником его поступления в пластовые воды могут служить калийсодержащие полевые шпаты, интенсивно выщелачивающиеся при

гидротермальных процессах. Содержание калия в подземных ведах Оймаши достигает до 3900 мг/л (скважина 12, инт. 3720-3773) при минерализации воды 146,9 г/л. Очевидно, течение этих процессов могло оказать значительное влияние на формирование эпигенетических коллекторов.

Активизация тектонической движений с наложенными постмагматическими процессами, может способствовать формированию емкостно-фильтрационных свойств гранитоидов фундамента на значительной, до 1000-1600 м глубине от их кровельной части (Белый Тигр) [1] и более. Так, например, с глубины около 6000 м метеоритного кратера Сильян в Центральной Швеции из скважины Гравберг 1 получено 15 $м^3$ нефти; в Кольской сверхглубокой минерализованная вода, насыщенная УВ-газами, получена с глубины 8000 м.

Повышенного внимания в составе фундамента заслуживают карбонатные породы, легко поддающиеся процессам выщелачивания и кавернообразования под воздействием как атмосферных, так и глубинных флюидов. Залежи углеводородов преимущественно массивного типа. Неравномерный характер развития коллекторских свойств в карбонатных толщах подтверждается чередованием «сухих» и высокопродуктивных скважин [6]. Примером могут служить месторождения нефти в Китае (Ицэхуан, Жэнцю). Дебит отдельных скважин здесь достигал 450 т/сутки.

Таким образом, в результате перечисленных процессов в породах фундамента образуются коллекторы сложного типа, пустотное пространство которых определяют три составляющие – поры, каверны и трещины. Преобладание одной из них определяет тип коллектора: поровый, трещинный, кавернозный или некую комбинацию этих типов.

Высокие емкостно-фильтрационные свойства коллекторов фундамента подтверждаются значительными дебитами скважин, а наличие большого числа «сухих» скважин свидетельствуют о высокой степени их неоднородности, наличии экранов, и как следствие, о сложной морфологии резервуара [6].

В настоящее время в отложениях фундамента открыты сотни месторождений, среди которых встречаются такие гиганты, как Белый Тигр с запасами 650 млн. т. и дебитами скважин до 2830 т/сутки; Ауджила-Амаль с запасами 512 млн. т. с дебитом скважин свыше 1200 т/сутки; Хьюгтон-Панхендл – 223 млн.т. нефти и 2 трлн. $м^3$ газа и др.

Выводы.

1. Как следует из изучения литофациальных особенностей осадочных бассейнов и их фундамента, емкостно-фильтрационные свойства одних и тех же одновозрастных пород, представленных одними и теми же литологическими разностями в условиях больших глубин проявляют себя и как высоко проницаемые, и как непроницаемые [4]. Контрастность такой неоднородности, а именно, расстояния между смежными проницаемыми зонами изменяются от нескольких десятков до нескольких сотен метров и даже первых километров.

2. Для всех литологических и генетических разностей пород глубокопогруженных горизонтов и комплексов характерна трещинная, как правило, эпигенетическая проницаемость.

3. Емкостно-фильтрационные характеристики того или иного пласта, той или иной зоны глубоких горизонтов в процессе эволюционного развития НГБ не являются постоянными во времени и в пространстве, поскольку разновременная тектоническая активизация различных блоков фундамента, сопровождающаяся гидротермальными процессами и последующими новоминералообразованиями, приводит к пространственному «перемещению» проницаемых и непроницаемых зон, формируя резкую анизотропию их емкостных и фильтрационных характеристик.

4. Основным фактором вторичных преобразований пород, слагающих фундамент, является вертикальная миграция флюидов, обогащенных агрессивными компонентами, отождествляемая с гидротермальными процессами [3, 13]. Последние приводят к эпигенетическим изменениям разнонаправленного действия: формированию высоких

емкостно-фильтрационных параметров, с одной стороны, и залечиванию свободной емкости с другой.

5. Глинистые отложения, принимаемые обычно в качестве надежных флюидоупоров, в условиях больших глубин и жестких термобарических обстановок превращаются в сланцы, приобретая трещинную проницаемость в результате трансформации их упруго-пластичных свойств в жесткие структурно-кристаллические, формируя в интервале залегания проницаемые и непроницаемые зоны.

6. Сформировавшаяся таким образом фильтрационная неоднородность разреза фундамента НГБ приводит к образованию непроницаемых границ, имеющих различную пространственную ориентировку, и, как следствие, к очаговому (мозаичному, ячеистому) строению коллекторов глубокопогруженных горизонтов и комплексов. Последние характеризуются, в основном, вертикальной флюидопроводимостью, исключающую дальнюю латеральную миграцию, что необходимо учитывать при оценке перспектив нефтегазоносности территорий и требует весьма осторожного подхода к выводам специалистов по бассейновому моделированию.

Работа выполнена при поддержке
РФФИ и Администрации Краснодарского края, проект 19-45-230005 р_а.

Литература

1. *Арешев Е.Г.* Нефтегазоносность окраинных морей Дальнего Востока и Юго-Восточной Азии. М.: Аванти, 2003. 288 с.
2. *Вейник А.И.* Теория затвердевания отливов. М.: Машгиз, 1960. 435 с.
3. *Ларичев В.В., Попков В.И.* Гидрохимические условия глубокопогруженных нефтегазоносных комплексов // Геология, география и глобальная энергия. 2013. №3. С. 33-43.
4. *Ларичев В.В., Попков В.И.* Гидродинамические условия глубокопогруженных нефтегазоносных комплексов // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2013. № 4 (50). С. 36-40.
5. *Лаумулин Т.М.* Редкометальные структуры в геотектоногенах Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1977. 200 с.
6. Прогнозирование нефтегазоносности и совершенствование методики поисков и разведки скоплений углеводородов в низкопроницаемых породах / *Паламарь В.П., Попков В.И., Праздников А.В., Рабинович А.А.* // Известия Вузов. Геология и разведка. 1985. № 3. С. 107-110.
7. *Осипов М.А.* Контракция гранитоидов и эндогенное минералообразование. М.: Наука, 1974. 158 с.
8. *Осипов М.А.* Полости и трещины магматической стадии формирования интрузивов гранитоидов // Известия АН СССР. Серия геологическая. 1978. № 11. С. 26-39.
9. Осипов М.А. Формирование расслоенных плутонов с позиций термоусадки. М.: Недра, 1982. 280 с.
10. *Попков В.И.* Нефтегазоносность фундамента Скифско-Туранской платформы // Геологія і геохімія горючих копалин. 2017. № 1-2 (170-171). С. 202-203.
11. *Попков В.И.* Модель резервуара залежи УВ в гранитном массиве месторождения Оймаша и перспективы поисков новых скоплений нефти и газа в фундаменте Скифско-Туранской платформы // Новые идеи в геологии нефти и газа – 2017. Сборник научных трудов (по материалам Международной НПК) / Ответственный редактор *А.В. Ступакова*. М.: МГУ, 2017. С. 273-278.
12. Факторы, контролирующие образование фильтрационно-емкостных свойств в гранитном массиве месторождения Оймаша / *Попков В.И., Дорофеев В.И., Дорофеева Л.Е., Малютина А.Е.* // Южно-Российский вестник геологии, географии и глобальной энергии. 2004. № 3(9). С. 297-298.
13. *Попков В.И., Медведев С.А.* Эволюция тектонической проницаемости земной коры Мангышлака и Восточного Предкавказья // Доклады АН СССР. 1986. Т. 290. № 3. С. 690-693.
14. *Попков В.И., Попков И.В.* Контракция гранитов и формирование коллекторов нефти и газа // Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов Академии наук Республики Башкортостан. 2020. № 27. С. 31-36.
15. *Попков В.И., Попков И.В.* Некоторые тектонофизические аспекты формирования коллекторов

нефти и газа в гранитном массиве // Пятая тектонофизическая конференция в ИФЗ РАН. Тектонофизика и актуальные вопросы наук о Земле: Материалы докладов всероссийской конференции с международным участием. М.: ИФЗ, 2020. С. 548-552.

16. *Попков В.И., Рабинович А.А., Туров Н.И.* Модель резервуара нефтяной залежи в гранитном массиве // Геология нефти и газа. 1986. № 8. С. 27-31.
17. *Попков В.И., Серебряков А.О.* Нетрадиционные нефтегазоносные объекты. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2009. 183 с.

УДК 551.781.42/782 (470) DOI:10.34708/GSTOU.2021.99.93.025

РАЗРЕЗ Р. КУБАНЬ У Г. ЧЕРКЕССКА - СТРАТОТИПИЧЕСКИЙ ДЛЯ КАВКАЗСКОГО РЕГИОЯРУСА И СВИТ МАЙКОПСКОЙ СЕРИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

© [1]Попов С.В., [2]Головина Л.А., [2]Александрова Г.Н., [3]Пинчук Т.Н., [4]Застрожнов А.С., [5]Столяров А.С.

[1]Палеонтологический институт РАН, г. Москва
[2]Геологический институт РАН, г. Москва
[3]КубГУ, г. Краснодар
[4] Всероссийский геологический институт (ВСЕГЕИ), г. Санкт-Петербург
[5]Всероссийский НИИ минерального сырья (ВИМС), г. Москва

Разрез р. Кубань у г. Черкесска является стратотипическим для кавказского региояруса нижнего миоцена, для баталпашинской, септариевой, зеленчукской и караджалгинской свит, а также гипостратотипическим для ольгинской и рицевской свит верхов майкопской серии, которые в стратотипах обнажены лишь частично. По результатам исследования наннопланктона алкунского горизонта в основании кавказия, он скоррелирован с верхней (миоценовой) частью зоны NN1 Triquetrorhabdulus carinatus аквитанского возраста. По диноцистам алкунский горизонт и низы септариевой свиты датируются нерасчлененным терминальным хаттом – инициальной частью аквитана. Верхняя часть септариевой, зеленчукская и нижняя часть караджалгинской свит, заключающих богатый тепловодный комплекс диноцист с Sumatradinium spp. коррелируется с верхней частью аквитана, а верхняя часть караджалгинской, ольгинская и рицевская свиты – с бурдигалом - ранним лангием. В тарханском региоярусе, без перерыва перекрывающем верхний майкоп, определен комплекс зоны NN5 Sphenolithus heteromorphus. Нижняя часть тархана коррелируется с серединой лангия. Присутствие бентосных фораминифер в алкунском горизонте и в ольгинской свите может свидетельствовать о частичном восстановлении газового режима в это время.

Ключевые слова: *биостратиграфия, ранний миоцен, наннопланктон, динофлагелляты, моллюски, фораминиферы, Восточный Паратетис.*

Введение

Свитное деление майкопской серии Предкавказья было разработано К.А. Прокоповым [11] и С.Т. Коротковым [4]. Первый подразделил майкопскую толщу на хадумский, баталпашинский, септариевый, зеленчукский, караджалгинский, ольгинский и “ритцевский” горизонты, основываясь на разрезах Центрального Предкавказья, и прежде всего на разрезе по р. Кубань у г. Черкесска. С.Т. Коротков [4] расчленил хадум на три горизонта: пшехский, полбинский и Морозкиной балки, приняв за основу разрезы Западного Предкавказья. В публикациях Прокопова была приведена лишь краткая литологическая характеристика выделенных подразделений, где наибольшее значение придавалось присутствию конкреций и песчаных прослоев в этих в основном глинистых толщах. Более подробное описание кубанского разреза в те годы было сделано В.Н. Золотницким (отчет 1938 г.). Ни Прокопов, ни Золотницкий не выделяли алкунский горизонт в кубанском разрезе, но оба писали о возможных его аналогах и присутствии карбонатных пород между баталпашинской и септариевой свитами. Р.Г. Дмитриева, В.Д. Сомов, А.К. Богданович [3], прослеживая алкунский горизонт, описали его здесь, как толщу, мощностью 35-40 м, которую они разделили на шесть слоев, содержащих фораминифер.

При выделении кавказского региояруса нижнего миоцена кубанский разрез был предложен в качестве стратотипического для него [6, 7]. Региоярус был выделен в объеме алкунской свиты, зеленчукской свиты с септариевыми слоями в основании и

нижней половины караджалгинской свиты. Для верхней половины последней предполагался уже сакараульский возраст пород майкопской серии. Однако данные о возрасте всех этих свит в стратотипическом разрезе, положении в нем границы олигоцена и миоцена, проведении и прослеживании верхней границы в то время отсутствовали.

После постройки плотины выше г. Черкесска и отвода части воды р. Кубань в водохранилище, обнаженность этого разреза стала значительно хуже. Но он и ныне остается стратотипическим для большинства свит майкопа и кавказского регионяруса, поэтому мы регулярно посещали его, начиная с 80-х годов прошлого века, а ныне получили его фитопланктонную характеристику. Сопоставив описания 1984 года (сделанные совместно с литологом А.С. Столяровым), 1996 г. и последних посещений, можно представить изменения характера обнаженности. Полевые работы 2019-20 гг. были проведены осенью при малой воде, что позволило дополнить сделанные ранее описания разреза и отобрать образцы из верхнего майкопа по выходам в русле р. Кубань.

Результаты

Разрез майкопской серии начинается у южной окраины г. Черкесска у моста в сел. Псыж (рис. 1), где по левому берегу обнажена граница мергелей светлых зеленовато-серых массивных белоглинской свиты с темными глинами пшехской свиты. В 0.4-0.5 м от кровли – пласт серых карбонатных глин с пиритом, содержащий раковины моллюсков *Propeamussium fallax, Palliolum mayeri, Aturia*, обломки Nuculidae [8]. Переход к темным глинам майкопской серии постепенный, с чередованием светлых и темных микрослоистых прослоев с рыбными остатками.

Пшехская свита сложена в нижней части темными буровато-серыми тонкослоистыми слабокарбонатными с раковинками планктонных птеропод родов *Vaginella* и *Limacina* и массивными неизвестковистыми глинами. Около 20 м.

Вышележащая олигоценовая часть разреза ныне слабо обнажена, поэтому приводим ее описание по данным 80-х годов, когда по левому берегу почти непрерывная обнаженность прослеживалась вплоть до баталпашинской свиты. Средняя часть пшехской свиты представлена плотными менее карбонатными глинами без птеропод, с ржаво-бурыми и туффитовыми прослоями в некарбонатных прослоях которой присутствуют исключительно агглютинирующие фораминиферы. В карбонатных разностях отмечаются многочисленные глобигерины (*Globigerina parva, G. officinalis, G. chadumica* и др.), а также *Uvigerinella californica parva, Bolivina mississippiensis, Caucasina schischkinskae oligocenica* и др. Мощность пачки около 30 м, общая мощность пшехи 47-50 м.

Полбинский горизонт ложится на подстилающие глины с размывом, по волнистой границе и базальным прослоем с алевритом кварцевого состава, костным детритом и пиритом. Представлен пластом серого плотного мергеля с ходами илоедов (2.0-2.4 м) с крупными остракодами ("остракодовый пласт" К.А. Прокопова) с характерным набором видов с *Disopontocypris oligocaenica* [9].

Свита Морозкиной балки, нижняя подсвита – переслаивание серых массивных глин с ходами илоедов с налетом ярозита (0.4-0.7 м) и тонкослоистых глин с рыбными остатками (0.15-0.2 м). Встречаются прослои туффита. Мощность 20-22 м.

Верхняя подсвита (**виргулинелловый пласт**). Чередование глин серых тонкослоистых известковистых с фораминиферами и рыбными остатками и глин бескарбонатных, с прослоем туффита. Мощность 3.3 м.

Баталпашинская свита лучше обнажена в обоих берегах и представлена коричневато-серыми глинами бескарбонатными с рассеяными рыбными остатками, с мергельно-доломитовыми конкрециями. Верхи свиты ныне хорошо обнажены в русле р. Кубань, где можно проследить постепенный переход к конкреционным прослоям и слабокарбонатным глинам алкунского горизонта. Мощность около 150 м.

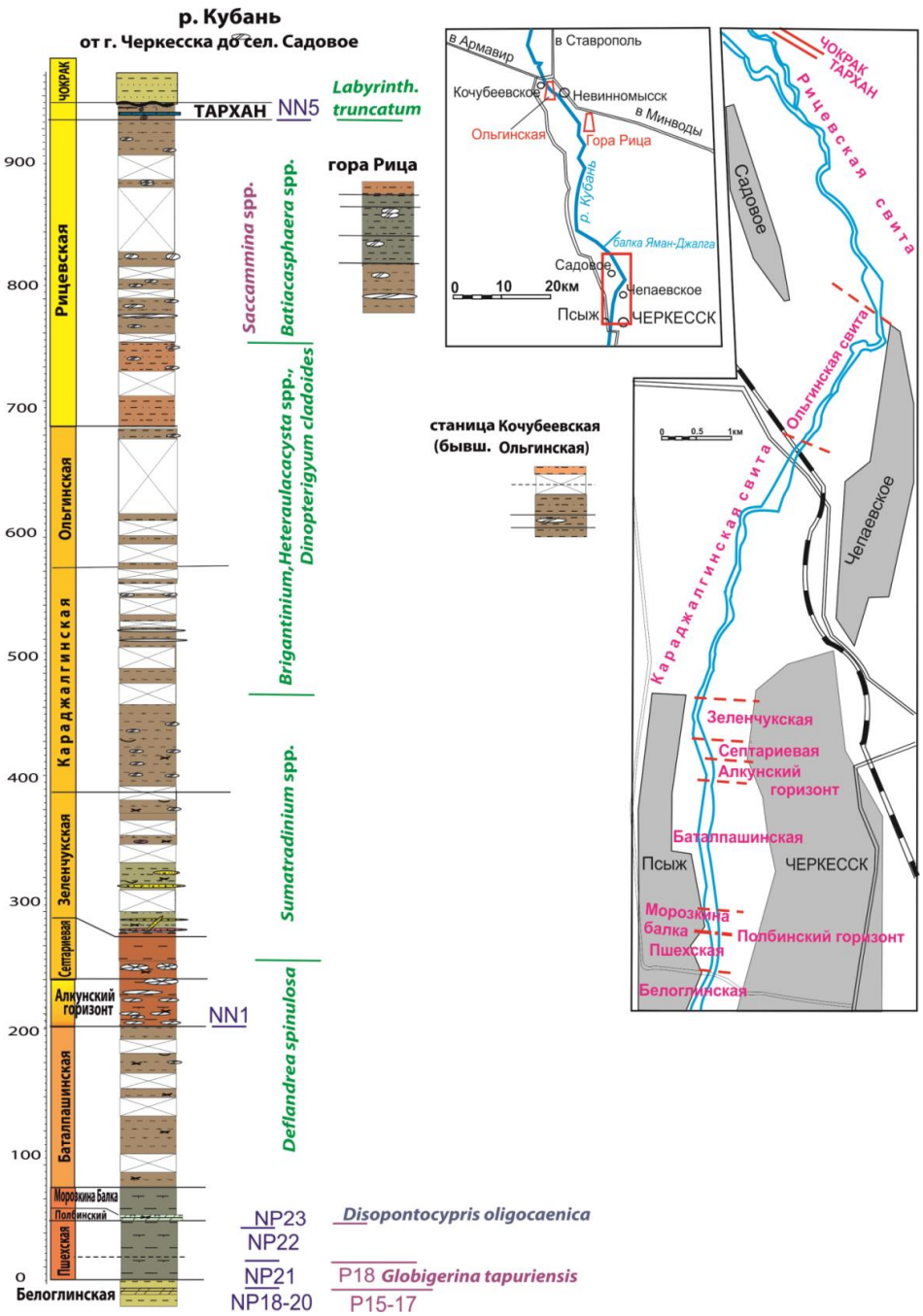


Рис. 1. Схема расположения и разреза майкопских отложений р. Кубань у г. Черкесска

Алкунский горизонт. В нижней части в тех же глинах появляются небольшие лепешковидные конкреции (0.4х0.05 м). Конкреции и окружающие их глины являются слабокарбонатными. Выше плотные темные карбонатные глины переслаиваются с некарбонатными прослоями (по 0.8-1 м), а конкреции становятся очень крупными (до 2-3 м). Этот карбонатный маркирующий уровень и принят за основание кавказского региояруса (рис. 1).

Септариевая свита. Ранее хорошо обнажалась в уступе правого берега под горбольницей, где вскрывались глины пластичные ожезезненные, с гипсом и налетом ярозита. В них наблюдалось не менее четырех рядов линзовидных, а выше - крупных круглых септариевых конкреций (до 2 м в диаметре). Они хорошо прослеживаются и в русле, но неясно, выступают ли они здесь в первичном залегании, либо перемыты. Толща рассекается косо залегающими крепкими песчаниками кварцевыми глауконитовыми слюдистыми грубо- и разнозернистыми (0.1-0.2 м) – «нептуническими дайками», вероятно, образовавшимися при усадке и литификации глин. По составу пески сходны с вышележащими зеленчукскими, где также наблюдаются эти «дайки».

Зеленчукская свита. Контакт септариевой и зеленчукской свит в 1984 г. был хорошо обнажен в обрыве левого берега. Переход вначале выглядит постепенным: прослои песков появляются еще в септариевой свите. Однако выше наблюдается размыв и резкое несогласие, с обломками и окатышами подстилающих глин. Выше - глины с прослоями зеленчукских песков, сначала мелко-, а потом грубозернистых, с текстурами сильных течений, которые вскрываются в русле и в склоне левого берега ниже северной окраины сел. Псыж.

Караджалгинская свита. Далее следуют монотонные темносерые тонко- и микрослоистые глины за счет тонких прослоек рыбного детрита и органики. Они хорошо обнажены в высоком обрыве левого берега. Ниже прослеживаются в русле до мостов – шоссейного и железнодорожного.

Ольгинская свита. При прежних посещениях этого разреза в 80-90 гг. ольгинская свита не вскрывалась в этом разрезе. В 2019 г. при малой воде выходы алевритистых биотурбированных глин удалось проследить в русле Кубани ниже этих двух мостов до склона правого берега у северного края сел. Чапаевское.

Рицевская свита. Ниже по течению в обрывах правого берега до устья балки Яман-Джалга следуют глины шоколадные и темные, тонкослоистые с обильными выцветами ярозита и частыми сидеритовыми конкрециями.

Тарханский региоярус. В кровле рицевской свиты прослеживается согласный, но быстрый переход к более светлым карбонатным глинам с массой характерной малакофауны, планктонных и бентосных фораминифер, зональным комплексом наннопланктона.

Кроме этого основного разреза, ниже по течению Кубани расположены еще два обнажения, являющихся стратотипическими для рицевской и ольгинской свит. Первый расположен на правом берегу р. Кубань на западном склоне горы Рица на южной окраине г. Невинномысск. Здесь ныне обнажена только средняя часть склона и вскрывается толща коричневых и серых некарбонатных тонкослоистых глин с множеством прослоев сидеритовых конкреций, мощностью более 50 м. Нижний контакт с ольгинской свитой здесь не обнажен, верхний контакт с тарханом лишь намечается в плохо обнаженной верхней части западного склона горы от телебашни к р. Кубань.

Стратотип ольгинской свиты находится в 30 км севернее основного разреза в обрывах левого берега р. Кубань у южной окраины станицы Кочубеевская (бывш. станица Ольгинская). Здесь в темносерых неизвестковистых глинах ольгинской свиты найдены многочисленные бентосные фораминиферы, в основном агглютинирующие. А.К. Богдановичем отмечены также плохо сохранившиеся секреционные формы (иногда в виде пиритовых ядер): *Bulimina* sp., *Bolivina* sp. и *Globulina* sp. Вид-индекс ольгинской свиты - *Caucasina (=Neobulimina) elongata* - здесь отсутствует, он был выделен Л.С. Тер-Григорьянц [12] и А.К. Богдановичем по скважинам.

Обсуждение

Белоглинская свита содержит обедненный по сравнению со Средиземноморьем, но все же достаточно разнообразный комплекс планктонных фораминифер, которых В.А. Крашенников подразделяет на четыре зоны и сопоставляет со стандартными зонами верхнего эоцена (Р15-17) [5]. По наннопланктону Н.Г. Музылев выделяет здесь обедненную зону *Discoaster barbadiensis* (NP18-20). Самая верхняя зона эоцена (Р17 -

Globigerina gortanii - Globorotalia centralis), выделяется в верхах белоглинской свиты и характеризуется совместным присутствием эоценовых и олигоценовых видов фораминифер. В кровле свиты в лоне *Propeamussium fallax* встречены уже только олигоценовые виды планктонных фораминифер (зоны *Globigerina tapuriensis*, P18 [5]). Наннопланктон принадлежит зоне *Coccolithus subdistichus* (NP21 - по определениям А. Надьмароши [17]). Моллюски были описаны И.А. Коробковым, как "комплекс с *Variamussium fallax*", включающий (по ревизованным данным Коробкова [8]) *Nuculana perovalis, N. obliquestriata, Bathyarca bellula, Limopsis retifera, Palliolum mayeri, Propeamussium fallax, P. semiradiatum, Limatula cymba, Pycnodonte queteleti, Megaxinus rectangulatus, Cardiomya varicostata* и др. Состав двустворчатых моллюсков этого слоя еще типичный для позднего эоцена.

Пшехская свита. В основании свиты определены *Globigerina officinalis, G. ampliapertura, Globorotalia gemma* и др. виды зоны *Globigerina tapuriensis* [5], наннопланктоны зоны *Coccolithus subdistichus* (NP21), комплекс бентосных фораминифер с *Lenticulina herrmanni, Haplophragmoides fidelis* и моллюски: *Nucula sulcifera, N. comta, Yoldiella chadumica, Thyasira obtusa, Th. nysti, Pterolucina batalpaschinica* и др. [8].

Средняя часть пшехской свиты в карбонатных разностях содержит многочисленных глобигерин (*Globigerina parva, G. officinalis, G. chadumica* и др.) и наннопланктон зоны *Helicopontosphaera reticulata* (NP22, по данным А. Надьмароши [17]). Верхняя часть заключает массовые остатки глобигерин, а также *Uvigerinella californica parva, Bolivina mississippiensis, Caucasina schischkinskae oligocenica* и др. В кровле содержится наннопланктон зоны *Sphenolithus predistentus* (NP23).

Полбинский маркирующий горизонт представлен мергелем, сложенным своеобразным комплексом наннопланктона с массовым развитием ретикулофенестр, который содержит виды, позволяющие сопоставить его со стандартной зоной NP23 [17].

Свита Морозкиной балки в кубанском разрезе не получила палеонтологической характеристики и обоснования возраста. В разрезе р. Белой в карбонатных глинах виргулинеллового пласта (верхнеморозкинской подсвиты) найден наннопланктон зоны NP24 [17; данные Табачниковой в 10].

Баталпашинская свита также охарактеризована наннопланктоном лишь на р. Белой, где в прослое мергеля в средней части баталпашинской свиты, в устье руч. Молочка найден комплекс наннопланктона зоны NP25 хатта [данные И.П. Табачниковой в 10].

Алкунский горизонт. Комплексы фитопланктона, установленные по образцам, взятым в русле р. Кубани, позволяют выделить здесь слои с *Cyclicargolithus floridanus* по наннопланктону и *Deflandrea spinulosa* по диноцистам [1]. Первые, по совместной встречаемости в них зонального вида *Triquetrorhabdulus carinatus* и *T. milowii* (в разрезе Карамурзинский, ниже по р. Кубани) коррелируются с верхней (миоценовой частью) зоны NN1 *T. carinatus* и сопоставляются с аквитаном [2, 13]. Вторые отвечают единому позднехатт – раннеакватанскому этапу развития органикостенного фитопланктона.

Септариевая свита, как и последующие некарбонатные отложения верхнего майкопа, не содержит наннопланктона. По диноцистам низы этой свиты также принадлежат к слоям с *Deflandrea spinulosa*, тогда как верхняя часть свиты и вышележащие **зеленчукская** и низы **караджалгинской** свит характеризуются иным комплексом с высоким таксономическим разнообразием и многочислеными тепловодными видами диноцист, выделенными в **слои с *Sumatradinium* spp**. Нижняя граница слоев коррелируется с основанием зоны DN2 разрезов атлантического побережья США [14, 15]. На основании присутствия *Sumatradinium soucouyantiae* этот интервал сопоставляется с уровнем средней части магнитохрона C6AAr и датируется ~22.2 млн л. Появление выше *Sumatradinium druggii* свидетельствует о принадлежности к зоне DN3, а встречаемость *Sumatradinium hamulatum* в средней части слоев коррелируется со средней частью наннопланктонной зоны NN2 [16]; все эти зоны

датируются ранним бурдигалом. Обилие диноцист в этих слоях свидетельствует об эвтрофном характере бассейна.

Караджалгинская свита в ее верхней части, о**льгинская** и низов **рицевской свиты** характеризуются обедненными комплексами диноцист. Доминирование цист *Brigantinium* указывает на условия стратификации вод и придонной аноксии, частая встречаемость *Heteraulacacysta* spp., *Dinopterigyum cladoides* свидетельствует о затруднённых морских связях и относительно тепловодных условиях с пониженной соленостью. В верхах караджалгинской свиты фиксируется последнее появление (LO) вида *Cordosphaeridium cantharellus* и отмечается постоянная совместная встречаемость *Dinopterygium cladoides*, *Heteraulacacysta leptalea*, *Batiacasphaera sphaerica*, что позволяет коррелировать этот интервал с верхней частью наннопланктонной зоны NN2 – NN3, и датировать его первой половиной бурдигала.

В средней части **рицевской свиты** в составе диноцист начинают доминировать различные виды *Batiacasphaera*, характерно присутствие празинофитов и пресноводных водорослей. Состав ассоциации свидетельствует о стрессовых условиях и опреснении по крайней мере поверхностных вод. Об этом же говорит состав фораминифер, представленных крайне эвригалинными *Saccammina zuramakensis, S. ovalis*. Верхняя граница свиты проводится по появлению карбонатности и морского комплекса фораминифер и моллюсков (кувинские слои нижнего тархана).

Тарханский регионярус. На контакте рицевской свиты и кувинских слоев тарханского регионяруса регистрируется появление богатых таксономически разнообразных комплексов моллюсков тархана, ассоциации наннопланктона зоны **NN5 *Sphenolithus heteromorphus*** и полносоленые тепловодные ассоциации диноцист с *Labyrithodinium truncatum*, свидетельствующих о приходе океанических водных масс, коренным образом изменивших гидрологию, систему течений и ход осадконакопления в Восточном Паратетисе.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №19-05-00743.

Литература

1. *Александрова Г.Н., Головина Л.А., Попов С.В.* Биостратиграфия раннего миоцена Восточного Предкавказья по диноцистам и наннопланктону: результаты изучения опорного разреза по реке Кубань // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2022. (в печати)
2. *Белуженко Е.В., Филиппова Н.Ю., Головина Л.А*. Алкунская свита и граница палеогена – неогена на Северном Кавказе и в Предкавказье // Тр. НИИГеол. Воронежского ГУ. Вып. 102. Воронеж: ВГУ, 2018. 102 с.
3. *Дмитриева Р.Г., Сомов В.Д., Богданович А.К*. Алкунский горизонт и его стратиграфическое значение // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1959. № 8. С. 87-99.
4. *Коротков С.Т.* Краткий обзор палеогеновых отложений Кубанской нефтеносной области (Северный Кавказ) // Нефт. хоз-во. 1935. № 4. С. 28-35.
5. *Крашенинников В.А., Музылев Н.Г*. Соотношение зональных шкал по планктонным фораминиферам и наннопланктону в разрезах палеогена Северного Кавказа // Вопросы микропалеонтол. 1975. Вып. 18. С. 212-224.
6. Объяснительная записка к унифицированной региональной стратиграфической схеме неогеновых отложений южных регионов европейской части России / *Невесская Л.А., Коваленко Е.И., Белуженко Е.В., Попов С.В., Гончарова И.А. и др.* М.: Палеонтол. ин-т РАН, 2004. 83 с.
7. *Носовский М.Ф., Богданович А.К*. Кавказский регионярус нижнего миоцена Восточного Паратетиса / Стратиграфия кайнозоя Северного Причерноморья и Крыма. Днепропетровск. Изд-во Днепропетр. ун-та, 1980. С. 3-8.
8. *Попов С.В., Воронина А.А., Гончарова И.А*. Стратиграфия и двустворчатые моллюски олигоцена - нижнего миоцена Восточного Паратетиса // Тр. Палеонтол. ин-та РАН. М.: Наука, 1993. Т. 256. 207 с.
9. *Попов С.В., Ильина Л.Б., Николаева И.А*. Моллюски и остракоды соленовского горизонта Восточного Паратетиса // Палеонтол. журн. 1985. № 1. С. 28-41.

10. Лектостратотип майкопской серии - разрез по р. Белой выше г. Майкоп (Адыгея, Западное Предкавказье) Описание разреза и его фаунистическая и наннопланктонная характеристика / *Попов С.В., Табачникова И.П., Банников А.Ф., Сычевская Е.К., Пинчук Т.Н., Ахметьев М.А., Запорожец Н.И., Ван Дер Боон А., Крайшман В., Столяров А.С., Крховски Я.* // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2019. Т. 27. № 3. С. 70-92.
11. *Прокопов К.А.* Очерк геологических образований по р. Кубани между Сулимовым и Красногорской // Тр. геол. службы Грознефти. 1937. Вып. 6. С. 30-63.
12. *Тер-Григорьянц Л.С.* Фораминиферы майкопских отложений Ставрополья и их стратиграфическое значение // Майкопские отложения и их возрастные аналоги на Украине и в Средней Азии. Киев: Наукова думка, 1964. С. 36-51.
13. *Филиппова Н.Ю., Белуженко Е.В., Головина Л.А.* О границе палеогена и неогена и возрасте алкунской свиты на Северном Кавказе и в Предкавказье // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2015. Т. 23. № 6. С. 70-95.
14. *De Verteuil L.* Palynological delineation and regional correlation of Lower through Upper Miocene sequences in the Cape May and Atlantic City Boreholes, New Jersey Coastal Plain // Miller K.G., Snyder S.W. (Eds.). Proc. Ocean Drilling Program: Sci. Res. 1997. V. 150X. Pp. 129–145.
15. *De Verteuil L., Norris G.* Miocene dinoflagellate stratigraphy and systematics of Maryland and Virginia // Micropaleontol. 1996. V. 42 (Suppl.). Pp. 1–172.
16. *Dybkjær K., Piasecki S.* Neogene dinocyst zonation for the eastern North Sea Basin, Denmark // Rev. Palaeobot. and Palynology. 2010. V. 161. Pp. 1–29.
17. *Nagymarosy A., Voronina A.A.* Calcareous nannoplankton from the Lower Maykopian Beds (Early Oligocene, Union of Independent States) // Nannoplan. Research. 1993. V. 2. Pp. 189-223.

УДК 549.01+ 552.086 (470.621) DOI:10.34708/GSTOU.2021.42.44.026

ЗОНАЛЬНЫЕ ХРОМШПИНЕЛИ ИЗ СЕРПЕНТИНИТОВ НИЖНЕТЕБЕРДИНСКОГО МАССИВА (БОЛЬШОЙ КАВКАЗ)

© [1]Пустовит О.Е., [2]Попов Ю.В.

[1]ООО «ГеоБазисПроект», г. Ростов-на-Дону
[2]ЮФУ, г. Ростов-на-Дону

Изучение акцессорных хромшпинелидов Нижнетебердинского массива электронно-зондовыми методами позволило выявить в их составе реликтовые ядра и вариации составов, отвечающие двум трендам преобразований. Первый тренд отражает формирование в мантийных условиях хромпикотитов, а также алюмохромитов, видимо, образованных на фоне сколово-пластических деформаций. Второй - «коровый» - вторичные преобразования за счет воздействия гидротермальных растворов; в ходе этого процесса наиболее значительные преобразования претерпели реликтовые зерна с хромпикотитовыми ядрами, зонированные в ходе предшествующих метаморфических трансформаций. Составы реликтовых ядер указывают на принадлежность протолита к субдукционной обстановке.

Ключевые слова: *Нижнетебердинский массив, серпентиниты, хромшпинелиды, хромпикотиты, алюмохромиты.*

Изучение хромшпинелидов из серпентинитовых массивов Передового хребта, относимых к беденскому комплексу, показало значительные вариации в их строении и составе, определяемые как условиями метаморфических трансформаций, так, видимо, и исходным составом протолита [4, 16, 17]. В целом, в зернах этих хромшпинелидов выявляется измерение состава ядер от хромпикотитов к алюмохромитам и, далее, к субферрихромитам, типичное для тренда дифференциации в верхней мантии (и свойственное офиолитовым комплексам) и последующее значительное преобразование с формированием выраженных оторочек феррихромит – хроммагнетит – магнетитового состава. При этом своеобразием выделяются хромшпинелиды Нижнетебердинского серпентинитового массива, расположенного на северном фланге тектонической зоны Передового хребта в бассейне р. Теберда (рис. 1). Массив по тектоническому контакту ассоциирует с девонской толщей герцинского Тоханского тектонического покрова.

Исследования микростроения и элементного состава хромшпинелидов выполнены в «Центре исследований минерального сырья и состояния окружающей среды» Южного федерального университета на растровом электронном микроскопе Vega Tescan, оснащённого системой энергодисперсионного микроанализа INCA Energy 450/XT.

Среди нижнетебердинских хромшпинелидов отчетливо выделяются две группы. Первая группа представлена округлыми массивными однородными зернами (часто образующими линзовидные сегрегации) с магнетитовыми каймами обрастания (рис. 2-I – 2-IV), по составу отвечающими алюмохромитам с содержанием Cr_2O_3 = 53,5-56,4%, Al_2O_3 = 13,1-16,7% (в среднем, близким к составу $Mg_{0,510}Fe^{2+}_{0,490}Fe^{3+}_{0,098}Cr_{1,377}Al_{0,526}O_4$). Алюмохромитовые зерна характеризуются следующими показателями: Cr# 0,69-0,73, Mg# 0,47-0,51, $Fe^{3+}/(Fe^{3+}+Fe^{2+})$ 0,15-0,19. Такие зерна локализованы на участках вязкопластических деформаций, проявленных в рассланцованности пород (рис. 2-I - 2-II), подчеркнутой распределением вторичного магнетита и выраженной вплоть до уровня чешуек серпентинов. Вторая группа образована угловатыми пористыми зональными зернами (рис. 2-V - 2-VIII), ядра которых сложены хромпикотитом, оторочки - феррихромит – хроммагнетитом. Поры не связаны с трещинами, расположены часто концентрически, подчеркивая зоны разного состава хромшпинели либо их границы. По направлению к внешней границе зерен наблюдается развитие микропластинчатых кристалликов вторичных хромшпинелидов, тесно ассоциирующих с

хлорит-серпентиновым агрегатом; для таких участков в результатах анализа типично присутствие SiO_2 (связанного с силикатными микрофазами). Прослеживается изменение состава от однородных хропикотитовых ядер к оторочкам с формированием следующей зональности: хромпикотит → (локально ферриалюмохромит, субалюмоферрихромит (рис. 2-VI и 2-VIII)) → феррихромит → хроммагнетит.

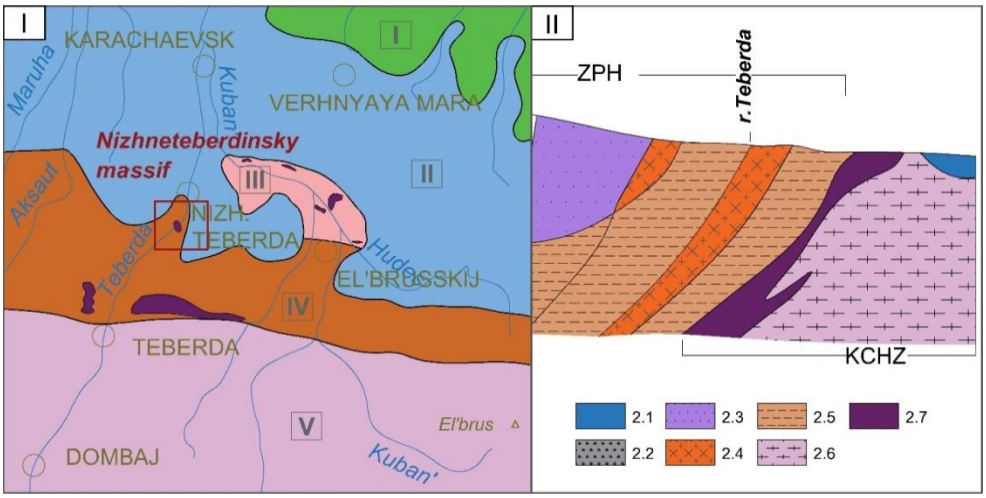


Рис. 1. Положение Нижнетебердинского массива на фрагменте тектонической схемы Большого Кавказа (I) и геологическое строение территории (II)

Условные обозначения: I – Северо-Кавказская моноклиналь; II – Лабино-Малкинская зона прерывистой складчатости; III – Карачаево-Черкесский горст-антиклинорий; IV – Поднятие Передового хребта; V – Поднятие Главного хребта; 2.1 – нижне-среднеюрские отложения; 2.2 – верхневизейские -средне-верхнекаменноугольные сероцветные отложения; 2.3 – пермо-триасовые красноцветные грубообломочные (с вулканитами) отложения, 2.4 – гранодиориты чучкурского комплекса, 2.5 – тоханский покров: среднепалеозойские филлиты и граувакки, 2.6 – протерозойские метаморфиты Карачаево-Черкесской зоны, 2.7 – серпентиниты; ZPH – зона Передового хребта; KCHZ- Карачаево-Черкесская зона

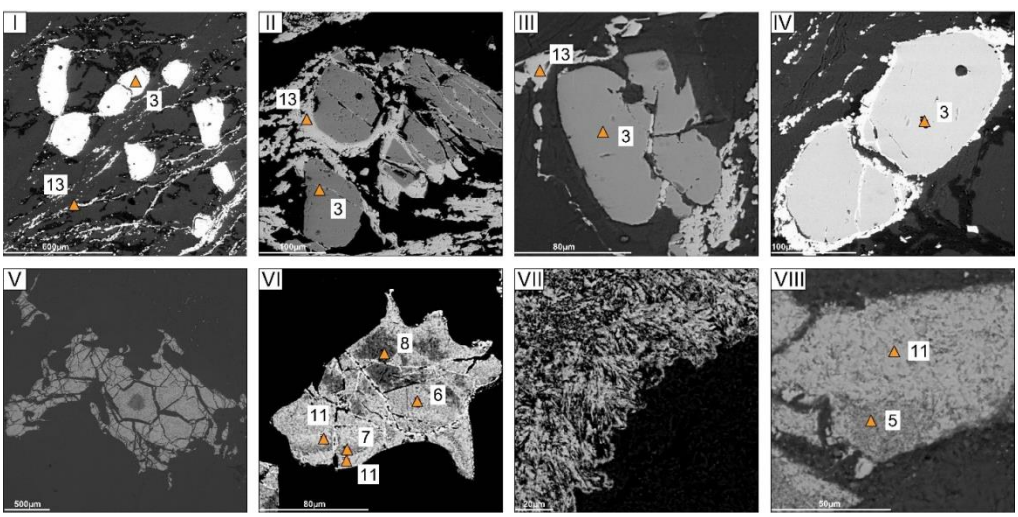


Рис. 2. Зерна хромшпинелидов из серпентинитов Нижнетебердинского массива

I-IV – округлые массивные однородные зерна алюмохромитов; V-VIII – угловатые пористые зональные зерна с ядрами хромпикотита, оторочками феррихромит – хроммагнетита (локально с ферриалюмохромитом и субалюмоферрихромитом). Условные обозначения: номера на изображениях зерен соответствуют полям составов на классификационной диаграмме Al - Cr - Fe^{3+} согласно номенклатуре, разработанной Н.В. Павловым [2] (см. рис. 3)

Зерна с пористым и «атолловым» строением являются довольно специфическими образованиями. Они описаны, например, в офиолитах на западе Саудовской Аравии, в составе серпентинизированных перидотитов Аблаха - аллохтонного фрагмента офиолитов в террейне южного Хиджаза в пределах Аравийского щита, где их образование связывается с воздействием гидротермальных растворов в условиях высокого соотношения флюид/порода на уже зонированные зерна [6].

Состав хропикотитовых ядер отвечает свойственным первичным магматическим шпинелям составам и может рассматриваться как типохимический критерий для обсуждения особенностей протолита апогипербазитов. Вариации состава хромпикотитов: Cr# 0,36-0,43, Mg# 0,66-0,72, Fe^{3+}/ (Fe^{3+}+Fe^{2+}) 0,17-0,26. Такие особенности принципиально отличают их от расслоенных магматических интрузий кратонов [7, 12], и позволяют относить к офиолитовому комплексу. На диаграммах полей составов хромшпинелидов из разных геодинамических обстановок составы хромпикотитов близки области перекрытия характерных для абиссальных и океанических надсубдукционных перидотитов (рис. 3).

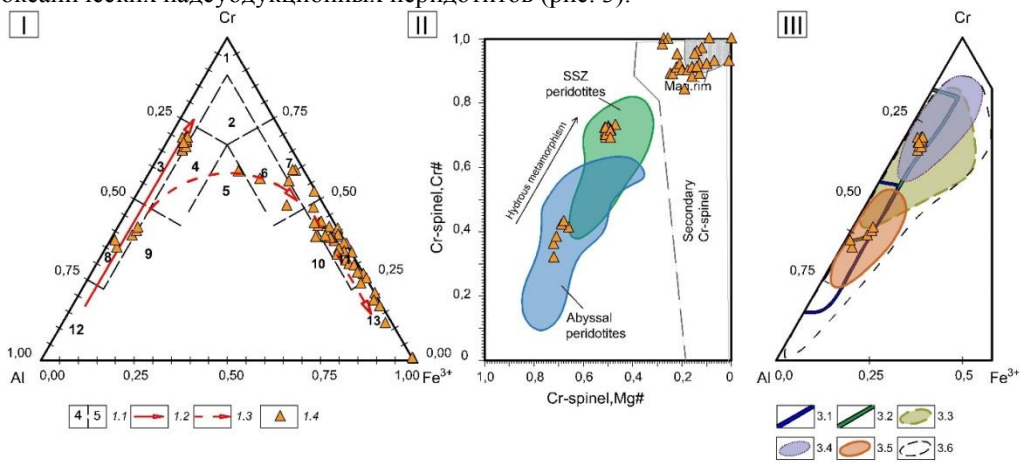


Рис. 3. Положение составов хромшпинелидов на диаграммах Al - Cr - Fe^{3+} (I и III) и Cr# - Mg# (II).

Условные обозначения: 1.1 – поля составов на классификационной диаграмме (в соответствии с номенклатурой, разработанной Н.В. Павловым [2]): 1- хромиты, 2 – субферрихромиты, 3 – алюмохромиты, 4 – субферриалюмохромиты, 5 – ферриалюмохромиты, 6 – субалюмоферрихромиты, 7 – феррихромиты, 8 – хромпикотиты, 9 – субферрихромпикотиты, 10 – субалюмохроммагнетиты, 11 – хроммагнетиты, 12 – пикотиты, 13 - магнетиты); 1.2 - первичный тренд дифференциации в верхней мантии (по Перевозчиков [3]); 1.3 – тренд метаморфического преобразования в коровых условиях (по Перевозчиков [3]); 1.4 – состав хромшпинелидов из серпентинитов Нижнетебердинского массива; 2 - поля составов метаморфических хромшпинелидов (по Grieco G, Merlini A. [11]), абиссальных (по Dick J.B., Bullen T. [8]) и океанических надсубдукционных (по Parkinson I.J., Pearce J.A. [15]) перидотитов.

3 - составы хромшпинелидов из пород разных геодинамических обстановок: 3.1 – абиссальные перидотиты (по Dick J. B., Bullen T. [8]), 3.2 – перидотиты островных дуг (по Ishii T. et al. [13], 3.3 – ультрамафиты глубоководных желобов (по Barnes S. J., Roeder P.L. [7]), 3.4 – высокохромистые рудообразующие хромшпинелиды из офиолитов (по Савельев Д.Е. и др. [5]), 3.5 – высокоглиноземистые рудообразующие хромшпинелиды из офиолитов (по Савельев Д.Е. и др. [5]), 3.6 – перидотиты из офиолитов (по Barnes S. J., Roeder P.L. [7]).

В целом, вариации строения и состава хромшпинелов Нижнетеберлинского массива отражают сложную геологическую историю его формирования. Протолит гипербазитов следует связывать с раннепалеозойской субдукционной окраиной (надсубдукционные черты присущи и хромшпинелидам других массивов, относимых к беденскому комплексу [4, 16, 17]). Вариации составов хромшпинелидов отражают два тренда. Первый, «мантийный» тренд типичный для офиолитов (рис. 3-I, 3-III), проявлен в присутствии первичных хромпикотитов (высокоглиноземистых хромшпинелидов) и образовании алюмохромитов. Образование последних, видимо, происходило на фоне

сколово-пластических деформаций, зоны которых впоследствии унаследовано являлись наиболее проницаемыми для низкотемпературных гидротермальных растворов, за счет которых сформировались магнетитовые каймы. Формирование низкоглиноземистых обогащенных Cr_2O_3 хромшпинелидов объясняется несколькими механизмами: приуроченностью к зонам деформаций, в которых происходит наиболее интенсивное деплетирование мантийного (гарцибургитового) вещества [3], воздействием на мантийный субстрат бонинитовых расплавов в надусубдукционной обстановке [10, 14] и др. Кроме того, наблюдается зависимость между составом вмещающих гипербазитов и содержащихся в них хромшпинелидов [5]. Исходя из имеющихся данных механизм образования рассматриваемых нижнетеберлинских хромшпинелидов установить не представляется возможным. Второй, «коровый» тренд (рис. 3-I), связан с преобразованиями за счет воздействия гидротермальных растворов. В ходе этого процесса наиболее значительные преобразования претерпели реликтовые зерна с хромпикотитовыми ядрами, зонированные в ходе метаморфических трансформаций офиолитового покрова и относительно обращённые MgO и Al_2O_3, активно замещаемыми содержащимся в растворе железом.

Вариации состава мантийных хромшпинелидов отражают участие в строении серпентинитового меланжа Нижнетебердинского массива фрагментов разных апогипербазитов офиолоитового комплекса (содержащих соответственно высоко- и низкоглиноземистые разновидности), впоследствии в ходе обдукции интенсивно переработанных гидротермальными растворами.

Литература

1. *Омельченко В.Л., Рябов Г.В., Исаев В.С.* Тектоника и история развития зоны Передового хребта Большого Кавказа // Геология и геофизика Юга России. 2017. №1. С. 40-56.
2. *Павлов Н.В.* Химический состав хромшпинелидов в связи с петрографическим составом пород ультраосновных интрузивов // Тр. Ин-та- геол. наук АН СССР. 1949. Вып. 103. серия рудных месторождений. №13. С. 10-35.
3. *Перевозчиков Б.В., Плотников А.В., Макиев Т.Т.* Природа вариаций состава рудной и акцессорной хромшпинели ультрабазитового массива Сыум-Кеу (Полярный Урал) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского. Вып. 6. Пермь: Перм. ун-т, 2004. С. 170–180.
4. *Пустовит О.Е.* Типохимизм хромшпинелидов серпентинитов зоны Передового хребта Большого Кавказа // Труды Сатпаевских чтений «Сатпаевские чтения-2021». Алматы: КазНИТУ им. Сатпаева. 2021. Том I. С. 128-131.
5. Хромшпинелиды и акцессорная минерализация в хромититах и ультрамафитах Нуралинского массива (Южный Урал) / *Савельев Д.Е., Зайков В.В., Котляров В.А., Зайкова Е.В., Крайнев Ю.Д.* // Записки Российского минералогического общества. 2017. Т. 146. № 1. С. 59-83.
6. Ahmed A.H., Surour A.A. Fluid-related modifications of Cr-spinel and olivine from ophiolitic peridotites by contact metamorphism of granitic intrusions in the Ablah area, Saudi Arabia // Journal of Asian Earth Sciences. 2016. Vol. 122. Pp. 58–79.
7. Barnes S.J. Roeder P.L. The range of spinel compositions in terrestrial mafic and ultramafic rocks. J. Petrol. 2001. Vol. 42. Pp. 2279-2302.
8. Dick H.J., B. Bullen T. Chromian spinel as a petrogenetic indicator in abyssal and alpine-type peridotites and spatially associated lavas // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1984. 86 (1). Pp. 54-76. DOI: 10.1007/BF00373711
9. Gervilla, F., Padrón-Navarta, J.A., Kerestedjian, T., Sergeeva, I., González-Jiménez, J.M., Fanlo, I. Formation of ferrian chromite in podiform chromitites from the Golyamo Kamenyane serpentinite, Eastern Rhodopes, SE Bulgaria: A two-stage process // Contributions to Mineralogy and Petrology. 2012. 164 (4). Pp. 643-657
10. Gonzalez-Jimenez J.M., Griffin W.L., Proenza A., Gervilla F., O'Reilly S.Y., Akbulut M., Pearson N.J., Arai S. Chromitites in ophiolites: how, where, when, why? Part II. The crystallization of chromitites. Lithos. 2014. Vol. 189. Pp. 148-158.
11. Grieco G., Merlini A. Chromite alteration processes within Vourinos ophiolite // Int. J. Earth Sci. 2012. 101. Pp. 1523–1533.
12. Irvine T.N. Chromian spinel as a petrogenetic indicator. Part 1. Theory // Canadian Journal of Earth

Sciences. 1965. 2. Pp. 648-671.
13. Ishii T., Robinson P.T., Maekawa H., Fiske R. (1992). Petrological studies of peridotites from diapiric serpentinite seamounts in the IzuOgasawara-Mariana forearc, Leg 125. In P. Fryer, J.A. Pearce, L.B. Stokking, et al. (Eds.), Proceedings of the ocean drilling program, scientific results. vol. 125. Pp. 445–485). College Station, TX: Ocean Drilling Program.
14. Kelemen P.B., Dick H.J.B., Quick J.E. Formation of harzburgite by pervasive melt/rock reaction in the upper mantle. Nature. 1992. Vol. 358. Pp. 635-641.
15. Parkinson I.J., Pearce J.A. Peridotites from the Izu-Bonin-Mariana forearc (ODP Leg 125): evidence for mantle melting and melt-mantle interaction in a supra-subduction zone setting // Journal of Petrology. 1998. 39 (9). Pp. 1577-1618. DOI: 10.1093/petroj/39.9.1577
16. Popov Y.V. Zonal Cr-spinels from serpentinites in North Western Part of the Greater Caucasus // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. 720 (1). № 012036. DOI: 10.1088/1755-1315/720/1/012036
17. Popov Yu.V., Pustovit O.E., Nikulin A.Yu. Mineral composition of serpentinites of the Kishinskij protrusion (Greater Caucasus) // Geologiya i Geofizika Yuga Rossii. 2021. 11 (1). Pp. 38-51. DOI: 10.46698/VNC.2021.91.98.004

УДК 55(1/9) DOI:10.34708/GSTOU.2021.42.38.027

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГЛАКОНИТОВЫХ ПОРОД И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДАГЕСТАНЕ

© Сулейманов В.К., Мамаев С.А., Гусейнова А.Ш., Мамаев А.С.

Институт геологии ДФИЦ РАН, г. Махачкала

Дана краткая характеристика направлений использования глауконитов. Охарактеризованы области распространения глауконитов в Дагестане. Систематизирована информации о глауконитах Дагестана. Приведена информация по участкам локализации глауконитов и их химическому составу.

***Ключевые слова**: глауконит, глауконитовые пески и песчаники, нижнемеловые отложения, химический состав, содержание, применение.*

К группе глауконитов K <1(Fe^{3+}, Fe^{2+}, Al, Mg)$_{2-3}$ [Si_3 (Si, Al) O_{10}] $[OH]_2 \cdot nH_2O$ относятся слоистые низкотемпературные магнезиально-железистые гидрослюды, обладающие структурой слюды и широкими вариациями химического состава [14].

Глауконит - один из немногих осадочных минералов, содержащих калий в количестве, вполне достаточном для определения изотопного возраста. Все это ставит глауконит в ряд минералов, интересных не только в теоретическом отношении, но и имеющих прикладное значение [15].

Глауконит – аутогенный минерал осадочных пород. В природных условиях глауконит встречается в виде микроагрегатных зерен округлой, почковидной и удлиненной формы. Обычно это минерал зеленого, иногда бледно-зеленого, темно-зеленого и реже черного типа.

Изучению глауконитов посвящено большое количество работ как теоретического, так и узко специального минералогического характера.В ряде работ освещены пути применения глауконитов в различных сферах промышленности и сельского хозяйства.Глауконит благодаря геохимическим и структурным особенностям является минеральным сырьем многоцелевого назначения.Разнообразные исследования показали высокие сорбционные свойства глауконитов к поглощениюстронция, цезия, плутония и тяжелых металлов при очистке почв и водоемов, эффективность при рекультивации техногенно нарушенных и истощенных земель. На базе глауконитов разработаны различные сорбенты и косметические средства. Как удобрение способствуют повышению урожайности при выращивании зерновых и кормовых культур, корнеплодов, ягод, цветов и деревьев благодаря большому количеству окиси калия в составе минерала. Кроме того, в отличие от известных методов очистки, получаемый при использовании глауконита осадок экологически безопасен и не требуется специальных мер захоронения. Благодаря своим структурно-текстурным особенностям глауконитовые пески улучшают пористость и проницаемость почв [5, 8, 10, 12, 13, 17, 20].

Однако в Республике Дагестан, несмотря на широкое распространение и значительные концентрации, местами представляющие практический интерес, глауконитовое сырье пока изучено в недостаточной мере и не находит практического применения.

В основном глаукониты Дагестана исследовались с точки зрения установления абсолютного возраста вмещающих его отложений по калий-аргонному методу, для чего изучались формы выделения глауконита и отмечена зависимость ее от литологического состава [1-3, 16, 18, 19].

Сведения о глауконитах накоплены при литологических и минералогических исследованиях нижнемеловых отложений. Глаукониты изучались вместе с аутогенными минералами нижнего мела в связи с изучением фациальных условий образования

осадков нижнего мела и формирования генетически связанных с ними полезных ископаемых и наиболее детально изучены Л.И. Горбуновой. Исследованы химический, минералогический состав глауконитов разных формаций [6].

Отложения нижнего мела Дагестана представлены двумя крупными литологическими комплексами пород: терригенно-карбонатным, включающий известняки с подчиненными прослоями песчаников, алевролитов и глин, охватывающий валанжинский, готеривский ярусы и нижнебарремский подъярус, и терригенным, преимущественно представленный песчаниками, алевролитами и глинами, охватывающим верхнебарремский подъярус, аптский и альбский ярусы.

Глауконит распространен как в первом, так и во втором комплексах. В первом комплексе глауконит присутствует в малом количестве (меньше 1%), за исключением отдельных прослоев в редких разрезах. Во втором комплексе, представленным отложениями апт-альбского яруса глауконит содержится в значительных количествах до 10-40%. Наиболее богаты глауконитом алевролиты. Размер зерен глауконита меняется от 0,02 до 0,30 мм, большей частью близок к 0,10 мм. В песчаниках и алевролитах размер зерен больше чем в глинах [6].

По данным [6] в зависимости от содержания глауконита в аптских и альбских алевролитах, по площади можно выделить две зоны, постепенно переходящие одна в другую. Первая, с относительно повышенным количеством глауконита в алевролитах, достигающим 20—40%, охватывает со всех сторон вторую зону — с пониженным его содержанием, не более 10%, расположенную в центральной части Дагестана (в районе с.с. Гергебиль, Араканы). Значительно большее распространение имеет первая зона.

Особенности распространения глауконитов показаны на рисунке 1.

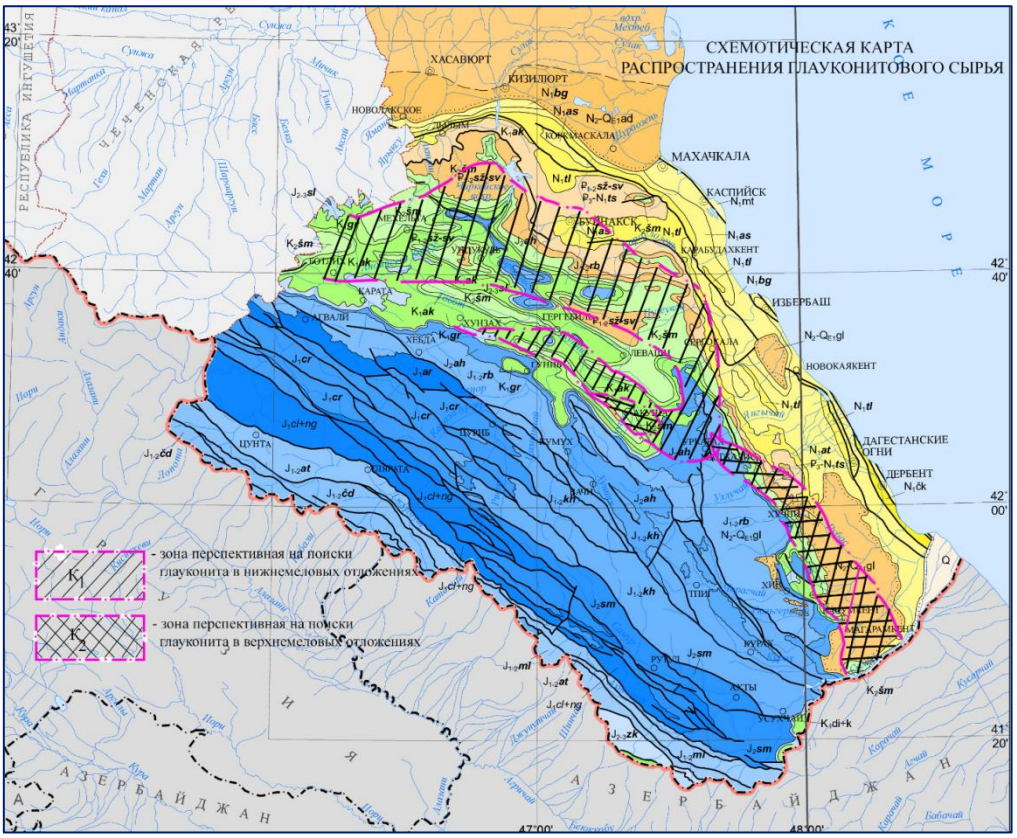


Рис. 1. Особенности распространения глауконитов

В глинистых алевролитах апта и альба глауконит присутствует в виде цемента и зерен неопределенной формы и имеет, главным образом, травяно-зеленый и синевато-зеленый цвет. Встречаются зерна округлой, почковидной, лапчатой, иногда несколько удлиненной формы [3, 6].

Наибольшее распространение глауконита отмечается в отложениях аптского яруса нижнемеловых отложений в особенности в верхней части разреза, представленными песчаниками и алевролитами и составляет 6%. В верхнемеловых отложениях глауконит имеет небольшое распространение и образует локально обогащённые участки. В палеоген-неогеновых отложениях глауконит присутствует повсеместно, но сколько-нибудь значительных скоплений не образует и практического интереса не представляет [1, 7, 9, 11, 18].

Глауконит широко распространен в различных геологических образованиях Дагестана и входит в состав многих песчаных и карбонатных пород осадочных формаций. Он распространен как по площади, так и по разрезу и встречается в песчаниках, алевролитах, известняках и глинах. Породы в той или иной степени, содержащие глауконит встречаются в отложениях юрского, мелового и палеоген-неогенового возраста.

Территория Республики Дагестан в отношении оценки ресурсов глауконитового сырья можно сказать практически не изучена. Выявленных и оцененных месторождений глауконитового сырья в Дагестане нет. Как отмечалось выше глауконiты исследовались с точки зрения установления абсолютного возраста вмещающих его отложений при литологических и минералогических исследованиях. Исходя из сведений, собранных за предшествующие годы, особый интерес для постановки геологоразведочныхработ и их геолого-промышленной оценки, представляют такие проявления как: Ботлихское, Араканское, Ванаши-Махинское, Зубутлинское, Маджалисское, Рубасчайское и Касумкентское, приуроченных к отложениям нижнего мела. Содержание глауконита в них колеблется в различных концентрациях от 10 до 45% (Ботлихское - 30-45%; Зубутлинское – 30-40%; Араканское – 25-30%; Ванаши-Махинское – 15-18%; Рубасчайское – до 30%; Маджалисское – 15-20%; Касумкентское – 10-12%;). Глауконит содержится в пластах мелкозернистых песчаников. Мощность пластов колеблется в пределах т 1 до 5м. Химический состав глауконитов этих проявлений приводится в нижеследующей таблице.

Таблица 1

Химический состав глауконитов наиболее перспективных проявлений

Проявления	Компоненты											
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	TiO_2	K_2O	Na_2O	MnO	SO_4	п.п.п.
Ботлихское	50,6	9,91	18,34	3,08	2,68	0,37	0,66	6,6	0,86	0,06	0,46	5,24
Араканское	52,1	11,92	15,78	3,02	4,1	1	0,56	5,75	0,32	0,02	0,44	5,45
Зубутлинское	50,12	14,78	14,42	3,04	2,83	0,79	0,54	5,3	0,58	0,01	0,46	5,7
Маджалиское	49,06	4,72	19,16	2,28	5,63	3,88	0,23	7,81	0,08	0,01	0,42	5,9
Рубасчайское	50,2	14,06	13,78	1,42	3,6	2,23	0,47	7,1	0,32	0,02	0,32	6,1
Касумкентское	49,45	6,57	20,76	2	3,77	2,75	0,43	6,4	0,14	0,05	0,53	5,5

Из приведенной таблицы видно, что глауконiты Дагестана отличаются довольно высоким содержанием K_2O, который колеблется в пределах 5,3-7,81% и не только не уступают, но и превосходят по содержанию K_2O такие известные месторождения как Лопатинское в Московской области (K_2O – 6 -7%), Крюковское в Ростовской области (K_2O – 5,83 -7,8%) [11].

Таким образом, Дагестан располагает значительными потенциальными ресурсами глауконитового сырья. Наличие значительных ресурсов и широкие возможности

применения глауконита в различных сферах требуют всестороннего изучения этого полезного ископаемого. Целесообразно, наряду с организацией геологоразведочных работ по выяснению закономерностей распространения глауконитовых пород, выполнение лабораторно-опытных исследований местных глауконитов на обогатимость и получение глауконитовых концентратов для выяснения возможностей их использования в различных сферах.

По различным причинам, развитию минерально-сырьевой базы глауконитового сырья в Дагестане не было уделено достаточного внимания. Полученные из глауконитов продукты нашли широкое практическое применение в промышленности и сельском хозяйстве и поэтому освоение ресурсов глауконитового сырья в Дагестане является весьма целесообразным и экономически оправданным.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственных заданий ИГ ДФИЦ РАН по теме НИР рег. номер НИОКТР АААА-А19-119122690018-8 и АААА-А17-117021310202-6.

Литература

1. *Богуш И.А., Черкашин В.И.* Литолого-стратиграфический фазовый метод прогноза и поисков стратиформных месторождений // Тр. ИГ ДНЦ РАН. 2008. № 52. С. 26-28.
2. *Бунин Г.Г.* Исследования структурных и кристаллохимических особенностей глауконитов Дагестана в связи с определением их абсолютного возраста // Труды Института геологии МГ СССР. Махачкала. 1968. Вып.7. С. 172-179.
3. *Бунин Г.Г.* К вопросу потерь радиогенного аргона глауконитами и их влияние на определение абсолютного возраста // Труды Института геологии МГ СССР // Махачкала. 1968. Вып.7. С. 157-162.
4. *Бунин Г.Г.* О форме выделения глауконита // Труды института геологии МГ СССР. Махачкала. 1968. Вып.7. С. 163-165.
5. *Григорьева Е.А.* Сорбционные свойства глауконита Каринского месторождения: автореф. дис. … канд. хим. наук. Челябинск. 2004.
6. *Горбунова Л.И.* Глауконит нижнемеловых отложений Дагестана. //ДАН СССР. 1960. Т. 130. № 4. С. 846-849.
7. Геологическое строение Юго-Восточной части Горного Дагестана / *Гусейханов С.М., Юсупов А.Р., Черкашин В.И., Абдуллаев М.Ш.* // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. №66. С. 34-41.
8. *Дистанов У.Г.* Глауконiты // Природные сорбенты СССР. Москва.1990. С. 132-146.
9. *Идрисов И.А., Черкашин В.И.* Перспективы изучения плейстоцена на Восточном Кавказе // Труды ИГ ДНЦ РАН. 2018. № 4 (75). С. 13-19.
10. *Канцельсон Ю.Я. Алексаньян О.М., Волошина А.М.* Глауконит содержащие микроконкреции как поглотители радионуклидов // Минералогия и геохимия глауконита. Новосибирск. 1981. С. 80-89.
11. Отчет о закономерностях формирования месторождений неметаллических полезных ископаемых Дагестана и разработка научных основ их поисков и рационального освоения / *Керимов Г.К., Мацапулин В.У., Батыров Б.А., Микалюк Ю.Г. и др.* // Институт геологии ДНЦ АН СССР. 1990. 550 с.
12. *Левченко М.Л.* Состояние сырьевой базы и возможности использования глауконитов в России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. №2. С. 27-31.
13. *Михайлюк А.В., Левченко Е.Н., Левченко М.Л.* Использование глауконита при решении проблем экологической защиты и восстановления природных свойств грунтов и водной сред // Разведка и охрана недр. 2019. № 1. С. 62-67.
14. *Николаева И.В.* Минералы группы глауконита и эволюция их химического состава / Проблемы общей и региональной геологии. Новосибирск. 1971. С. 320-336.
15. *Николаева И.В.* Минералы группы глауконита в осадочных формациях // Труды института геологии и геофизики Сибирского отделения АН СССР. Наука. 1977. Вып. 328. С. 4.
16. *Сардаров С.С., Магатаев К.С и др*. Определение абсолютного возраста глауконитов Дагестана // Труды Института геологии МГ СССР. Махачкала. 1968. Вып.77. С. 188-192.
17. *Сухарев Ю.И., Черногорова А.Е., Кувыкина Е.А.* Особенности структуры и сорбционно-обменные свойства глауконита Багаярского месторождения // Известия Челябинского

научного центра УРО РАН. 1999. № 3. С. 64-69.
18. *Сулейманов В.К., Юсупов А.Р.* Нерудное строительное сырье Дагестана. Состояние использования // Труды Института геологии ДНЦ РАН. 2021 № 2 (85). С. 83-91.
19. *Черкашин В.И., Богуш И.А., Юсупов А. Р.* Минералогические основы прикладной минералогии // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2014. № 63. С. 211-213.
20. *Яковлева Е.А., Бакалов А.Н.* Глауконит как потенциальное местное удобрение на Кубани // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. №82. С. 622-631.

УДК 553.98 DOI:10.34708/GSTOU.2021.42.55.028

ПЕРСПЕКТИВЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИ ЭКРАНИРОВАННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ В СРЕДНЕМИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ДАГЕСТАНСКОГО ШЕЛЬФА КАСПИЯ

© Шарафутдинов В.Ф., Калабин В.В.

ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», г. Москва

Настоящая работа посвящена перспективам нефтегазоносности новой области возможного нефтегазонакопления в тектонически экранированных залежах среднемиоценовых отложений на шельфе Дагестана.

Ключевые слова: *Средний миоцен, чокрак, тектонически экранированные залежи, акватория Каспия.*

Высокий нефтегазовый потенциал среднемиоценовых отложений был доказан еще в 30-40 гг. прошлого века открытием ряда месторождений в пределах Предгорного Дагестана, являющихся основным нефтеносным комплексом, с которым связывалась добыча нефти. К настоящему времени эти месторождения выработаны, но перспективы их нефтегазоносности в условиях восточной части Терско-Каспийского передового прогиба, включая акваторию Каспия остаются еще не до конца реализованы.

С открытием в 1935 г. в чокракских отложениях залежей нефти началось освоение Ачисинского, а затем Избербашского и Махачкалинского месторождений, характеризующихся высокой продуктивностью скважин с притоком нефти до 150-250 т/сут. Многопластовый характер указанных месторождений и небольшие глубины залегания нефтеносных песчаников (от 400 до 1800 м) обеспечивали высокую эффективность геологоразведочных работ.

Наряду с пластовыми сводовыми залежами, на крыльях и периклиналях Махачкалинской и Избербашской структур были выявлены и структурно-литологические залежи, связанные с выклинивающимися вверх по восстанию слоёв песчаниками, что позволило спрогнозировать поиски литологически экранированных залежей в условиях моноклинальной структуры. Результатом геологического прогноза явилось открытие Тернаирского месторождения с глубиной залегания выклинивающихся песчаников 1500-1660 м, из которых получены притоки нефти дебитом до 60 т/сут и которые продолжительное время разрабатывались. В акватории Каспийского моря на площади Инчхе-море (не залицензированная территория) в условиях антиклинального строения в ряде скважин на глубинах до 1650 м также из чокракских отложений были получены притоки нефти до 230 т/сут.

Однако отсутствие в то время совершенных методов сейсмических исследований не позволило полностью реализовать идею поисков сложно построенных залежей. Первые открытия в 1953 г. залежей нефти и газа в верхнемеловых отложениях переориентировали геологоразведочные работы на глубокозалегающие мезозойские отложения, а поиски залежей в среднемиоценовых отложениях неоправданно были приостановлены.

Современные перспективы нефтегазоносности среднемиоценовых отложений могут быть связаны с акваторией Каспия, где по данным сейсморазведочных работ прогнозируются зоны нефтегазонакопления, приуроченная как к литологическим так и тектонически-экранированным ловушкам.

Ловушки здесь могут быть связаны с крупными песчаными телами среднего миоцена караган-чокракского возраста. В северо-восточном направлении в акватории Среднего Каспия при приближении к источнику сноса прогнозируется увеличение песчанистости разреза и улучшение качества коллекторов. Прогнозируемая толщина песчаников может достигать 30-50 м (пористость до 37%), а полученные результаты

свидетельствуют, что в разрезе скважины породы-покрышки характеризуются хорошими и высокими экранирующими свойствами. Кроме того, на сейсмических профилях выделяются обширные аномальные зоны на уровне чокракских отложений. В пределах аномальной зоны отмечается прерывистая бугристая запись, что интерпретируется как проявление системы крупных песчаных тел (баров), заключенных в толще преимущественно глинистых отложений. Эти тела способны представлять собой крупные ловушки углеводородов, размер отдельных аномалий достигает 100 кв.км. Глубина залегания ~ 2000 м.

Помимо литологических ловушек в отложениях чокрак-караганского горизонтов в пределах Центрально-Каспийского лицензионного участка прогнозируется новая зона нефтегазонакопления, связанная с тектоническими дислокациями майкоп-среднемиоценовых отложений. Размер данной зоны дислокаций, названной Усть-Сулакской, в плане составляет около 20*40 км.

Здесь сейсморазведкой установлена блоковая структура майкоп-среднемиоценовых отложений, разбитых многочисленными сбросовыми нарушениями (рис. 1). Нарушения сплошности пород северо-запад юго-восточного простирания со смещениями амплитудой до 150 м, фиксируются по сейсмическим данным в интервале от среднемиоценовых до верхнемайкопских отложений включительно. Нарушения, как правило, сбросового типа, обусловленные проявлением диапировой тектоники, являются бескорневыми и не прослеживаются глубже майкопской серии.

Аналогичная по строению, но меньшая по размерам, зона дислокаций, явилась одним из основных объектов геологоразведочных работ и добычи углеводородов в Краснодарском крае в последние десятилетия - Прибрежно-Морозовский район. Здесь выявлено порядка двадцати залежей лёгкой нефти и газоконденсата, приуроченных к литолого-тектоническим ловушкам УВ.

Основной объем запасов УВ на месторождениях Прибрежно-Морозовского района сосредоточен в IV пачке чокракского комплекса. Притоки из различных пачек чокрака изменяются от 30 до 205 т/сут - нефти, от 10-15 до 240 м3/сут - конденсата и от 3 до 200-250 тыс. м3/сут - газа. По данным некоторых исследований (Одинцов Н.И., Бигун П.В., Микерина Т.Б., Колесниченко В.П.), чокракские отложения имеют достаточный генерационный потенциал для образования скоплений жидких и газообразных углеводородов. Также не исключается возможность вертикальной миграции углеводородов из майкопских нефтегазоматеринских толщ в чокрак по разрывным нарушениям.

Ловушки в чокракских отложениях Прибрежно-Морозовского района связаны с разрывными нарушения оползневого генезиса. Все эти блоки содержат в себе отдельные тектонически-экранированные ловушки УВ (рис. 2). На сейсмических профилях отмечается, что при перемещении блоков по разломам пласты песчаников упираются в глинистые породы, формируя изолированные системы, аналогично тому, что мы видим в Северо-Хазринской зоне дислокаций.

Таким образом, на дагестанском шельфе Каспийского моря наряду с литологически экранированными залежами положительно оцениваются перспективы поисков тектонически экранированных залежей. Выделена наиболее перспективная зона дислокаций карагано-чокракских отложений, где могут быть выявлены крупные залежи нефти и газа, заслуживающие первоочередного освоения. В перспективе геологоразведочные работы на акватории Каспийского моря на среднемиоценовые отложения могут определиться в самостоятельное направление, и при их осуществлении должна быть достигнута высокая геолого-экономическая эффективность, учитывая малые глубины залежей.

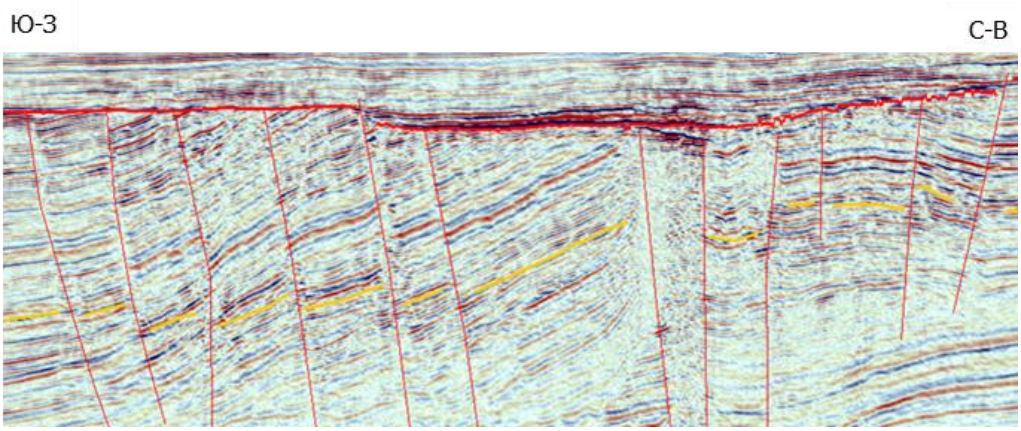


Рис. 1. Усть-Сулакская зона дислокаций майкоп-среднемиоценовых отложений

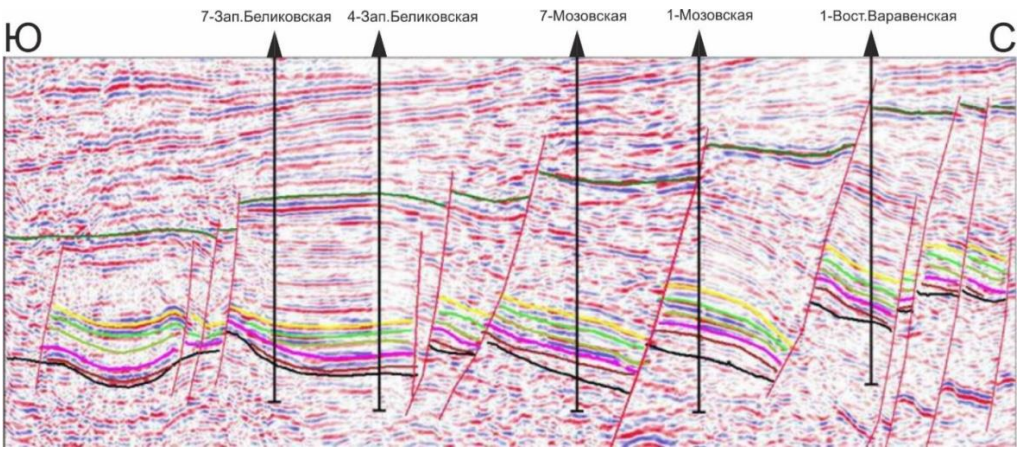


Рис. 2. Сбросово-блоковые дислокации чокракских отложений Прибрежно-Морозовского района Западно-Кубанского прогиба (Мятчин К.М. 2006)

Литература

1. *Мятчин К.М.* Условия формирования песчаных тел в чокракских отложениях северного борта Западно-Кубанского прогиба и их нефтегазоносность: автореф. на соиск. степени канд. геол.-мин. наук (25.00.12). Москва, 2006. 24 с.
2. *Коновалов А.Е., Островская Н.В., Савченко А.П.* Обоснование принципов подсчета запасов на месторождениях с АВПД (на примере Сладковско-Морозовского и Анапско-Темрюкского участков) // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». 2009. С. 30-33.
3. *Губарев М.В.* Секвенс-сейсмостратиграфическая модель чокракских отложений Западно-Кубанского прогиба в связи с их нефтегазоносностью: автореф. на соиск. степ. канд. геол.-минер. наук (25.00.12); Губарев Михаил Владимирович. Краснодар, 2006. 26 с.
4. *Милашин В.А., Трофимов В.Л. и др.* Оценка перспектив нефтегазоносности чокрак-караганских отложений на участке Южно-Дагестанского шельфа методами ВРС-ГЕО и ДФМ // Технологии сейсморазведки. 2009. №2. С. 82-98.
5. Sobornov K. Structure and evolution of the Terek-Caspian fold-and-thrust belt: new insights from regional seismic data. Journal of Petroleum Geology. Vol. 44(3). July 2021. Pp 259-286.

УДК 550.8.02:05 DOI:10.34708/GSTOU.2021.65.14.029

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГОСЪЕМОЧНЫХ РАБОТ В ПРЕДЕЛАХ ЛИСТА К-38-Х (ГРОЗНЫЙ)

© Энна Н.Л., Лаврищев В.А., Шишов В.С., Письменская Г.А.

АО «Северо-Кавказское ПГО», г. Ессентуки

Выполнение геологосъемочных работ в пределах листа К-38-Х (Грозный) проводилось с целью подготовки геологической информации для создания комплекта Госгеолкарты-200/2 листа. Полученные по результатам проведенных работ новые данные геологического и минерагенического профиля позволили подготовить современную среднемасштабную геологическую основу (авторский вариант Госгеолкарты-200) листа К-38-Х. Приведены основные результаты проведенных геологосъемочных работ по листу.

Ключевые слова: *геологосъемочные работы, Госгеолкарта-200, доплиоценовые образования, плиоцен-четвертичные образования, углеводородное сырье, металлические и неметаллические полезные ископаемые, стронциевое оруденение, Терско-Сунженский нефтегазоносный район, зона Известнякового Дагестана, Самуро-Белореченская минерагеническая зона, прогнозные ресурсы, глубинное строение, схемы гидрогеологическая и эколого-геологических условий.*

Целесообразность постановки геологосъемочных работ (ГДП-200) в пределах листа К-38-Х (Грозный) обоснована отсутствием современной геологической основы, что сдерживает проведение на перспективных площадях (в порядке экономической целесообразности) поисково-разведочных работ и пополнение лицензионного фонда объектами, заслуживающими детального геологического изучения с последующей разработкой месторождений. В последние десятилетия в регионе было проведено значительное количество региональных геолого-геофизических исследований, тематических и поисковых работ, пробурен ряд поисковых и разведочных скважин и накоплено значительное количество другой информации, существенно уточняющих геологическое строение как региона в целом, так и площади листа.

Подготовленная В.В. Шелховским и А.Ф. Земченко на основе проведенных в 1956-1957 гг. геологосъемочных работ геологическая карта масштаба 1:200 000 первого поколения и изданная в 1959 году [3], составлена для дневной поверхности и является совмещенной картой четвертичных и дочетвертичных образований. Карта составлена преимущественно на основе ярусного, а не литостратиграфического расчленения разрезов, без учета структурно-фациального районирования и в настоящее время не отражает всех особенностей геологического строения района. Лист располагается между подготовленным к изданию листом К-38-IX [2] с запада и изданным в 2001 году листом К-38-XI [1] с востока, геологическая основа которых составлена с использованием всех современных требований и данных последних проведенных региональных геолого-геофизических работ, результатов поисковых и разведочных работ.

В 2018 – 2020 гг. АО «Северо-Кавказское ПГО» проводило работы по объекту «Выполнение геологосъемочных работ (ГДП-200) в пределах листа К-38-Х (Грозненская площадь)» в рамках объекта ФГБУ «ВСЕГЕИ» «Проведение в 2018-2020 годах региональных геолого-съемочных работ масштаба 1:200 000 на группу листов в пределах Южного и Северо-Кавказского ФО». В административном отношении лист К-38-Х площадью 5975 км^2 расположен в пределах Республики Ингушетия и Чеченской республики (рис. 1). Географические координаты: 43°20'–42°40' с.ш; 45°00'–46°00' в.д.

Выполнение геологосъемочных работ в пределах листа К-38-Х (Грозненская площадь) проводилось с целью подготовки геологической информации для создания комплекта Госгеолкарты-200/2 листа К-38-Х на площади 5 975 км^2, для решения различных народнохозяйственных задач: планирования геологоразведочных работ,

экологических мероприятий, рационального природопользования, оценки перспектив территории на профилирующие и другие виды полезных ископаемых.

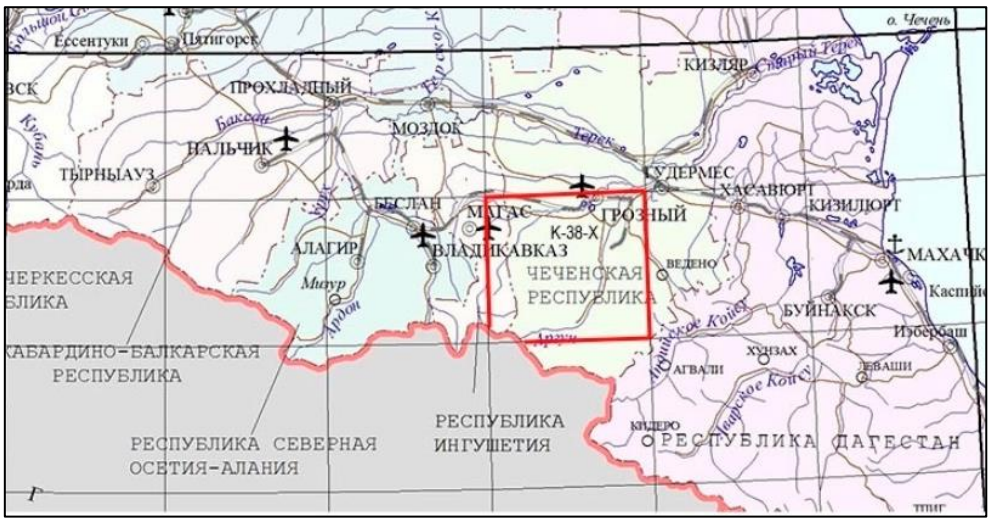


Рис. 1. Обзорная схема расположения района работ, лист К-38-X (Грозный)

Основными геологическими задачами при проведении геологосъемочных работ были:

1. Составление комплекта современной геологической основы масштаба 1:200 000 (авторский вариант Госгеолкарты-200) листа К-38-X (Грозный) в цифровом (в формате ГИС) и аналоговом виде, в том числе:

- геологической доплиоценовых образований;
- плиоцен-четвертичных образований;
- полезных ископаемых и закономерностей их размещения.

2. Уточнение особенностей геологического строения территории листа К-38-X: возраста, состава, стратиграфического положения, границ и площадей развития картографируемых подразделений, в том числе:

– разрезов плиоцен-четвертичных образований (аллювио-мариния, мариния, лимноаллювия, аллювия, лёссоида);

– строения, литолого-стратиграфических особенностей и формационной принадлежности стратифицированных образований (неогеновых, палеогеновых, меловых, юрских).

3. Уточнение границ и площадей известных и выявление новых минерагенических таксонов, перспективных на обнаружение промышленно значимых месторождений, в том числе:

– нефтегазоносных зон Терско-Сунженского нефтегазоносного района;

– условий локализации углеводородного сырья и факторов, благоприятных для образования традиционных и нетрадиционных резервуаров (ловушек) в пределах нефтегазоносных зон;

– рудных районов в пределах металлогенических зон Восточного Кавказа (зона Известнякового Дагестана и Самуро-Белореченская) и перспектив на выявление металлических полезных ископаемых;

– границ распространения и закономерностей размещения неметаллических полезных ископаемых (цеолиты, глины бентонитовые и керамзитовые и др.).

4. Локализация перспективных площадей, оценка прогнозных ресурсов категории P_3 металлических и неметаллических полезных ископаемых, оценка перспектив нефтегазоносности. Подготовка рекомендаций по постановке поисковых работ на

локализованных перспективных участках с составлением паспортов учета перспективных объектов.

5. Составление схемы глубинного строения масштаба 1:500 000 территории листа K-38-X, выявление особенностей строения земной коры, ее мощности, наличия глубинных тектонических нарушений и ослабленных зон.

6. Составление геофизической основы в виде схемы интерпретации гравитационного и магнитного поля в масштабе 1:200 000 и геолого-геофизического разреза.

7. Обеспечение прироста среднемасштабной геологической изученности в рамках объекта – 5 975 км^2.

Составление карт комплекта современной геологической основы масштаба 1:200000 (авторский вариант Госгеолкарты-200) листа K-38-X (Грозный) с цифровыми моделями (в формате ГИС и аналоговом виде), проводилось на основе материалов предшествующих исследований и проведенных геологосъемочных работ в 2018–2020 гг.

Для решения геологических задач были проведены подготовительные, полевые и камеральные работы, лабораторно-аналитические исследования. Полевые работы включали: наземные геологические маршруты; составление опорных литолого-стратиграфических разрезов, проходку горных выработок (расчисток), бурение картировочных малометражных скважин, специализированное изучение стратиграфических подразделений, вмещающих неметаллические полезные ископаемые, проведение геохимических и геофизических работ методами МТЗ-ВС и ЧЗ-ВП, различные виды опробования, полевую камеральную обработку материалов.

По результатам проведенных полевых и камеральных работ внесены уточнения в существующие взгляды на геологическое строение и историю развития территории, закономерности размещения полезных ископаемых. Полученные новые данные геологического и минерагенического профиля позволили подготовить современную среднемасштабную геологическую основу (авторский вариант Госгеолкарты-200) листа K-38-X (Грозный) в форматах ГИС с увязанными базами данных первичных геологических материалов.

Основные результаты геологосъемочных работ по листу K-38-X (Грозный) следующие:

1. Составлены карты комплекта современной геологической основы масштаба 1:200 000 (авторский вариант Госгеолкарты-200) листа K-38-X, включающий геологическую карту доплиоценовых образований, карту плиоцен-четвертичных образований, карту полезных ископаемых и закономерностей их размещения, а также схемы масштаба 1:500 000 - гидрогеологическую и эколого-геологическую. Современная геологическая основа содержит полную характеристику данной территории, соответствующую современному уровню ее изученности.

Геологическая карта доплиоценовых образований составлена на основе литостратиграфического, а не ярусного расчленения разреза стратифицированных образований с учетом их структурно-фациального районирования. Для картографируемых стратиграфических подразделений проведена их корреляция с приведением их к современной общей стратиграфической шкале. Северная половина карты, в пределах Сунженской наклонной равнины, составлена на доплиоценовой поверхности. На геологической карте показаны уточненные границы распространения стратиграфических подразделений от неогеновой до юрской системы, откартированные пликативные и дизъюнктивные структуры, а также скрытые тектонические нарушения, установленные на уровне верхнемеловых образований, а также зоны глубинных разломов выявленные по геофизическим данным (рис. 2). Легенда ГК составлена на основе легенды Кавказской серии Госгеолкарты-200/2 по зональному принципу в соответствии с уточненными схемами структурно-фациального районирования.

Геологическая карта доплиоценовых образований сопровождается зарамочным оформлением, обязательными элементами которого являются: геологические разрезы;

стратиграфическая колонка; карта аномального магнитного поля; схема гравитационных аномалий; схема тектонического районирования; тектоническая схема; схема использованных материалов; схема расположения листов серии Госгеолкарты-200/2. Тектоническая схема отражает строение площади листа К-38-Х в современном (статическом) пространстве и составлена на основе комплексного анализа геологической карты, геофизической и дистанционной основ.

Карта плиоцен-четвертичных образований составлена впервые, ранее четвертичные образования были отображены на геологической карте. На составленной карте показаны различные генетические типы, главным образом, четвертичных образований, представленных осадками эоплейстоцена, неоплейстоцена и голоцена (рис. 3). По результатам работ проведено уточнение разрезов четвертичных образований - аллювио-мариния, мариния, лимноаллювия, аллювия, лёссоида, в том числе их состава, стратиграфического положения, границ и площадей развития картографируемых подразделений. Выделены новые террасовые поверхности разного возраста, ранее не отмеченные предшественниками. Уточнены возраст, состав и стратиграфическое положение лессовидных суглинков, слагающих бортовые части предгорной Сунженской равнины.

В горной части листа выделены широко развитые здесь склоновые образования - делювиальные, пролювиальные, коллювиальные и прочие. Нерасчленные плиоцен-четвертичные образования представлены пьяченцским ярусусом плиоцена и гелазским ярусом плейстоцена, распространены на севере листа К-38-Х. К образованиям данного возрастного интервала отнесены континентальные аллювиальные и пролювиальные образования свиты рухс-дзуар, а также морскими осадками - маринием эльхотовской свиты. На карте показаны геоморфологические элементы – гребни водоразделов, карст, а также месторождения полезных ископаемых, связанные с четвертичными образованиями. Карта плиоцен-четвертичных образований сопровождается условными обозначениями, схемой соотношения и корреляции плиоцен-четвертичных образований, геоморфологической схемой, схемой структурно-фациального районирования четвертичных образований, геологическим разрезом, схемой использованных материалов.

Карта полезных ископаемых и закономерностей их размещения составлена на обновленной геологической основе с учетом новых данных полученных при интерпретации собранных материалов по геологическому и тектоническому строению района работ. На карте показаны все месторождения – горючих и неметаллических полезных ископаемых, подземных вод, а также их прямые признаки - проявления и пункты минерализации. Карта отражает выявленные региональные и локальные минерагенические факторы первого и второго рода, контролирующие размещение известных месторождений полезных ископаемых (ПИ), а также факторы благоприятные для размещения перспективных объектов углеводородного сырья, включая и нетрадиционные резервуары (ловушки). Легенда (условные обозначения) к карте также построена по зональному принципу, для подразделений, играющих роль минерагенических факторов, красным цветом обозначены сведения о генетических или парагенетических связях с ними конкретных полезных ископаемых. Карта сопровождается обязательными элементами зарамочного оформления - таблицей полезных ископаемых, схемами масштаба 1:500000 - минерагенического районирования для горючих и металлических ПИ и перспективных объектов неметаллических ПИ, а также минерагенограммой в виде таблицы-диаграммы.

2. Уточнены особенности геологического строения территории листа К-38-Х: возраст, состав, стратиграфическое положение, границы и площади развития картографируемых подразделений, в том числе:

– разрезов плиоцен-четвертичных образований (аллювио-мариния, мариния, лимноаллювия, аллювия, лёссоида и др.);

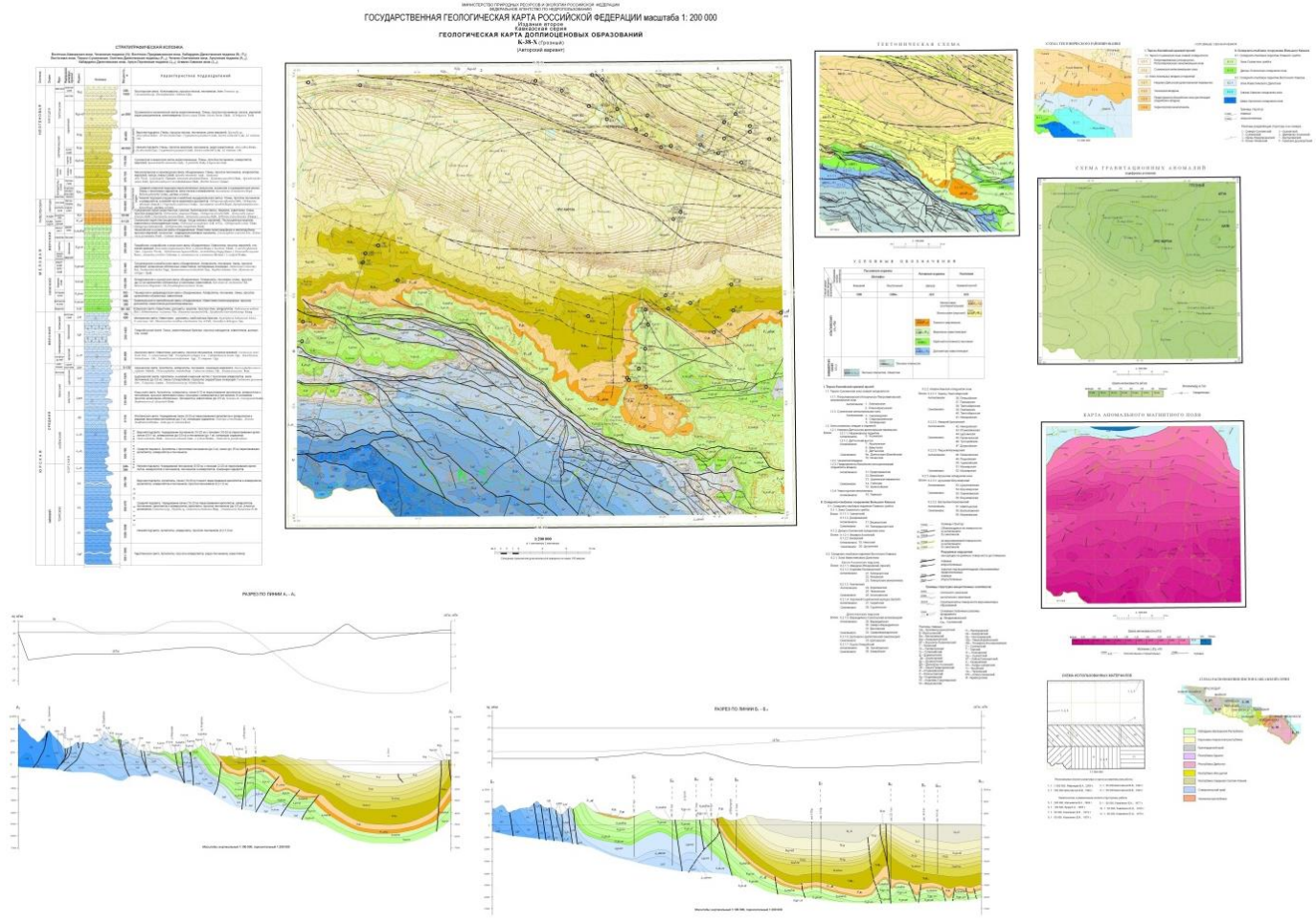


Рис. 2. Макет геологической карты доплиоценовых образований

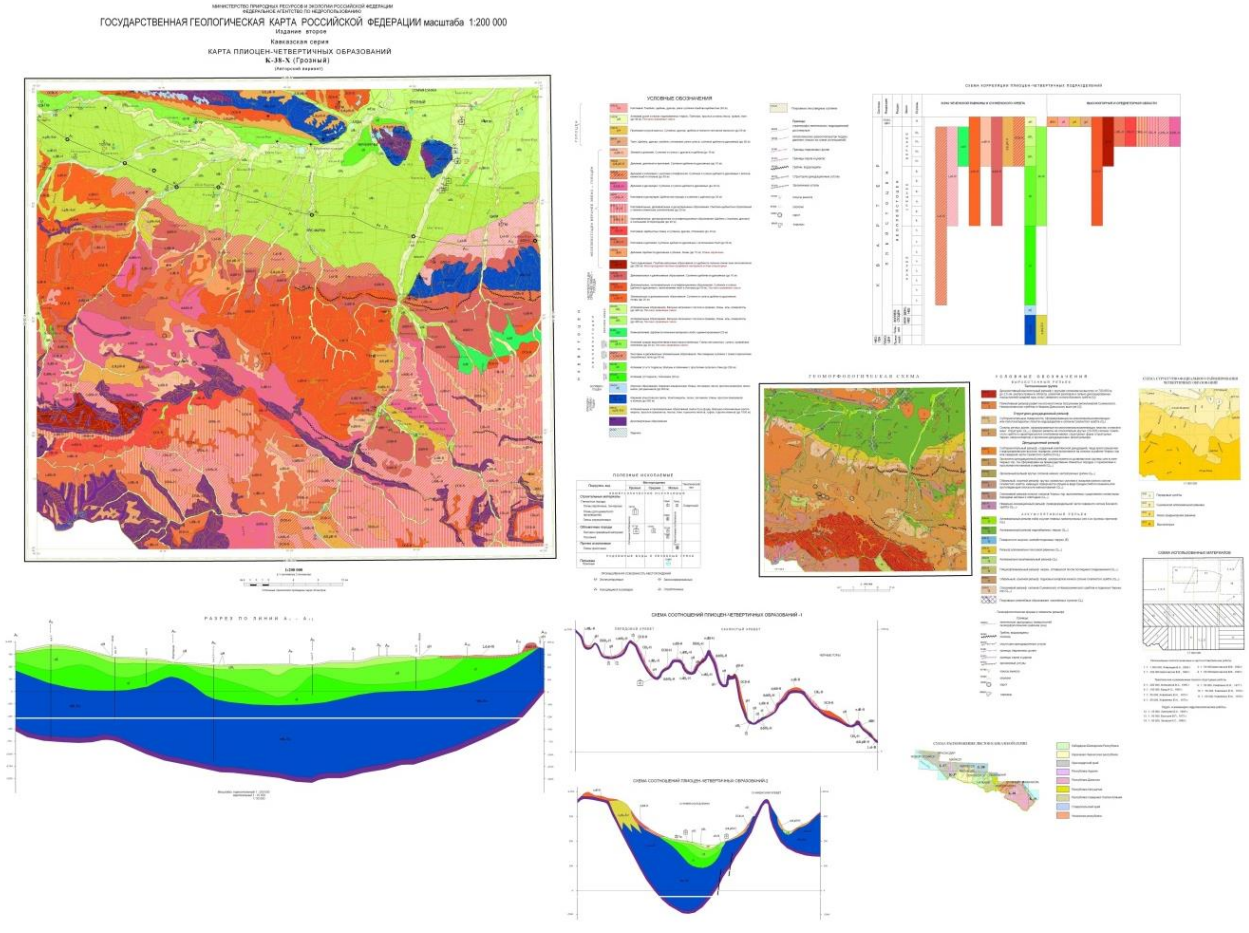


Рис. 3. Макет карты плиоцен-четвертичных образований

– строения, литолого-стратиграфических особенностей и формационной принадлежности доплиоценовых стратифицированных образований (неогеновых, палеогеновых, меловых, юрских).

3. Уточнены границы и площади минерагенических таксонов, перспективных на обнаружение промышленно значимых месторождений, в том числе:

3.1. В пределах Терско-Сунженского нефтегазоносного района уточнены границы Петропавловской, Сунженской и Черногорской нефтегазоносных зон, в пределах которых располагаются известные месторождений углеводородов. В пределах нефтегазоносных зон уточнены условия локализации углеводородного сырья, минерагенические факторы первого и второго рода, основные признаки нефтегазоносности, тектонические факторы контроля, благоприятные для образования традиционных и нетрадиционных резервуаров (ловушек) в их пределах. Проведена оценка перспектив и прогнозных ресурсов нефти и газа по категориям $Д_1$ и $Д_2$ для нефтегазоносных зон Терско-Каспийской НГО и НГО альпийского складчатого сооружения, при этом объектами прогноза являются верхнеюрский «подсолевой» и «солевой+надсолевой», меловой апт-альбский и палеоген-неогеновый комплексы.

3.2. Уточнены границы и площади минерагенических таксонов для металлических полезных ископаемых и стронциевого оруденения, в том числе уточнены границы Садонского рудного района и Армхи-Ассинской рудной зоны в пределах Самуро-Белореченской металлогенической зоны, а также западного фланга стронциеворудной минерагенической зоны Известнякового Дагестана и Анджикоевского стронциеворудного узла, отраженные на картах комплекта, проведена оценка перспектив на выявление полиметаллов, стронция и прогнозных ресурсов категории P_3.

3.3. Для неметаллических полезных ископаемых основным фактором контроля их размещения является стратиграфический, в процессе работ установлена их приуроченность к определенным стратиграфическим уровням, что нашло отражение на карте полезных ископаемых и закономерностей их размещения, в том числе:

- потенциально цеолитоносные отложения приурочены к породам сюжинской серии (пестроцветная толща и толща зеленых мергелей);
- бентонитовые и бентонитоподобные глины связаны с породами олигоцен-миоценового возраста (терско-сунженская серия), чокракского (махачкалинская и серноводская свиты) и верхнего сарматского подъярусов (грозненская и мужичинская свиты);
- керамзитовое сырье приурочено к четвертичным делювиальным лессовидным глинам континентальной терригенной субформации молассовой формации;
- кварцевые стекольные и силикатные пески и песчаники приурочены к среднемиоценовым образованиям, к объединенным махачкалинской и серноводской и объединенным сунженской и манасской свитам;
- карбонатные породы для цементного сырья приурочены к сеноман-датской платформенной мергельно-известняковой формации;
- доломиты и гипсы приурочены к карбонатным верхнеюрским образованиям (иронская - гандалбосская свиты).

Для неметаллических полезных ископаемых выделены перспективные площади для строительных материалов, включая карбонатные, глинистые и обломочные породы, глин бентонитовых и бентонитоподобных, цеолитов и цеолитсодержащих пород, доломитов и гипсов. Выделено десять перспективных площадей, охватывающих различные стратиграфические уровни – от нижнеааленского до четвертичного для различных видов неметаллических полезных ископаемых и проведена оценка прогнозных ресурсов категории P_3.

4. Проведено уточнение глубинного строения листа К-38-Х, выявлены особенности строения земной коры, и ее мощности, наличия глубинных тектонических нарушений. На уточненной схеме глубинного строения показаны элементы блоковой делимости кристаллического фундамента, структуры поверхности Мохо (М), стратоизогипсы глубины залегания поверхности М и доюрского фундамента, а также

глубинные тектонические нарушения. Доюрский фундамент на площади листа K-38-X охватывает фрагменты Восточно-Предкавказского мегаблока и Восточно-Кавказского кристаллического массива Скифской плиты, разделенных Владикавказским глубинным разломом. Мощность консолидированной коры по площади листа меняется с севера на юг от до 35-40 км в пределах Терско-Каспийского прогиба до 50 км в пределах складчато-глыбового поднятия Восточного Кавказа, соответственно меняется мощность и «гранитного» слоя от 6 до 10 км до 15-18 км. Глубина залегания кровли кристаллического фундамента предполагается на глубинах -16 -18 км. В фундаменте выделены глубинные разломы, в том числе Владикавказский (Черногорский) разлом, разделяющий блоки кристаллического фундамента, и внутриблоковые разломы: Сунженский, Октябрьский, Чижгинский, Чеченский, Кориламский и Мукалцехинский.

5. По результатам анализа имеющихся геолого-геофизических материалов составлена геофизическая основа в виде схемы интерпретации гравитационного и магнитного поля в масштабе 1:200 000 и геолого-геофизического разреза, отражающие глубинное строение листа K-38-X. Составление геофизической основы опиралось на анализ различных видов геофизических карт и схем, что позволило выделить геофизические линеаменты, которые являются основными структуро-организующими элементами схемы интерпретации гравитационного и магнитного поля. Они разделяют территорию на ряд площадей, отличающихся различными геофизическими характеристиками, вероятно, вызванные особенностями глубинного строения.

Построение глубинного геолого-геофизического разреза (модели) проведено по пройденному генерализованному меридиональному профилю МТЗ с учетом особенностей полученного геоэлектрического разреза. При построении разреза уточнены особенности строения земной коры, ее мощность, наличие глубинных тектонических нарушений, а также тектоническое строение платформенного чехла и кристаллического фундамента (рис. 4).

6. Авторский комплект Госгеолкарты-200 сопровождается схемами масштаба 1:500000 гидрогеологической, эколого-геологических условий и схемами масштаба 1:1000000: геодинамической и геохимической устойчивости ландшафтов, оценки эколого-геологической опасности. На гидрогеологической схеме показаны основные гидрогеологические подразделения – водоносные горизонты, комплексы, зоны трещиноватости, охватывающие породы от нижней-средней юры до голоцена, а также основные водопункты, химический состав воды в водопунктах, степень минерализации и химический состав подземных вод первых от поверхности водоносных подразделений.

Условные обозначения к рис. 4:

1 - поздний неоген (плиоцен) и квартер. Глины, пески, галечники, конгломераты. 2 - ранний неоген (средний и верхний миоцен). Глины, пески, песчаники, прослои мергелей и известняков. 3 - поздний палеоген (олигоцен) и ранний неоген (ранний миоцен). Глины, прослои сидеритов, песчаников, алевролитов, реже песков. 4 - мел, ранний и средний палеоген (палеоцен, эоцен): а) поздний мел-эоцен - известняки, доломиты, мергели; б) ранний мел - аргиллиты, алевролиты, песчаники, известняки, мергели. 5 - юра: а) средняя (келловей)-поздняя юра - известняки, гипсы, ангидриты, доломиты, песчаники, алевролиты; б) ранне-средняя юра - алевролиты, песчаники, гипсы доломиты, мергели. 6 - средний-поздний палеозой: а) карбон: песчаники, аргиллиты; б) карбон пермь (?): конгломераты, песчаники, аргиллиты. 7 - граниты палеозойские.

8 - поздний протерозой. Кристаллические сланцы, гнейсы. 9 - верхняя кора ("гранито-гнейсовый слой"), σ (10^3кг/м) а) 2,75, б) 2,72. 10 - средняя кора (переходный комплекс) а = 2,85x10^3 кг/$м^3$. 11 - нижняя кора (условно "базальтовый слой") σ (10^3кг/$м^3$) а) 2,9; б) 2,95. 12 - верхняя мантия σ = 3,3x10^3кг/$м^3$. 13 - разломы, в том числе предполагаемые по геофизическим данным. 14 - геологические границы. 15 - положение границы Мохо (М), Конрада (К) и кристаллического фундамента (Ф) принятое при интерпретации.

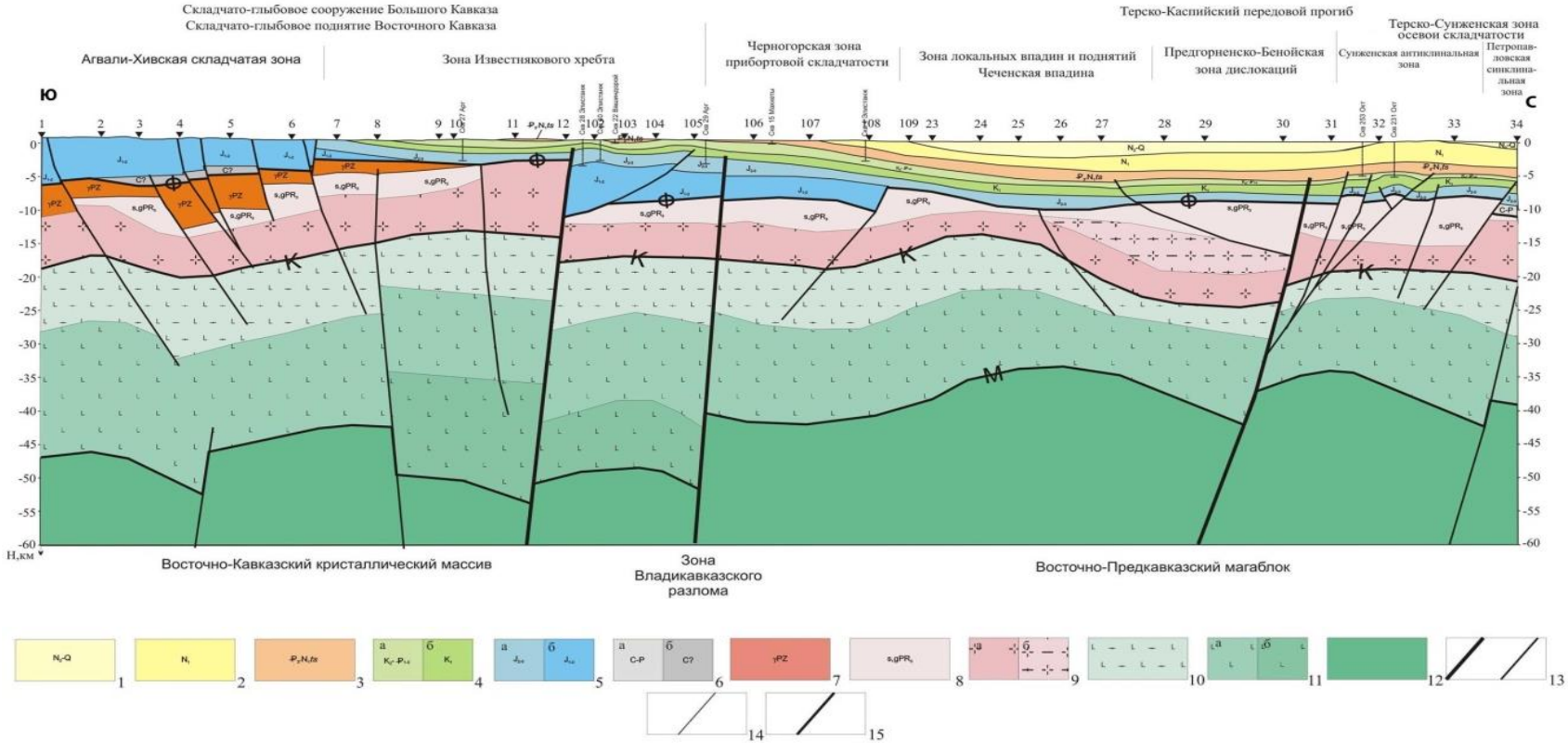


Рис. 4. Глубинный геолого-геофизический разрез (модель) по листу K-38-X

На схеме эколого-геологических условий показаны различные природные и техногенные ландшафты, развитые в пределах листа, неблагоприятные природные объекты и процессы (оползни, осыпи и др.), техногенные объекты, нарушающие и загрязняющие природную среду (участки геологоразведочных работ на углеводороды и другие полезные ископаемые, свалки ТБО, склады ГСМ и др.), геохимические аномалии в почвах и поверхностных водах (нитратов, нефтепродуктов, свинца, цинка и др.).

Интенсивная многолетняя, в основном сельскохозяйственная животноводческая и нефтедобывающая деятельность человека предопределили экологическое состояние геологической среды. Северная часть листа, относящаяся к Прикаспийской низменности наиболее антропогенно изменена. Это прежде всего сельскохозяйственные угодья, садовые и лесозащитные насаждения, дорожная и ирригационная сети, населенные пункты. На формирование облика природных ландшафтов оказало влияние принадлежность их к степной и сухостепной ландшафтным зонам. Южная часть, относящаяся к Большекавказскому горному сооружению, максимально сохранила природные характеристики.

Для площади листа проведена оценка экологического состояния геологической среды по пяти градациям: благоприятная, удовлетворительная, напряжённая, кризисная и катастрофическая. Площади с различной экологической обстановкой показаны на схеме оценки эколого-геологической опасности.

Литература

1. *Маркус М.А.* Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Серия Кавказская. Лист K2382XI (Хасавюрт). СПб: ВСЕГЕ, 2001. 64 с.
2. *Письменный А.Н., Горбачев С.А., Вертий С.Н. и др.* Отчет ГДП_200 в пределах восточного сегмента зоны Главного хребта Центрального Кавказа (листы K-38-IX, XV). Ессентуки. 2006.
3. *Шелховской В.В., Земченко А.Ф.* Геологическая карта СССР, масштаб 1:200000. Серия Кавказская. Лист K-38-X (Грозный). Объяснительная записка. 1960.

УДК 553.983 DOI:10.34708/GSTOU.2021.12.79.030

БИОМАРКЕРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОЗРАСТА НЕФТЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

© Яндарбиев Н.Ш., Яндарбиева Д.Н.

МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва

В докладе рассматриваются новые геохимические данные о биомаркерном составе нефтей месторождений Терско-Каспийского нефтегазоносного бассейна. Были изучены пробы нефтей месторождений основных нефтегазоносных районов Восточного Предкавказья – Терско-Сунженского, Прикумского вала и Предгорного Дагестана. Для определения «геохимического» возраста нефтей анализировались соотношения регулярных биостеранов в насыщенных фракциях нефтей. Было установлено, что значение биомаркерного параметра St28/St29, определяющего геологический возраст исходного для нефтей органического вещества [Grantham, Wakefield, 1988] варьирует в широких пределах - 0.36-1.47 [Yandarbiev et al, 2021]. Наиболее «древний» возраст (девон-карбон) определен для нефтей Прикумского вала, в Терско-Сунженской зоне и Предгорном Дагестане в нефтях фиксируется возрастание доли стерана состава С28, что указывает на более молодой возраст генерации (вплоть до палеогена). Полученные данные могут быть использованы для уточнения истории формирования углеводородных скоплений в данном регионе.

Ключевые слова: *Восточное Предкавказье, Терско-Сунженская зона, Предгорный Дагестан, Прикумский вал, геохимия, нефтяные месторождения, биомаркерные показатели, возраст нефтей, стераны.*

К настоящему времени в пределах Восточного Предкавказья выявлено более 200 месторождений нефти и газа (рис. 1). Из них около 50 приурочено к Терско-Каспийскому передовому прогибу, остальные сосредоточены на Скифской плите. Стратиграфический диапазон нефтегазоносности охватывает природные резервуары от каменноугольного (?) до плиоценового возраста; глубины залегания продуктивных отложений изменяются от первых сотен метров (Южный Дагестан) до 5800 м (Терско-Сунженская зона).

Геохимическому изучению нефтей региона посвящены работы, Т.А. Ботневой, Н.Н. Волгина, А.В. Меркулова, Ал.А. Петрова, В.А. Чахмахчева, А.Н. Степанова, Н.Ш. Яндарбиева, А.А. Ярошенко и др. В последние годы с целью изучения генетических особенностей углеводородных залежей проводилось углубленное геохимическое изучение нефтей на молекулярном уровне, включающее газохроматографические, хромато-масс-спектрометрические и изотопные методы исследований.

Закономерности качественного и количественного распределения биомаркеров (хемофоссилий) в прикладной геохимии используются для реконструкции процесса формирования молекулярного состава нефтей и исходного органического вещества – геохимических условий осадконакопления; типа, литологического состава и степени катагенеза исходных нефтематериских толщ; термической зрелости нефтей; возраста исходного органического вещества и различных генетических интерпретаций и корреляций в системах «нефть-органическое вещество (ОВ), «нефть-нефть» и т.д. Результаты этих исследований отражены в нескольких наших последних публикациях [Яндарбиев и др., 2017; Yandarbiev et al, 2021].

В данной работе мы акцентировали внимание на результатах интерпретации закономерностей изменений концентраций стеранов состава С27-С29 в насыщенных фракциях нефтей. Было изучено более 70 проб нефтей из разновозрастных залежей месторождений основных нефтегазоносных районов региона – Терско-Сунженского, Предгорного Дагестана и Прикумского вала (табл. 1).

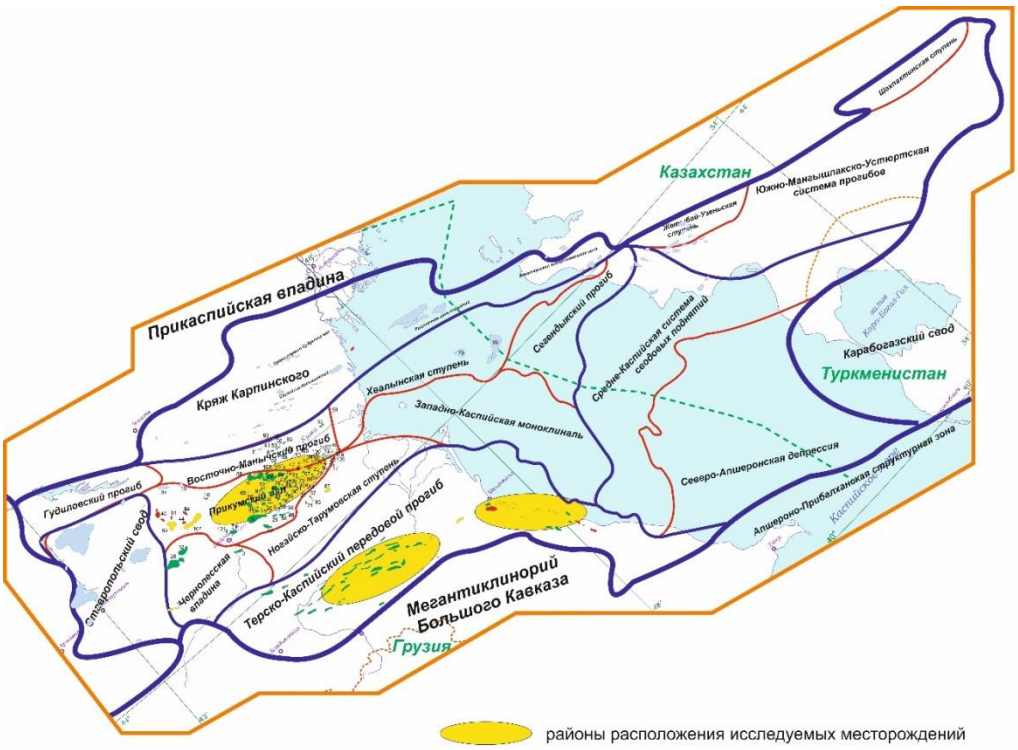


Рис. 1. Схема расположения месторождений Восточного Предкавказья

По мнению некоторых геохимиков, [Grantham,1986; Grantham and Wakefield, 1988; Петров, 1991, 1994; Чахмахчев, 1993] особый практический интерес представляет использование стерановых биомаркеров для определения геологического возраста исходного РОВ. В частности, установлено, что для нефтей морского генезиса наблюдается определенная корреляционная связь между геологическим возрастом исходных нефтематеринских отложений и соотношением стеранов С28\С29. Возрастание доли стерана С28 объясняется не химической эволюцией стеролов, а расширением видового разнообразия фитопланктона в более позднее геологическое время.

Согласно полученным результатам исследований изученные образцы нефтей на диаграмме Коннана-Кассоу [Connan and Cassou, 1980] (пристан\н-С17 и фитан\н-С18) располагаются в поле развития нефтей, генерированных из исходного органического вещества морского генезиса (мелководно-морские и лагунные условия осадконакопления) (рис. 2), что позволяет использовать биомаркерный параметр С28\С29 («критерий Грэхэма») для определения «геохимического возраста» рассматриваемых нефтей.

На диаграмме видно, что изученные нефти всех трех нефтегазоносных районов (Терско-Сунженского, Прикумского вала и Предгорного Дагестана) располагаются в поле развития зрелых и постзрелых нефтей, источником для которых является ОВ морского генезиса. Лишь несколько проб нефтей, отобранных из караган-чокракских залежей Старогрозненского и Гойт-Кортовского месторождений Терско-Сунженской зоны, попадают в поле незрелых биодеградированных нефтей.

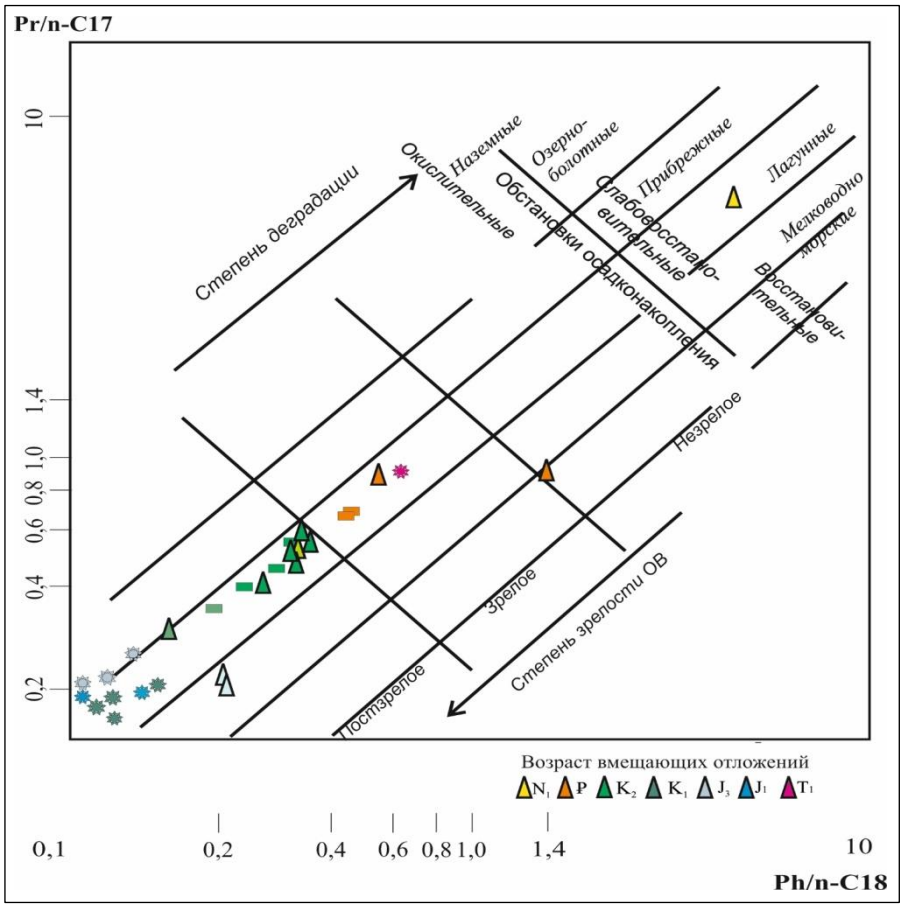


Рис. 2. Диаграмма Коннана-Кассоу для исследованных нефтей Предкавказья

На преобладание морского водорослевого ОВ в исходных нефтематеринских породах указывают также результаты хромато-масс-спектрометрических исследований насыщенной и ароматической фракций нефтей. В частности, в нефтях Терско-Сунженской зоны, как правило, фиксируется доминирование стеранов С27 (более 60%), что указывает на значительный вклад водорослевого ОВ, а в неогеновых нефтях (Старогрозненское, Гойт-Корт) наблюдается относительно равные содержания стеранов С27:С28:С28 (40:28:32), что свидетельствует о присутствии в изначально морском ОВ незначительной наземной составляющей [Яндарбиев и др. 2017].

Таким образом, доказав преимущественно морской генезис изучаемых нефтей, нами были рассчитаны соотношения регулярных стеранов С28\С29 (табл. 1).

Анализ таблицы показывает, что величина параметра С28\С29 в изученных нефтях варьирует от 0,44 до 1,47. Согласно литературным данным в среднем для нефтей морского генезиса отношения регулярных стеранов С28/С29 следующие: для докембрия – 0,2; для ордовика-перми – 0,3-0,5; для юры и мела – 1,0; для кайнозоя – более 1. Следовательно геохимический возраст изученных нефтей охватывает возрастной интервал от кайнозоя до палеозоя

На рис. 3 приведено распределение исследованных нефтей по нефтегазоносным районам (форма значка), глубине их залегания, возрасту вмещающих отложений (цвет соответствующего значка) и «геохимическому возрасту» по биомаркерным параметрам (цветные поля соответствующие принятой геохронологической шкале).

Таблица 1

Соотношения регулярных стеранов С28\С29 в насыщенной фракции нефтей

Месторождение	№	Возраст	С28\С29	«Геохимический
Предгорный Дагестан				
Димитровское	9	K2	0.9	ранний мел
Димитровское	7	k2	0.89	ранний мел
Димитровское	19	k2	0.9	ранний мел
Димитровское	38	k2	0.92	ранний мел
Димитровское	4	k2	0.94	средний мел
Димитровское	42	k2	1.0	средний мел
Димитровское	30	K2	1.0	средний мел
Димитровское	37	k2	0.87	ранний мел
Махачкала-Тарки	7	K2	0.9	ранний мел
Махачкала-Тарки	220	k2	0.9	ранний мел
Махачкала-Тарки	228	K2	0.9	ранний мел
Махачкала-Тарки	10	N1 ch	1.1	поздний мел
Избербаш	248	k2	1.0	средний мел
Избербаш	270	N1 ch	1.0	средний мел
Шамхал-Булак	18	k2	0.78	поздняя юра
Терско-Сунженская зона				
Старогрозненское	713	K1	1.27	палеоген
Андреевское	1007	K2	1.21	палеоген
Северная Джалка	4	K2	1.17	поздний мел
Брагунское	87	K2+Pg	1.39	палеоген-неоген
Петропавловское	3	K2+Pg	1.47	неоген
Гойт-Корт	93	N1 ch	1.30	палеоген
Старогрозненское	395	N1 ch	1.06	поздний мел
Старогрозненское	662	N1 kg	1.37	палеоген-неоген
Скифская плита				
Юбилейное	29	C(?)	0.54	пермь
Озек-Суат	248	J3	0.56	пермь
Озек-Суат	262	J3	0,72	поздняя юра
Озек-Суат	260	J3	0,6	пермь
Русский Хутор	76	K1	0,55	пермь
Русский Хутор	77	K1	0,56	пермь
Русский Хутор	90	K1	0,48	девон-карбон
Зимняя Ставка	177	J1	0,5	девон-карбон
Зимняя Ставка	124	K1	0.44	девон-карбон
Урожайненское	92	J1	0,47	девон-карбон
Урожайненское	52	K2	1,03	поздний мел
Величаевское	43	T1	1.0	средний мел
Безводненское	84	K1	0,94	ранний мел

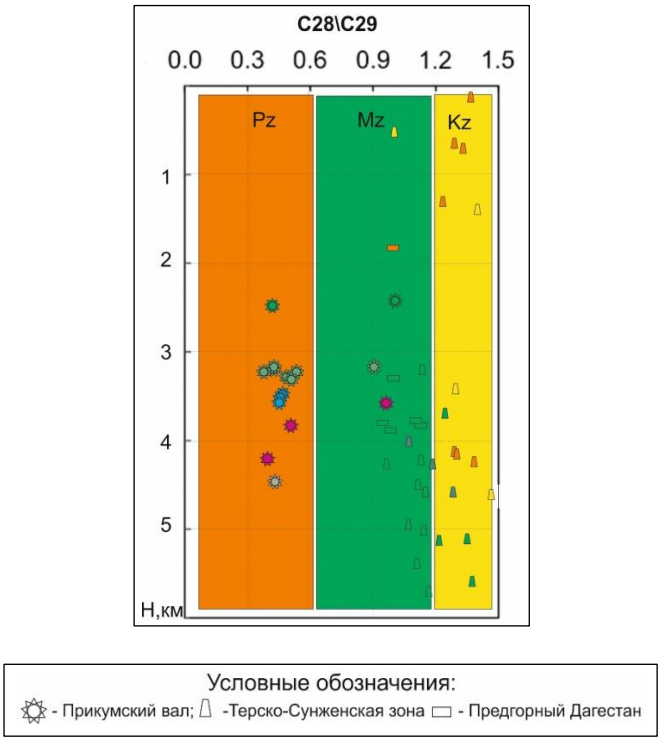


Рис. 3. Ранжирование исследованных нефтей по «геохимическому возрасту» (по биомаркерным показателям)

Изученные нефти по геохимическому возрасту, идентифицированному по биомаркерным характеристикам («критерий Грэхэма»), характеризуются существенными различиями независимо от возраста и глубины залегания вмещающих отложений (залежей).

Наиболее молодые («кайнозойские») нефти приурочены к Терско-Сунженской зоне (значения С28\С29 более 1.2), причем возраст природных резервуаров не всегда соответствует их геохимическому возрасту, часто последний более молодой. Интересно, наиболее «старой» (С28/С29=1,06) оказалась нефть из чокракской залежи Старогрозненского месторождения (скв. 395). Такая «возрастная нелогичность» распределения нефтей может указывать на полигенность и межформационные миграционные перетоки углеводородных флюидов в разрезе осадочного чехла региона.

Большинство нефтей платформенных районов Восточного Предкавказья (Прикумский вал) имеют «палеозойский» (пермь-девон) возраст, хотя большая их часть приурочены к мезозойским (юрско-меловым) природным резервуарам. Соотношение стеранов С28\С29 для них составляет 0.4-0.6. Исключением являются несколько нефтей: из верхнемеловой залежи Урожайненского месторождения (скв. 52; С28\С29 = 1.03), нижнемеловой залежи Безводненского месторождения (скв. 84; С28\С29 = 0,94) и триасовой залежи Величаевского месторождения (скв. 43; С28\С29 =1.0). Их геохимический возраст определяется как меловой.

Промежуточное положение занимают изученные нефти Предгорного Дагестана. Здесь соотношения стеранов С28 и С29 характеризуются близкими значениями (0,9-1,0), что соответствует преимущественно раннемеловому возрасту. Исключением является нефть из верхнемеловой залежи месторождения Шамхал-Булак, которая идентифицируется как позднеюрского возраста.

Таким образом, биомаркерные исследования позволяют сделать вывод о генетической полихронности формирования углеводородных скоплений исследуемого региона.

Наиболее молодой (мел-палеогеновый) очаг генерации нефти был приурочен к складчатому борту Терско-Каспийского передового прогиба – Терско-Сунженской зоне дислокаций. Независимо от возраста природных резервуаров, содержащих скопления углеводородных флюидов, время генерации нефтей по биомаркерным параметрам идентифицируется не древнее мелового времени.

Нефтяные залежи Предгорного Дагестана формировались за счет более древнего очага нефтегенерации. Процессы нефтеобразования здесь протекали преимущественно в раннемелово-позднеюрское время.

Наиболее древний очаг нефтегенерации формировался в пределах Прикумской зоны поднятий. Генерация нефтяных углеводородов, судя по биомаркерным показателям, происходила в позднепалеозойское время (девон-пермь). В более позднее время образовавшиеся углеводороды мигрировали в вышележащие мезозойские природные резервуары. Возможно остаточные объемы углеводородов могли сохраниться и в палеозойском комплексе, что указывает на их перспективность для дальнейших геологоразведочных работ.

Литература

1. *Петров Ал.А.* Геохимическое значение стеранов // Научно-прикладные аспекты геохимии нефти и газа. М: ИГИРГИ. 1991. С. 21-30.
2. *Петров Ал.А.* Биометки и геохимические условия преобразования нефтей России // Геология нефти и газа. 1994. № 6. С. 13-19.
3. *Чахмахчев А.В.* Углеводороды-биомаркеры как показатели геологического возраста нефти // Геохимия. 1993. № 12. С. 1806-1813.
4. Геохимия углеводородов Терско-Каспийского прогиба / *Яндарбиев Н.Ш., Козлова Е.В., Фадеева Н.П., Крылов О.В., Наумчев Ю.В.* // Георесурсы (специальный выпуск. часть 2). С. 227-239.
5. *Connon J., Cassou A.M.* Properties of gases and petroleum lipids derived from terrestrial kerogen at various maturation levels. Geochim. Cosmochim. Acta. 1980. No. 44. Pp. 1-23.
6. *Grantham P.J. (1986)* The occurrence of unusual C_{27} and C_{29} sterane predominances in two types of Oman crude oil. Org. Geochem., 9. Pp 1-10.
7. *Grantham P.J. and Wakefield, L.L. (1988)* Variations in the sterane carbon number distributions of marine source rock derived crude oils through geological time. Organic Geochemistry, 12. Pp 61-73.
8. *Yandarbiev N.Sh, Sachsenhofer R.F., Ajuaba S., Bechtel A. and Yandarbieva D.N. (2021)* Geochemistry of oils in the Terek-Caspian foredeep and Prikumsk swell, NE Greater Caucasus, Southern Russia. Journal of Petroleum Geology. Vol. 44(3). Pp 317-348.

II. ГЕОФИЗИКА. ГЕОДИНАМИКА. СЕЙСМОЛОГИЯ

УДК 551.324.65 DOI:10.34708/GSTOU.2021.68.51.031

ОБ ОЦЕНКЕ ОПАСНОСТИ СХОДОВ И ОБВАЛОВ ЛЕДНИКОВ

© Беккиев М.Ю., Докукин М.Д., Калов Х.М., Калов Р.Х.

Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик

На основе дешифрирования разновременных космических снимков приведены данные об обвалах ледников и сходах ледников в разных горных районах. Отмечены признаки подготовки ледников к сходу и особенности активности обвалов льда с разной дальностью выброса. Анализируется динамика ледника на горе Андыртау (бассейн р. Баксан) и ледника в долине р. Алибек.

Ключевые слова: *ледник, обвал, сход ледника, ледово-каменная лавина.*

В результате изменения климата в горно-ледниковых районах резко увеличилось количество катастроф, связанных с динамикой ледников: ледяные и ледово-каменные лавины, гляциальные паводки и сели, вызванные прорывами озёр и деградацией высокогорной мерзлоты, сходы ледников и каскадные процессы, объединяющие несколько из вышеперечисленных в один катастрофический процесс с большой зоной поражения. Долгое время считалось, что Геналдонская катастрофа в 2002 г., вызванная сходом ледника Колка, не имеет аналогов, но в последние годы было выявлено уже более 30 случаев сходов ледников в разных районах мира: на Аляске, в Андах, на Памире, в Тибете, в Монгольском Алтае [12]. Одной из крупнейших катастроф последнего времени является ледово-каменная лавина с горы Ронти в Гималаях (штат Уттаракханд, Индия), массы которой пронеслись по долинам Ронти Гад, Ришиганга и Дхаулиганга и трансформировались в селевой поток. Эта катастрофа унесла жизни более 200 человек [14].

В связи с участившимися катастрофами в горно-ледниковых районах, которые происходили в местах, где их раньше не было или они были незамеченными, назрела необходимость оценки их опасности и выявления ледников, которые могут быть опасными в будущем. С этой целью авторы проводили дешифрирование разновременных космических снимков Sentinel-2, полученных с сайта https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/, на участки прошедших катастроф и выявляли признаки их подготовки на основе сравнения космоснимков до и после катастроф [4]. Кроме этого в результате анализа космоснимков были зафиксированы случаи новых скальных и ледовых обвалов на Центральном Кавказе [5-7]. В результате анализа разновременных космоснимков, а также данных опубликованных материалов, определены характерные особенности динамики ледников в период подготовки их схода [4]:

1) некоторые ледники перед сходом наступали в течение от 1,5 месяца до полугода, или стационировали;
2) движение ледников ускорялось до 2 м/сут и более;
3) в теле ледников фиксировались разрывы и новые трещины, отделяющие начавшую быстрое движение массу от малоподвижного основного тела ледника [8];
4) нередко в процессы схода через некоторое время вовлекались ледники соседние с сошедшим (ледники Ару в Тибете и ледники на хребте Петра Первого на Памире);
5) один ледник может испытывать несколько сходов в течение короткого периода (оставшиеся неподвижными участки ледника или восстановившиеся после первого схода могут сойти через несколько лет);

6) на соседних с сошедшим ледниках могут происходить ледово-каменные обвалы или пульсации;
7) сходы ледников могут быть спровоцированы землетрясением (ледник на склоне массива Цамбагарав в Монгольском Алтае сошёл через 13 дней после землетрясения с магнитудой 6,4) [1, 12] или крупными обвалами (ледник Колка, ледник на массиве Амнье Мачен (Amne Machin) в Восточном Тибете [8, 12]).

В результате анализа космоснимков на участок ледово-каменной лавины на горе Ронти (Индия) 7 февраля 2021 г. было выявлено, что в течение 2016-2021 гг. происходило развитие трещины на леднике, ставшей линией отрыва ледово-скального массива. А на соседнем леднике произошло два схода (обвала) с разницей во времени 16 лет, в течение которых ледник восстановился в прежних размерах [7, 14].

Несмотря на то, что накоплено много данных об условиях и факторах, способствующих сходу ледника или обвалу, оценка степени их угрозы остаётся сложной проблемой.

Были попытки предупредить о готовящемся обвале ледника на основе данных о появлении трещины на леднике Когутай в Баксанском ущелье Кабардино-Балкарии [2]. В дальнейшем анализ динамики поверхности ледника показал, что на этом участке трещины образуются довольно часто, и это не означает, что в ближайшее время случится обвал ледника [5].

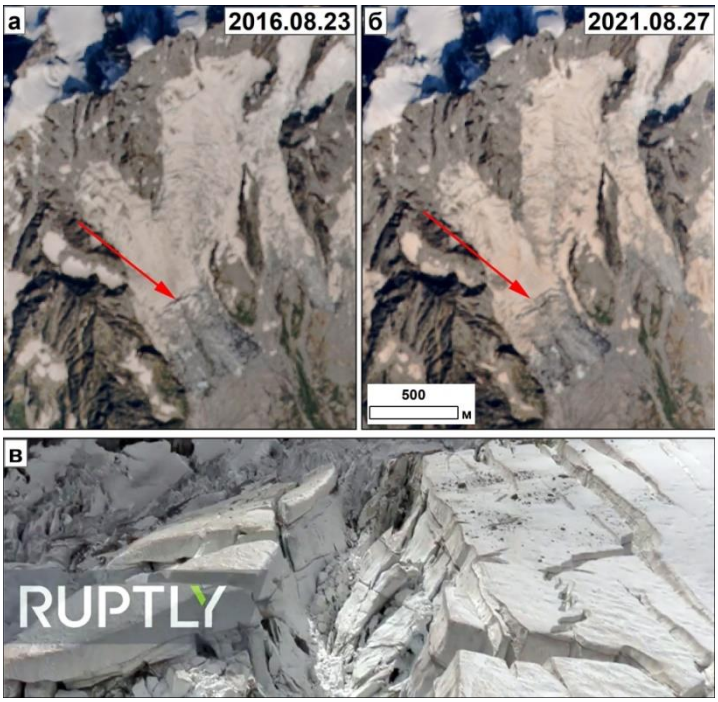


Рис. 1. Ледник Планпансьё: а – космоснимок Sentinel-2 от 23.08.2016 г., б – космоснимок Sentinel-2 от 27.08.2021 г., б – кадр видеоролика 2019 г. [11] – участок начала трещиноватой зоны ледника, отмеченный на фрагментах а и б стрелкой

Наблюдения за ледником Трифт в Альпах в 2017 г. с применением интерферометрической радиолокационной системы позволили на основе данных о пятикратном увеличении скорости движения ледника предупредить за сутки о готовящемся обвале льда (объёмом 400 тыс. м^3 и дальностью выброса 1 км) население и службы, и эвакуировать 220 жителей селения Саас-Грунд, расположенного в 4 км от

ледника [13]. На следующий год обвал произошёл на соседнем с ледником Трифт леднике Флетчхорн с дальностью выброса 970 м [5].

Длительное время проводится мониторинг ледника Планпансьё в Итальянских Альпах с применением камер и радаров [9, 10]. Практически ежегодно в период достижения скорости движения ледника до 1-1,5 м/сут в июле-августе прекращается движение на автомобильной трассе к курорту Курмайор и закрываются туристические маршруты. На рис. 1 показан ледник Планпансьё в период 2016-2021 гг.

Сравнение космоснимков показало, что граница зоны ледника разбитой на множество блоков с широкими зияющими трещинами остаётся неизменной из года в год. Ледник за последние 5 лет отступил на 30 м. В 2017 г. произошёл один крупный обвал льда (объёмом 55 тыс. $м^3$) [10]. Но каждый год на основе анализа динамики ледника ожидается обвал льда объёмом 250-500 тыс. $м^3$. Процессы, происходящие на леднике Планпансьё, показывают, что, несмотря на детальный мониторинг и доскональную изученность ледника, предвидеть, когда случится крупный обвал, не удаётся вследствие их сложности и многофакторности.

Авторы проводили мониторинг ледников на Центральном Кавказе на основе сравнения разновременных космоснимков и вертолётных снимков с целью выявить ледники с аномальным поведением, которые могли бы угрожать населению и объектам в горах. Были выявлены обвалы льда на леднике Бодорку в долине р. Гара-Аузусу в бассейне р. Чегем в 2018 г. Так же зафиксированы обвалы и на других ледниках: на леднике Птыш в 2020 г. в Домбае, на висячем леднике на склоне г. Уллукара над ледником Башкара в 2020 и 2021 гг., а также на участках ледопадов на ледниках Гарабаши, Терскол, Ирик, обвалы с висячих ледников Безенгийской стены с разной дальностью выброса, обычно не превышающей 1 км [5].

Обвалы льда с ледника Шантор в Девдоракском ущелье в Грузии в 2021 г. вследствие наступания ледника на участке скального уступа достигали дальности выброса более 2 км, со скальной стены над ледником Битюктюбе – 1,6 км.

Данные мониторинга обвалов льда на основе анализа космоснимков позволяют оценить зону их поражения и активность. Но важны также и оценки возможных обвалов с ледников, где такие явления ещё не зафиксированы. Такие оценки можно сделать на основе обнаружения перечисленных выше признаков подготовки к сходу или обвалу. В этом отношении можно привести пример ледника на горе Андыртау (3937 м) на правом склоне долины р. Баксан (рис. 2).

При дешифрировании на космоснимке 2010 г. (рис. 2 б) обнаружены следы сползания ледника от линии бергшрунда. При этом с обеих сторон сползающего тела ледника наблюдались частые трещины длиной 15-17 м с расстоянием между ними 5-8 м, рассекающие ледник поперёк. На расстоянии 15 м (с учётом наклона около 20 м) ниже от трещины бергшрунда появилась новая трещина, параллельная ей. Предположительно, на такое расстояние сползла масса льда. Сползающий блок на расстоянии 75 м от линии отрыва упёрся в скальный выступ с правой стороны, и ниже его уже трещин не видно. А нижний конец ледника упирался уже в левый скальный выступ. Таким образом, скальный рельеф склона, на котором лежит ледник, был ограничением для сползания льда вниз.

Можно сделать вывод о том, что существовали условия для обвала (обрушения) ледника, но они не были достаточны для того, чтобы обрушение произошло.

На вертолётном снимке 2013 г. (рис. 2г) видно, что поперечные трещины с левого и правого краёв ледника уже не такие чёткие, что свидетельствует о завершении процесса сползания ледника.

На вертолётном снимке 2016 г. и космоснимке 2017 г. (рис. 2 в, д) отчётливо видна новая трещина, которая образовалась в верхней части ледника около водораздельного гребня горы. Ниже трещины (но выше бывшего бергшрунда) на расстоянии около 70 м видно небольшое утолщение на леднике, что может также свидетельствовать о произошедшем небольшом сползании ледника. Далее ледник опять

стабилизировался. В 2021 г. обнаружена новая поперечная трещина в левой части ледника ниже былого бергшрунда (рис. 2е, показана стрелкой).

Причиной такой необычной динамики ледника могла быть повышенная сейсмическая активность на участке у вершины горы Андыртау. В работе [3] приведены данные о «рое» небольших землетрясений в январе 2018 г.(12 событий) на этом участке. Возможно, такие сейсмические события здесь были и раньше, что обусловило аномальное поведение ледника.

Анализ динамики ледника на горе Андыртау показывает, что подобные случаи могут быть выявлены и на других ледниках.

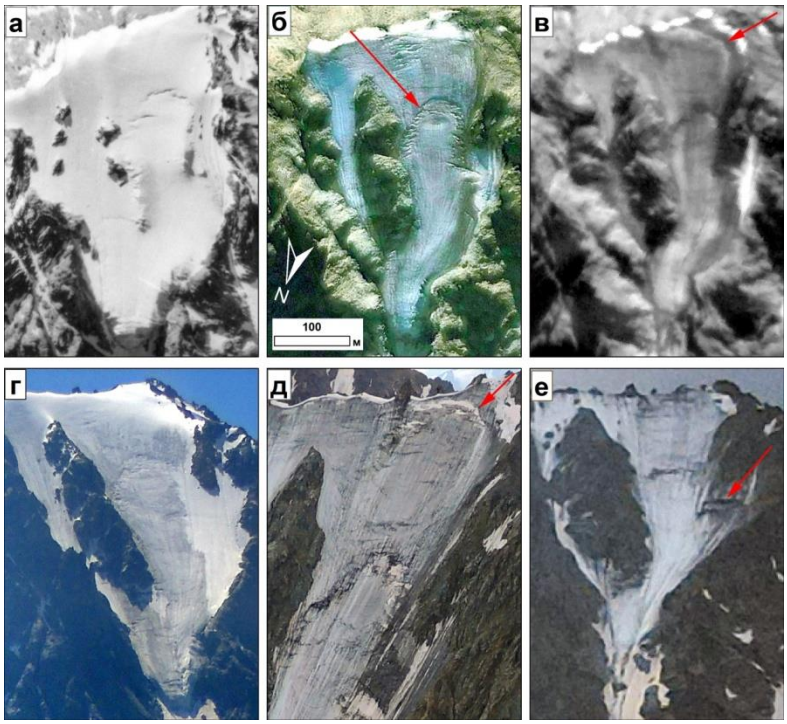


Рис. 2. Ледник на горе Андыртау: а – аэрофотоснимок 27.07.1988 г., б – космоснимок WorldView2 31.08.2010 (Yandex Maps), в – космоснимок Канопус 22.08.2017, г – вертолётный снимок М.Д. Докукина 22.08.2013 г., д – вертолётный снимок М.Д. Докукина 26.06.2016 г., е – снимок камеры квадрокоптера 07.08.2021 г. Стрелками показаны участки трещин на леднике

В результате анализа космоснимков Sentinel-2 за период 2015-2021 гг. была обнаружена подвижка ледника, ранее бывшего частью ледника Алибек, в период 2017-2018 гг. (рис. 3).

Детальное сравнение морфологии ледника на разновременных космоснимках позволило сузить временной интервал подвижки. В период с 05.09.2017 г. по 02.06.20218 г. значительных изменений в морфологии поверхности ледника не выявлено. Резкие изменения и раскрытие трещин произошло в период 2 июня-22 июня 2018 г. Движение продолжалось и в июле. На снимках августа уже изменений практически не было. Масштабы подвижки удалось определить только после таяния сезонного снежного покрова. Ледник наступил на 50-90 м. Увеличение площади составило 23 тыс. м^2. Скорость движения ледника могла достигать 1-2 м в сутки, как и в случае с ледником Планпансье в Альпах. Особенностью этого процесса было то, что подвижка ледника происходила на склоне крутизной 32°. Ледник совсем немного не дошёл до крутого

обрыва. Если бы движение ледника продолжилось, то он мог обрушиться всей массой вниз на ледник Алибек, и возможно пронёсся бы по долине р. Алибек. Таким образом, если бы своевременно был выявлен факт аномальной подвижки ледника, то были бы все основания для закрытия ущелья Алибек от посещения туристами.

После завершения подвижки в 2018 г. вышеуказанный ледник стал сокращаться, как и все остальные ледники района.

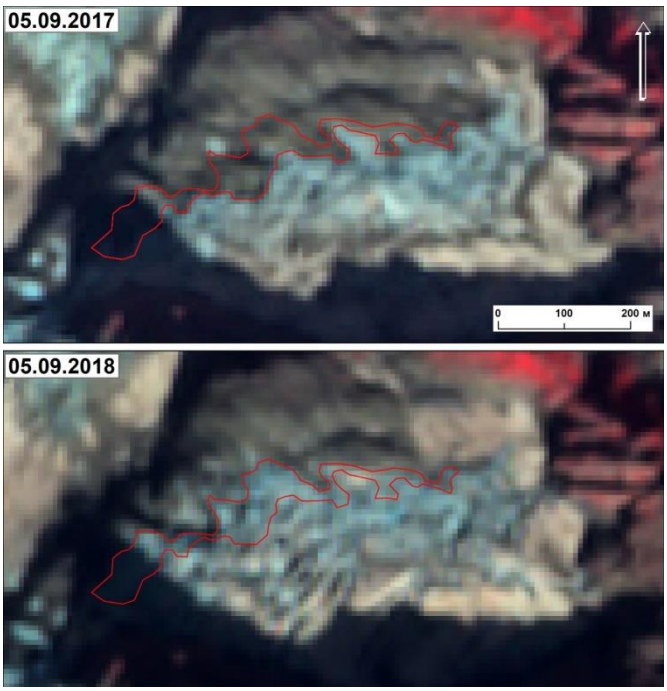


Рис. 3. Подвижка карового ледника на правом склоне цирка ледника Алибек в 2018 г. Красный контур – прирост площади ледника в результате подвижки

Анализ проявлений аномальной динамики ледников в разных районах мира показал, что на фоне общей резкой деградации оледенения некоторые отдельные ледники могут представлять угрозу их схода или обвала. Для своевременного выявления ледниковой опасности необходимо проведение целенаправленного постоянного мониторинга морфологии и динамики ледников на основе анализа разновременной аэрокосмической информации, поступающей с достаточно высокой периодичностью и имеющей разрешение, достаточное для выявления новых трещин и разломов на леднике. Дальнейшие наблюдения за процессами на выбранных участках с аномальной динамикой ледников целесообразно проводить с использованием наземных камер и радаров.

Литература

1. Цамбагаравское землетрясение 23 июля 1988 г. (Западная Монголия) / *Авдеев В.А., Нартов С.В., Балжинням И., Монхоо Д., Эрдэнбилэг Б.* // Геология и геофизика. 1989. Т. 30. №11. С. 118-124.
2. Проблемы защиты рекреационного комплекса Чегетская поляна в Приэльбрусье от ледяных и снежных лавин / *Алейников А., Володичева Н., Олейников А., Петраков Д.* // Геориск. 2009. № 1. С. 4-9.
3. Аномальная подвижка оползня Бузулган в долине р. Герхожан-Су (Центральный Кавказ) в 2020 г./ *Беккиев М.Ю., Докукин М.Д., Калов Р.Х., Мальнева И.В., Анаев М.А., Висхаджиева К.С.*

// ГеоРиск. 2020. Т. 14. № 4. С. 44-54.
4. Признаки подготовки катастрофических сходов ледников (анализ разновременной космической информации) / *Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Р.Х., Савернюк Е.А., Черноморец С.С.* // Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии. Коллективная монография. / Под редакцией *А.В. Николаева, В.Б. Заалишвили.* 2019. С. 522-528.
5. Результаты мониторинга обвалов льда с использованием аэрокосмической и наземной информации / *Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Х.М., Калов Р.Х.* // Доклады Адыгской (Черкесской) Международной академии наук. 2020. Т. 20. № 3. С. 60-68.
6. Активизация обвалов на Центральном Кавказе и их влияние на динамику ледников и селевые процессы/ *Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Р.Х., Черноморец С.С., Савернюк Е.А.* // Лёд и снег. 2020. Т. 60. № 3. С. 361-378.
7. Мониторинг обвалов, оползней и других разрушительных процессов в высокогорной зоне на основе анализа разновременных космоснимков / *Докукин М.Д., Беккиев М.Ю., Калов Р.Х., Савернюк Е.А., Черноморец С.С.* // Изучение опасных природных процессов и геотехнический мониторинг при инженерных изысканиях. Материалы Общероссийской НПК. Москва: ООО «Геомаркетинг», 2021. С. 59-68.
8. *Тутубалина О.В., Черноморец С.С., Петраков Д.А.* Ледник Колка перед катастрофой 2002 года: новые данные // Криосфера Земли. Т. IX. №4. С. 62-71.
9. Dematteis N., Giordan D., Troilo F., Wrzesniak A., Godone D. Ten-Year Monitoring of the Grandes Jorasses Glaciers Kinematics. Limits, Potentialities, and Possible Applications of Different Monitoring Systems. Remote Sens. 2021. 13. 3005. https://doi.org/10.3390/rs13153005.
10. Giordan D., Dematteis N., Allasia P., Motta E. (2020). Classification and kinematics of the Planpincieux Glacier breakoffs using photographic time-lapse analysis. Journal of Glaciology 66(256), Pp. 188–202. https://doi.org/10.1017/jog.2019.99.
11. Italy: Mont Blanc glacier on verge of collapse https://www.youtube.com/watch?v=GMOVKD1UHGI
12. Kääb A., Jacquemart M., Gilber A., Leinss S., Girod L., Huggel Ch., Falaschi D., Ugalde F., Petrakov D., Chernomorets S., Dokukin M., Paul F., Gascoin S., Berthier E., S. Kargel J. Sudden large-volume detachments of low-angle mountain glaciers – more frequent than thought? Cryosphere. 2021. vol. 15. No. 4. Pp. 1751-1785.
13. Meier L., Jacquemart M., Steinacher R., Jäger D. and Funk M. (2018) Monitoring of the Weissmies Glacier before the failure event of September 10, 2017 with Radar Interferometry and High-Resolution Deformation Came Proceedings, International Snow Science Workshop, Innsbruck, Austria. Pp. 661-664.
14. Shugar D.H., Jacquemart M., Shean D., Bhushan S., Upadhyay K., Sattar A., Schwanghart W., McBride S., Van Wyk de Vries M., Mergili M., Emmer A., Deschamps-Berger C., McDonnell M., Bhambri R., Allen S., Berthier E., Carrivick J.L., Clague J.J., Dokukin M., Dunning S.A., Frey H., Gascoin S., Haritashya U.K., Huggel C., Kääb A., Kargel J.S., Kavanaugh J.L., Lacroix P., Petley D., Rupper S., Azam M.F., Cook S.J., Dimri A.P., Eriksson M., Farinotti D., Fiddes J., Gnyawali K.R., Harrison S., Jha M., Koppes M., Kumar A., Leinss S., Majeed U., Mal S., Muhuri A., Noetzli J., Paul F., Rashid I., Sain K., Steiner J., Ugalde F., Watson C.S., Westoby M.J. A massive rock and ice avalanche caused the 2021 disaster at Chamoli, Indian Himalaya. Science, 16 Jul 2021, vol. 373, issue 6552. Pp. 300-306. DOI: 10.1126/science.abh4455.

УДК 550.34 DOI:10.34708/GSTOU.2021.54.41.032

ПРОСТРАНСТВЕННО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕЙСМИЧНОСТИ АНАПСКО-ГЕЛЕНДЖИКСКОЙ СЕЙСМОАКТИВНОЙ ЗОНЫ

© Бондаренко Н.А., Любимова Т.В.

КубГУ, г. Краснодар

В работе рассмотрена Анапско-Геленджикская сейсмоактивная зона, для которой выполнены сейсмотектонические исследования с применением линеаментного анализа и методов пространственной статистики. Обработка пространственных данных осуществлялась с использованием современных программных продуктов ArcGIS (США) и PCI Geomatica (Канада). В качестве основного принципа определения активности тектонических структур были выбраны современные сейсмособытия, пространственно-статистический анализ которых позволил выявить участки сгущения линеаментов. Была выполнена кластеризация сейсмических событий по значению магнитуд. определено, что кластеры соответствуют в большей степени линейным сейсмогенерирующим структурам, а не морфоузлам.

Ключевые слова: *линеаментный анализ, сейсмичность, пространственная статистика, интегрированные ГИС, кластеризация сейсмособытий.*

В последние десятилетие наблюдается резкое увеличение информационных потоков пространственных данных, включая системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Среди основных направлений использования ДЗЗ для геологических исследований выделяют: структурный анализ поверхности Земли, определение линейных структур (разломов, геологических границ), тектоническое районирование и др. Среди всего разнообразия наиболее важным для территорий с повышенной сейсмической активностью является использование интегрированных ГИС и систем обработки данных ДЗЗ для оценки угроз тектонического и сейсмологического характера.

На сегодняшний день существуют разные программные средства, разработанные для пространственного анализа данных. Однако специалисты зачастую слабо информированы о них. Это связано, в первую очередь, с тем, что для большинства программ разработчиками являются зарубежные компании (Geomatica (Канада), Idrisi Selva, TerrSet (США), SAGA (Германия)) и по большей части – все эти программы коммерческие [10].

Как известно, участки с активными современными тектоническими движениями и некоторыми типами тектонических структур нередко оказываются неблагоприятными для условий строительства капитальных объектов [3]. Активное тектоническое влияние сказывается в современных пликативных, разрывных, и инъективных относительно медленных движениях и практически мгновенных сейсмотектонических смещениях. Многие исследователи с разных позиций производили сопоставление тектонических и сейсмических данных, устанавливали существование палеосейсмодислокаций и прочее. [2, 4, 5, 8]. В настоящей работе был использован подход, базирующийся на сейсмичности, как основном критерии выявления активных тектонических структур, анализе их пространственного распределения и сейсмическом потенциале с использованием современных программных продуктов ArcGIS и PCI Geomatica.

Для Северо-Западного Кавказа отмечается концентрация эпицентров землетрясений в двух крупных сейсмоактивных зонах: Сочинской и Анапско-Геленджикской и практически полное отсутствие сейсмических проявлений в центральной «асейсмичной» области, разделяющей данные зоны [1, 6]. В работе сейсмотектонические исследования рассматриваются на примере Анапско-Геленджикской зоны.

В качестве средства построения карт и схем использовалась среда приложения ArcMap геоинформационной системы ESRI ArcGIS 10 (США). Все карты были построены в проекции Гаусса-Крюгера (зона 7; осевой меридиан 39° в.д.) с использованием системы координат «Пулково 1942» для эллипсоида Красовского.

Линеаментный анализ. Приуроченность очагов землетрясений к участкам пересечения сейсмогенерирующих структур определяется методом сейсмоактивных узлов [7]. Предполагается, что данные структуры явно выражаются в рельефе и могут быть выделены в качестве линеаментов при морфоструктурном анализе и дешифрировании космоаэрофотоснимков.

В качестве исходных данных для проведения линеаментного анализа использовались космические снимки американского спутника Landsat 8 [9]. Для автоматизированной компьютерной идентификации линеаментов применен инструмент растрового ГИС-анализа «LINE» программного комплекса PCI Geomatica. Алгоритм данного инструмента состоит из трёх последовательных операций: выявление границ между участками с различными характеристиками отражаемости, фильтрацию по пороговым значениям и построение линеаментов. Варьируя параметры данных операций (радиус окна фильтра, пороговые значения градиента отражаемости, отклонения от прямой, минимальной длины разрыва и углового отклонения) возможно, получать выходные данные различной степени детальности и соотношения шум/полезная информация. Полученные системы линеаментов анализировались на предмет соответствия особенностям рельефа, геологического строения и сейсмического поля.

Пространственный анализ. В рамках пространственного анализа были построены карты плотности линеаментов и суммарной энергии землетрясений с помощью инструментов «Line Density» «Point Density» модуля «Spatial Analyst» приложения ArcMap. С помощью данных инструментов рассчитывалось общее количество (для точечных объектов) и протяженность (для линейных объектов) на единицу площади. При анализе сейсмических событий учитывалась их суммарная магнитуда с помощью функции «population». В результате создана шкала значений функции плотности по магнитуде в условных единицах, позволяющая качественно оценить суммарную сейсмическую энергию за период наблюдений в данной точке по отношению к остальной территории.

Статистический анализ. Дальнейшим шагом было использование инструментов модуля пространственной статистики («Spatial Statistics») приложения ArcMap для выявления закономерностей в распределении сейсмических событий и использования результатов статистической обработки для выделения зон возможных очагов землетрясений на территории Геленджикского участка в масштабе 1:500 000.

Инструменты пространственной статистики позволяют рассчитать для выборки объектов характеристики их пространственных взаимоотношений, а также z-оценку (z-критерий Фишера) и p-значение относительно нормального распределения. Для установления зависимости между полученным распределением сейсмических событий и их параметрами (магнитуда, глубина очага) были рассчитаны с помощью соответствующих инструментов индекс пространственной автокорреляции (общий индекс Морана) и индекс кластеризации (общий индекс Геттиса-Орда). Инструмент пространственной автокорреляции позволяет оценить, является ли модель сгруппированной (кластерной), рассредоточенной (дисперсионной) или случайной. Когда z-оценка или p-значение указывают на статистическую значимость, положительный индекс Морана свидетельствует о тенденции к кластеризации, а отрицательный – о тенденции к дисперсному распределению объектов (сейсмических событий).

Для картографирования полученных кластеров был использован инструмент «Анализ горячих точек», рассчитывающий статистический показатель «Getis-Ord Gi*» для каждого объекта в наборе данных в контексте соседних объектов. В качестве входных данных в анализе «горячих точек» были использованы как отдельно взятые

объекты (эпицентры сейсмических событий), так и квадраты прямоугольной сетки, размером 5х5 км с присвоенными им средними значениями магнитуды.

Полученные результаты. В ходе проведенных сейсмотектонических исследований была составлена карта современной сейсмичности Анапско-Геленджикской зоны (рис. 1), при визуальном анализе которой наблюдается группирование эпицентров вдоль прямолинейных отрезков, т.е. сейсмолинеаментов. Распределение эпицентров сейсмособытий вдоль линеаментов имеет практически непрерывное распределение, а участки, лежащие между ними, являются практически асейсмичными.

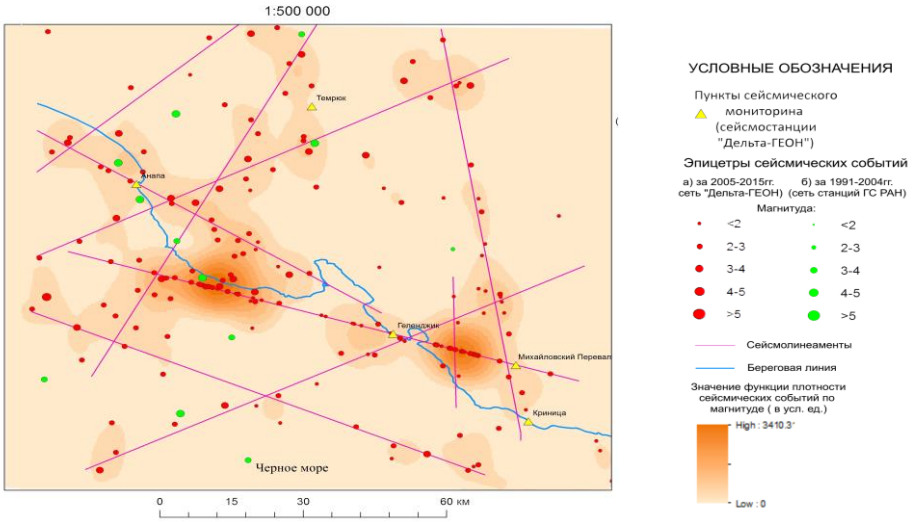


Рис. 1. Карта современной сейсмичности Анапско-Геленджикской зоны

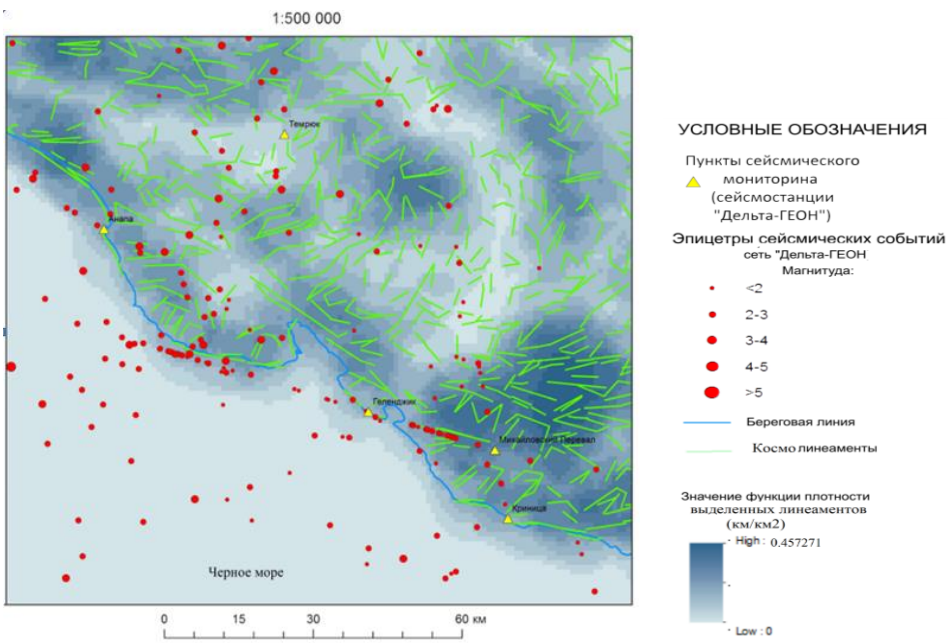
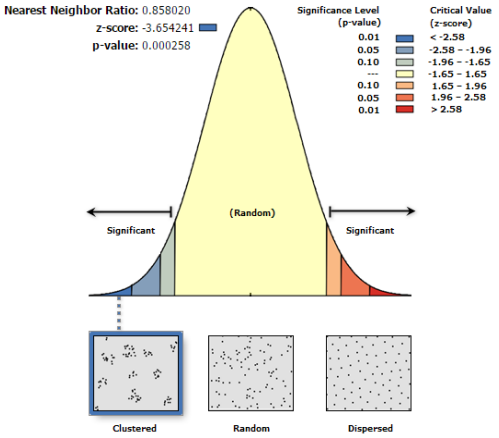
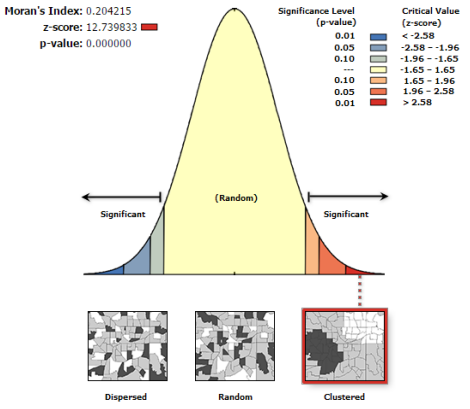


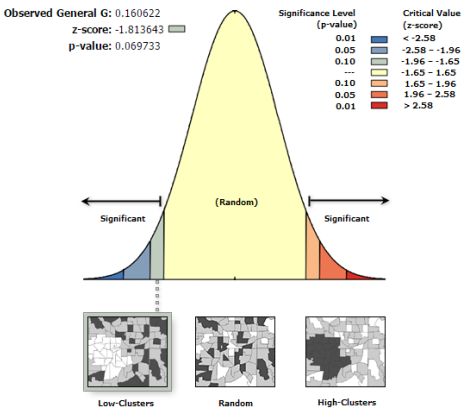
Рис. 2. Карта рельефообразующих линеаментов Анапско-Геленджикской сейсмоактивной зоны



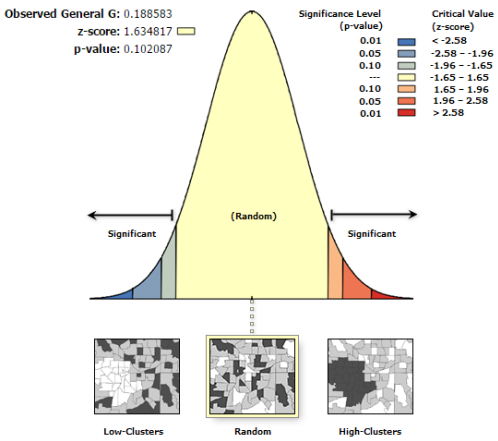
Результат расчета индекса среднего ближайшего соседства



Результат расчета общего индекса Морана по магнитуде сейсмических событий



Результат расчета индекса Геттиса-Орда по магнитуде сейсмических событий



Результат расчёта расчета индекса Геттиса-Орда по глубине сейсмических событий

Рис. 3. Результаты пространственно-статистического анализа

Кроме этого, по результатам анализа космоснимков была составлена карта рельефообразующих линеаментов (рис. 2). Наибольшей информативностью (соответствие выделенных линеаментов элементам рельефа и тектоническим структурам при заданном уровне детализации) при этом обладают прошедшие процедуру паншарпенинга снимки спектральных каналов ближнего инфракрасного диапазона (B5–B7) и дальнего инфракрасного диапазона (B10–B11). По заданным линеаментам был составлен растр их плотности, отражающий значение длины линеаментов на единицу площади карты (км/км^2). Полученная картина распределения плотностей позволяет выделить участки сгущения линеаментов вдоль Маркотхского хребта и вдольбереговых хребтов. Поперечные зоны и очаги активизации сейсмических процессов на данной карте не проявлены. Повышенная плотность в большей степени соответствует вертикальной и горизонтальной расчлененности рельефа, нежели тектоническим структурам.

Результаты пространственно-статистического анализа приведены на рисунке 3. Статистический анализ среднего ближайшего соседства по эпицентрам сейсмических

событий показал значение Z-оценки, равное -3.654 от величины стандартного отклонения, что говорит о вероятности случайного распределения точек, составляющей менее 1%. Таким образом, в распределении эпицентров сейсмических событий на данной территории наблюдается ярко-выраженная кластеризация.

Общий индекс Морана, рассчитанный по магнитуде составляет 0,204 и характеризуется Z-оценкой 12,74, что говорит об однозначной зависимости между магнитудой событий и степенью их кластеризации. Индекс Геттиса-Орда равен 0,16 при значении Z-оценки -1,81 и уровне значимости (p-значение) 0,06, что говорит о кластеризации в пределах исследуемого участка сейсмособытий с низкими значениями магнитуд.

Общий индекс Морана, рассчитанный по глубине очага составляет 0,078 при значении Z-оценки, равном 5,15, что указывает на общую кластеризацию сейсмособытий с близкими значениями глубин. Однако, значение индекса Геттиса-Орда, равное 0,188 при значении Z-оценки 1,63 и уровне значимости, равном 0,1, говорит о случайном распределении сейсмособытий по глубине.

На рисунке 4 приведена карта «горячих и холодных точек», очагов сейсмических событий, обладающих повышенными или пониженными значениями магнитуд, относительно их окрестности. Данная карта позволяет установить увеличение интенсивности сейсмической активности с востока (от г. Геленджика) на запад (к г. Анапа). Также следует отметить концентрацию сейсмических событий низкого энергетического класса, расположенную восточнее г. Геленджик.

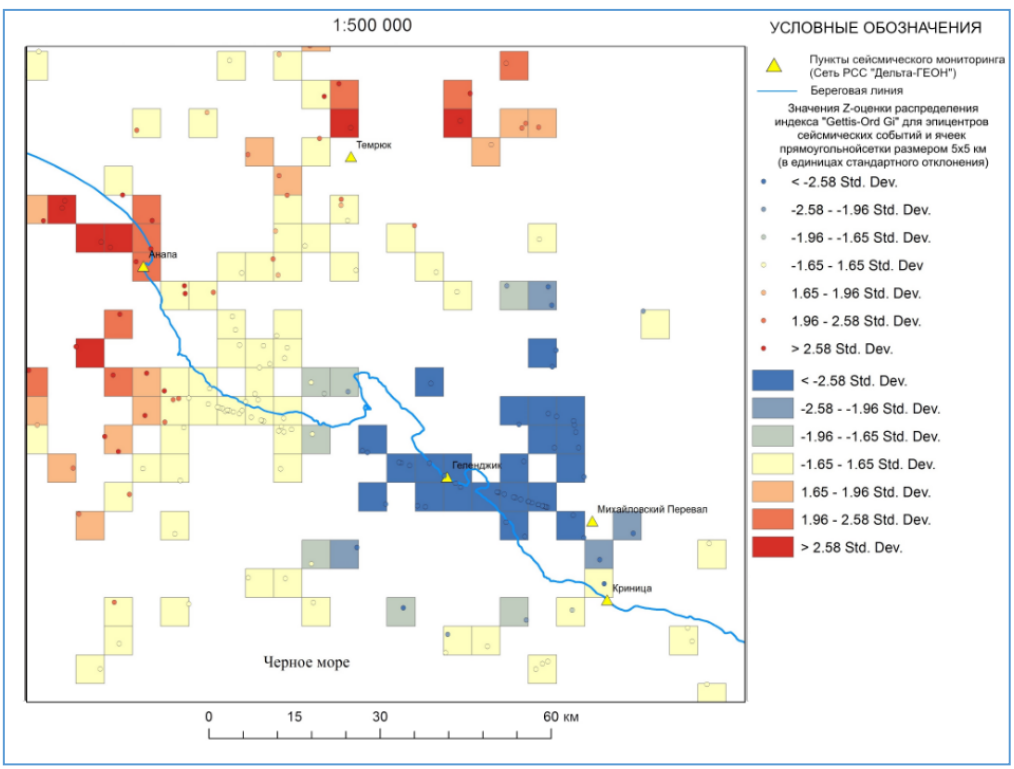


Рис. 4. Карта «горячих и холодных точек»
Анапско-Геленджикской сейсмоактивной зоны

Выводы. Пространственно-статистический анализ современной сейсмичности Анапско-Геленджикской сейсмоактивной зоны позволил:

- выявить участки сгущения линеаментов, связав их в большей степени с расчлененностью рельефа, чем с активными тектоническими структурами;

-провести кластеризацию сейсмических событий по значению магнитуд;

- определить, что кластеры соответствуют в большей степени линейным сейсмогенерирующим структурам, а не морфоузлам.

Таким образом, использование программных продуктов повышает точность картографических построений и может служить технологией принятия геологических решений при помощи геоинформационных систем.

Литература

1. *Ананьин И.В.* Сейсмичность Северного Кавказа. М.: Наука, 1977. 149 с.
2. *Греков И.И., Пруцкая Л.Д., Круткина О.Н.* Сейсмотектонические зоны Северного Кавказа // Материалы XXXVIII Тектонического совещания «Тектоника земной коры и мантии». М. 2005. С. 182-185.
3. *Несмеянов С.А.* Инженерная геотектоника. М.: Наука, 2004. 780 с.
4. *Овсюченко А.Н.* Сейсмотектоника и элементы современной геодинамики Северо-Западного Кавказа по данным палеосейсмогеологических исследований. М.: ИФЗ РАН, 2006. 173 с.
5. *Островский А.Б.* Палеосейсмотектонические дислокации на Черноморском побережье Северо-Западного Кавказа в связи с оценкой современной сейсмической опасности этой территории // Комплексные исследования Черноморской впадины. М.: Наука, 1970. С. 46–58.
6. Отчёт по подготовке к изданию листов L-37-XIX, XXV, XXXIII, XXIV Госгеолкарты РФ масштаба 1:200000 / ФГУП Кавказгеолсъёмка; рук. *С.Г. Корсаков*; исполн.: *С.Г. Корсаков, И.Н. Семенуха, В.М. Андреев*. Ессентуки. 2002. 374 с.
7. *Ранцман Е.Я.* Места землетрясений и морфоструктура горных стран. М.: Наука, 1979. 170 с.
8. *Стогний Г.А., Стогний В.В.* Сейсмотектоническая модель Северо-Западного Кавказа: геолого-геофизический аспект // Физика Земли. 2019. №4. С.124-132.
9. Характеристика спектральных каналов спутников миссии Landsat – [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites (дата обращения: 25.09.2021).
10. *Шокин Ю.И., Потапов В.П.* ГИС сегодня: состояние, перспективы, решения // Вычислительные технологии. 2015. Том 20. №5.

УДК 550.34.034 DOI:10.34708/GSTOU.2021.43.20.033

О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

© Виноградов Ю.А., Габсатарова И.П.

ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск

По данным федеральной системы сейсмологических наблюдений сообщается, что южная часть территории Чеченской Республики испытывает сейсмическую активизацию последние два года. Активизация связана с диагональной Даттых-Ахловской зоной ВОЗ, известной ранее проявлением сильнейших землетрясений, самое заметное из которых Черногорское 28.07.1976 с M=6.2 (M=6.4). По уровню магнитуд M=5÷5.5 зона испытывает затишье, начиная с 1984 года. Отмечается факт миграции эпицентров со скоростью 1.5–2 км в год вдоль диагональной Даттых-Ахловской погребённой шовно-сдвиговой зоны в направлении с северо-запада на юго-восток в район 7-ми балльного Аргунского землетрясения 1966 г. с M=5. Обосновывается необходимость создания региональной сети сейсмических станций на территории Чеченской Республики.

***Ключевые слова**: сейсмическая активизация, Терско-Сунженская сейсмогенная зона, Черногорская и Даттых-Ахловская зоны ВОЗ, сейсмическая станция.*

12 декабря 2020 г. в 21^h29^m (UT) на юге Чеченской Республики произошло ощутимое землетрясение с *Mw*=4.8 (GCMT). Землетрясение сопровождалось афтершоками (около 200), особенно активно в первые два месяца после основного толчка. Эта серия землетрясений произошла в районе сочленения южного борта Терско-Каспийского передового прогиба со структурами северного склона Большого Кавказа, в Терско-Сунженской сейсмогенной зоне, и связана, по нашему мнению, с Даттых-Ахловской погребённой шовно-сдвиговой зоной [8]. По данным ФИЦ ЕГС РАН [4], землетрясение 12 декабря ощущалось в населённых пунктах Чеченской Республики с интенсивностью, достигающей 5-6 баллов по 12-балльной шкале ШСИ-17 [3], в ближней к эпицентру зоне: в Мартан-Чу, Танги-Чу, Рошни-Чу, Урус-Мартан, Гехи; с интенсивностью 5 баллов в Чечен-Ауле, Гой-Чу, Валерике, Гикало, Алхан-Кале, Алхан-Юрте, Шалажи, Катар-Юрте, Гойтах.

20 октября 2021 г. в этой же очаговой зоне происходит еще одно ощутимое землетрясение с *Mw*=4.6, по предварительным данным с интенсивностью 5 баллов в населенных пунктах Алхан-юрт и Гойты, 4-5 баллов – в населенных пунктах Урус-Мартан (восточная окраина), Алхан-кала, Октябрьское, пос. Черноречье (зап. окраина г. Грозного) Алхазурово, Гой-чу.

Проявление возросшей сейсмической активности в 2020 –2021 гг. наблюдается в 20 км близости к очаговой зоне 8–9-балльного Черногорского землетрясения 1976 г. с *M*=6.2 [6] и в 10 км зоне 6-ти балльного 4 марта 1984 г. Ранее в 60-х годах прошлого столетия в междуречье р. Асса и Аргун произошли два 7-балльных землетрясения: Аргунское 2 марта 1966 г. с M=5.0 и Ачхой-Мартановское 18 июня 1969 г. с M=5.0 (рис. 1). Эпицентры всех названных очагов располагаются вдоль диагональной Даттых-Ахловской погребённой шовно-сдвиговой зоны, перемещаясь вдоль нее с северо-запада к юго-востоку. Современные очаги 12 декабря 2020 г. и 20 октября 2021 г. приближаются к эпицентральной области Аргунского землетрясения 2 марта 1966 г. и расположены в зоне пересечения Черногорской и Даттых-Ахловской зон ВОЗ (рис. 2). Следует отметить, что Черногорская зона ВОЗ своей северной частью непосредственно захватывает территорию г. Грозного. Она связана с субмеридиональной зоной поперечного дробления, имеющей глубокое заложение. Здесь происходит пересечение тектонических структур кавказского и антикавказского простирания. В данной

сейсмоактивной зоне максимальная наблюдённая магнитуда принадлежит Черногорскому землетрясению 1976 г. (M=6.2) [6], прогнозная M_{max}=6.5. Даттых-Ахловская зона ВОЗ разделяется Черногорской зоной на два участка: Западный – Серноводский (максимальная наблюдаемая магнитуда M=5.4 в 1981 г.) и Восточный – Аргунский (максимальная наблюдаемая магнитуда M=5.2 в 1933 г.). В линеаментно-доменной модели, используемой при построении карт общего сейсмического районирования РФ (ОСР-2016), обоим участкам зоны приписана магнитуда M_{max}=6.0.

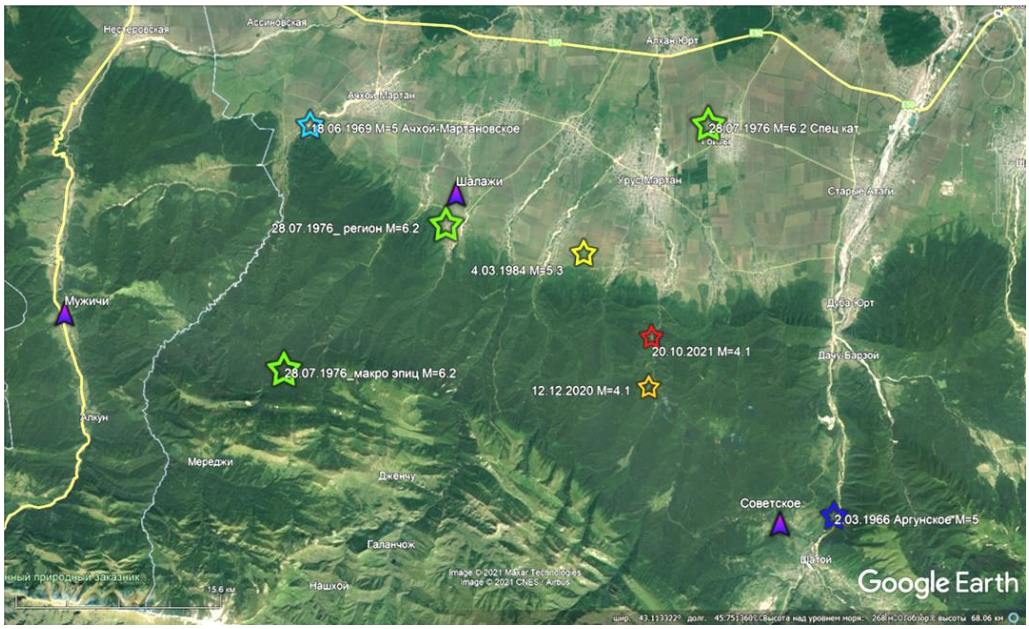


Рис. 1. Положение эпицентров сильных землетрясений в междуречье р.Асса и Аргун

Зелеными звездами показаны варианты локации сильнейшего в этой области землетрясения 28.07.1976 с M=6.2. Лиловые треугольники показывают места станций локальной сети.

Имеющиеся данные по анализу сейсмической обстановки в этом районе говорят о следующем.

В работе [5] по комплексу геолого-геоморфологических, геофизических и сейсмологических материалов, неотектонического и историко-тектонического районирования выделены сейсмогенерирующие структуры, на основе которых выделены зоны ВОЗ. Район нашего исследования относится к Терско-Сунженской сейсмогенной зоне, ближайшие зоны возникновения очагов землетрясений (ВОЗ) – Черногорская и Даттых-Ахловская (рис. 2).

Средняя глубина залегания сейсмоактивного слоя для территории юга Чеченской Республики по [5] составляет 16.4 км. Следует учесть замечание, что «данные по внутреннему строению в 60–80 км зоне вокруг Грозного свидетельствуют, что верхний 10-ти километровый слой земной коры вряд ли в состоянии накапливать напряжения, достаточные для возникновения землетрясений с магнитудами M> 5». Это подтверждается последними инструментальными данными очагов землетрясений (интервал h=10–20 км). При уточнении параметров афтершоков землетрясения 12 декабря 2020 г. методом двойных разностей средняя глубина гипоцентров составила 15±4 км (рис. 3).

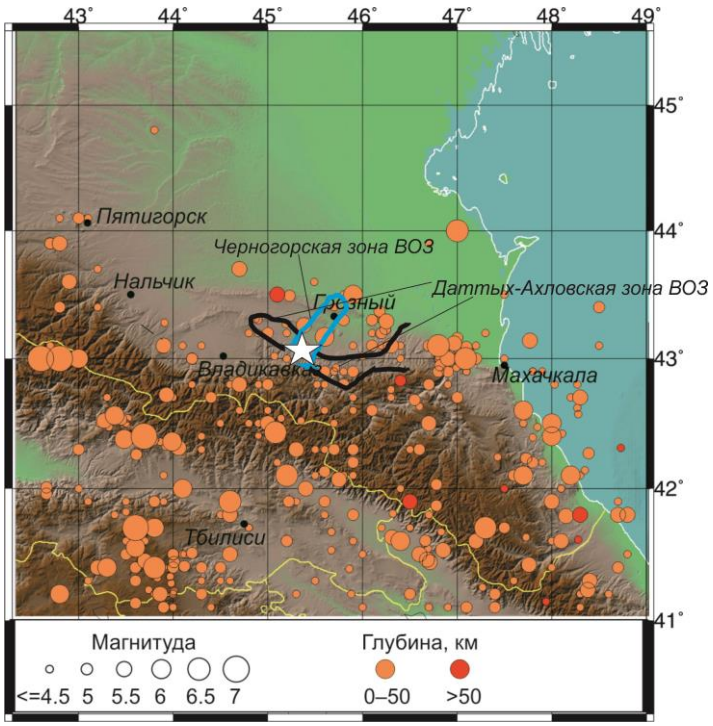


Рис. 2. Карта наиболее сильных землетрясений. Контуром показаны зоны ВОЗ, звездой местоположение очагов 12 декабря 2020 г. и 20 октября 2021 г.

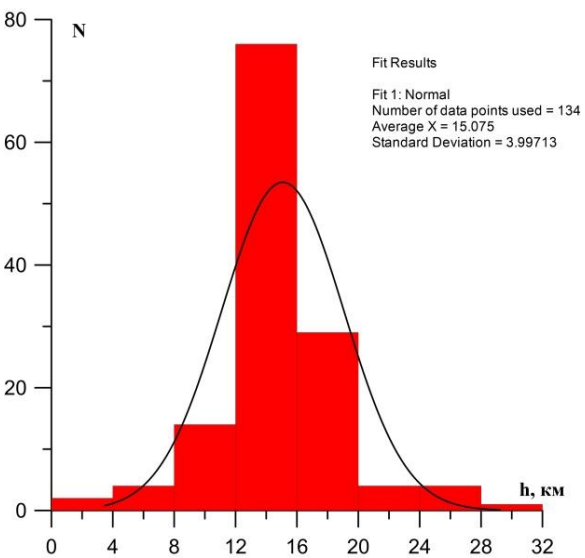


Рис. 3. Распределение глубин гипоцентров афтершоков землетрясения 12.12.2020 г.

Последние исследования сейсмического режима в этой зоне показывают [7], что наклон графика повторяемости – параметр *b* при работах 2015 и 2021 г. остался практически неизменным: *b*=0.964±0.013 (2015 г.) и 0.957±0.013 (2021 г.).

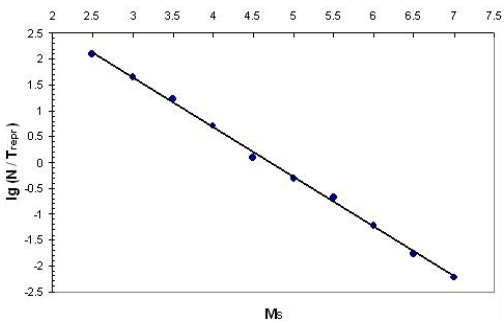


Рис. 4. Региональный график повторяемости в интервале магнитуд $2.5 \leq M_S \leq 7.0$ по материалам 2015 г.

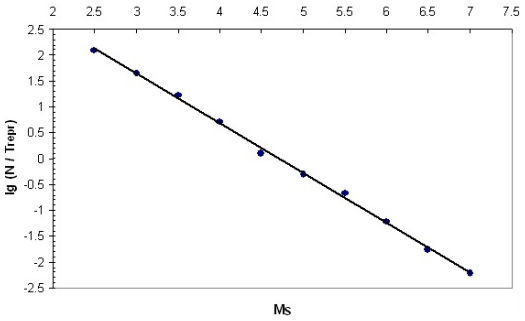


Рис. 5. Региональный график повторяемости в интервале магнитуд $2.5 \leq M_S \leq 7.0$ по материалам 2021 г.

В аналитической форме графики повторяемости по материалам 2015 (формула (1)) и 2021 г. (формула (2)) имеют вид:

$$\lg(N/T_{repr}) = -(0.964 \pm 0.013) \cdot M_S + 4.531 \pm 0.101, \; R_C = 0.9992, \quad (1)$$

$$\lg(N/T_{repr}) = -(0.957 \pm 0.013) \cdot M_S + 4.484 \pm 0.097, \; R_C = 0.9993. \quad (2)$$

Видно, что формулы (1) и (2) практически идентичны, некоторые различия по параметру b наблюдаются только в третьем знаке. Это свидетельствует о высокой устойчивости параметров сейсмического режима во времени, по крайней мере, за сравнительно небольшие временные интервалы (в данном случае за шесть лет), несмотря на то, что каталог 2021 г. приблизительно на 16% больше каталога 2015 года.

При этом среднее отклонение значений $A_{3.3}$ в ячейках матрицы $A_{3.3}$ 2021 г. от таковых в ячейках матрицы $A_{3.3}$ 2015 г. составило приблизительно 13%. Небольшое увеличение средней сейсмической активности в матрице $A_{3.3}$ в 2021 г. по сравнению с матрицей $A_{3.3}$ 2015 г., вероятно связано с увеличением числа регистрируемых слабых землетрясений.

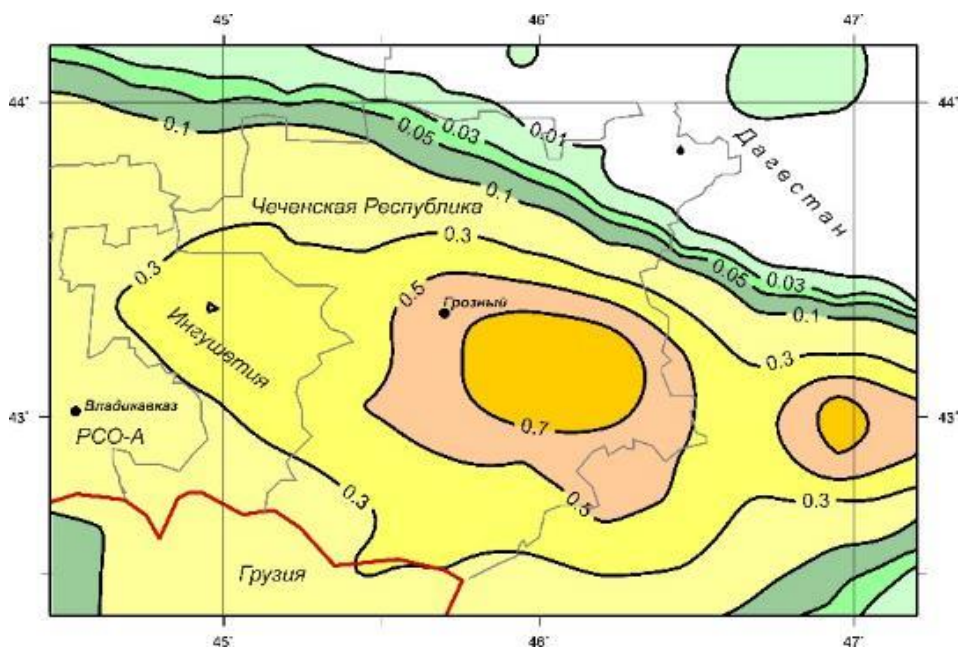


Рис. 6. Карта сейсмической активности $A_{3.3}$ по материалам работ в 2015 г.

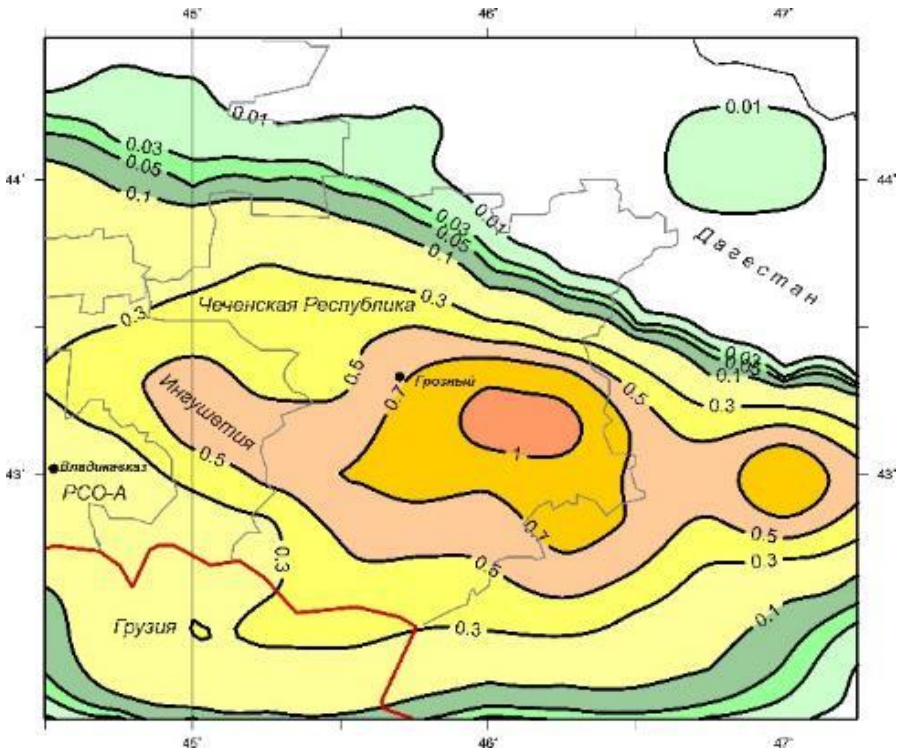


Рис. 7. Карта сейсмической активности $A_{3.3}$ по материалам работ в 2021 г.

Таким образом, сейсмическая активизация с основными очагами 12 декабря 2020 г. и 20 октября 2021 г. в междуречье р. Асса и р. Аргун может быть связана как с разрядкой накопившихся напряжений, так и подготовкой более сильного землетрясения в этой потенциально опасной зоне, где по экспертным оценкам возможно землетрясение с M_{max}=6.5. В том и другом случае необходимо уделить этой зоне пристальное внимание. Отмечен факт миграции эпицентров землетрясений со скоростью 1.5–2 км в год вдоль диагональной Даттых-Ахловской погребённой шовно-сдвиговой зоны в направлении с северо-запада на юго-восток в район 7-ми балльного Аргунского землетрясения 1966 г. с M=5. По уровню магнитуд M=5 в этой зоне ВОЗ с 1984 года наблюдается затишье.

С Даттых-Ахловской шовно-сдвиговой погребенной зоной связано большое количество землетрясений, которые тяготеют к трем структурным узлам. Первый расположен к востоку от г. Назрань. Второй – Черногорский структурный узел (примерно в районе п. Урус-Мартан), характеризуется Черногорским землетрясением 28.07.1976 г. и 04.03.1984 г. Третий сложный узел находится в районе п. Шатой (бывшее название Советское) и связан с сочленением юго-восточного окончания Даттых-Ахловской зоны с Буйнакской флексурно-разрывной зоной и с восточным ограничением широкой Грозненской поперечной зоны. Здесь возможны очаги разной направленности.

На территории Чеченской Республики в настоящее время состояние сети сейсмических наблюдений неудовлетворительно. Здесь установлено только две станции: в 15 *км* к юго-востоку от Грозного в п. Чечен-Аул (код станции GROC) и в п. Дышне-Ведено (код станции DVE). Они находятся в 30 и 50 км от района активности. Причем, следует отметить, что уровень сейсмического шума по средним годовым оценкам на станции Грозный значительно вырос в последние годы (рис. 8) и уже приближается в дневное время к предельно допустимому уровню в сравнении со среднемировыми оценками шума по [9].

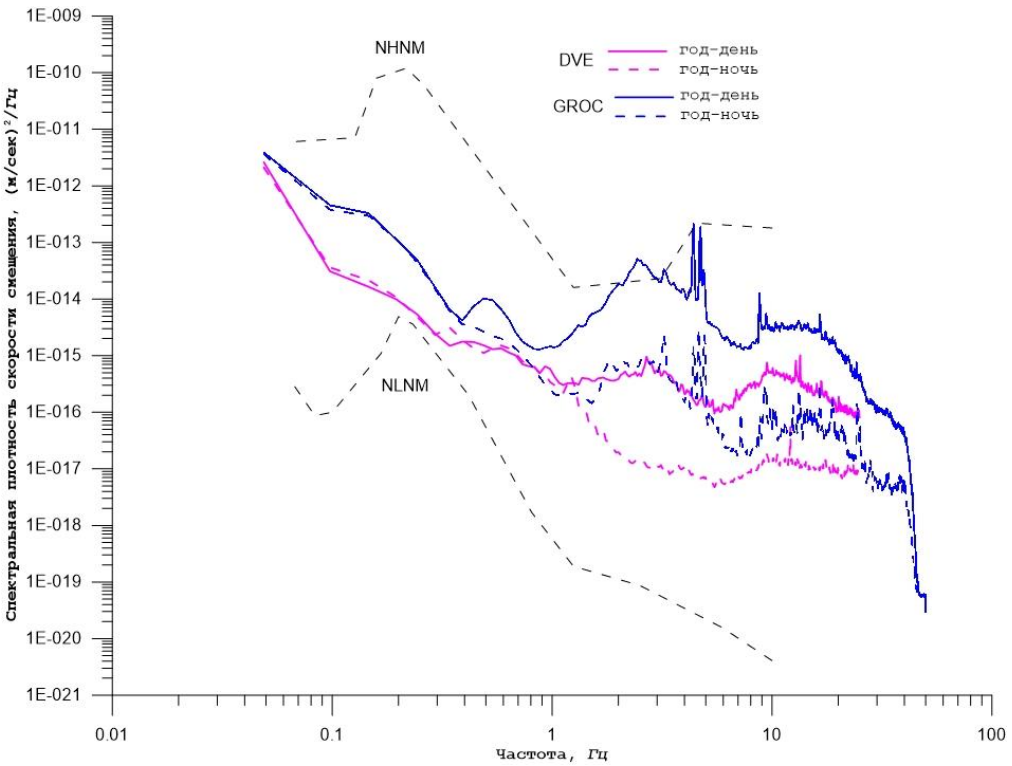


Рис. 8. Сравнение спектров мощности сейсмического шума на станциях Грозный и Ведено с среднемировыми уровнями сейсмического шума по [9]

На соседних территориях Республик Дагестан и Северная Осетия-Алания развернуты сети из 16 и 12 станций соответственно и, только благодарю этому, обеспечивается представительность землетрясений на территории Чеченской Республики с K_{Pmin}= 6.5 и выше. Такая представительность позволяет регистрировать все ощутимые землетрясения, но не позволяет следить за более слабой сейсмичностью, уверенно определять глубины очагов в этом районе и делать какие-либо прогнозные оценки о предстоящих землетрясениях.

Известно, что после сильнейшего в этой зоне Черногорского землетрясения 28.07.1976 г. через два дня после основного толчка были предприняты экспедиционные работы по созданию локальной сети в эпицентральной зоне. Наблюдения велись в трех точках: «Мужичи», «Шалажи» и «Советское» (современное название Шатой). После землетрясения 4 марта 1984 г. вновь в этих точках проводились наблюдения.

Отмеченное в последнее время усиление сейсмической активности в Терско-Сунженской сейсмогенной зоне, а также выявленное по магнитудному уровню сейсмическое затишье, по нашему мнению может свидетельствовать о подготовке сильного землетрясения, сравнимого по энергетическим характеристикам с Аргунским 1966 года. Отсутствие сейсмических станций в данном районе не позволяет проводить надежный мониторинг слабой сейсмической активности, используемой для оперативной оценки уровня сейсмической опасности.

Представляется необходимым и крайне важным в ближайшее время провести комплекс мероприятий по расширению региональной сети сейсмических станций на территории Чеченской Республики. Для этого необходимо провести экспедиционные работы по анализу уровня сейсмического шума для выбора оптимальных мест расположения станций и установки в экспериментальном режиме как минимум 2–3 временных сейсмических станций.

ФИЦ ЕГС РАН готов оказать методическую поддержку по выбору мест размещения и определению оптимальной конфигурации региональной сейсмической сети мониторинга, принять участие в установке и последующей обработке данных, но в настоящее время не имеет ни финансовых, ни организационных ресурсов на создание и последующее поддержание в работоспособном состоянии такой сети.

Так как главным потребителем прогнозных данных и ответственным за обеспечение безопасности на территории Чеченской Республики является Комитет Правительства Чеченской Республики по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, возможно, было бы целесообразным именно ему возглавить работу по разработке комплекса мероприятий по созданию региональной сейсмической сети на территории Чечни.

Литература

1. Каталог афтершоков Черногорского землетрясения 28 июля 1976 года в Чечено-Ингушетии / *Асманов О.А., Гамидова А.М., Мусалаева З.А., Алисултанова Г.С.* // Геодинамика и сейсмичность территории Дагестана. Махачкала: Даг. фил. АН СССР. Ин-т геологии. 1979. № 3 (21). С. 56–62.
2. *Борисов Б.А., Рейснер Г.И.* О геологической обстановке Чечено-Ингушского землетрясения 1976 г. // Бюл. МОИП. Отд. Геол. 1977. № 4. 78 с.
3. ГОСТ Р 57546–2017. Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности. Введ. 2017-07-19. М.: Стандартинформ, 2017. 28 с.
4. Информационное сообщение об ощутимых землетрясениях в Чечне 12 и 13 декабря 2020 г. Информационные сообщения // ФИЦ ЕГС РАН [сайт]. URL: http://mseism.gsras.ru/EqInfo/faces/index.xhtml (дата обращения 25.12.2020).
5. Комплексная оценка сейсмической опасности территории г. Грозного // Уточнение исходной сейсмичности. Сейсмическое микрорайонирование. Сейсмический риск / Науч. ред. *С.И. Полтавцев*. М.: Минстрой России, 1996. 106 с.
6. *Левкович Р.А., Крамынин П.И., Дейнега А.Г., Арефьев С.С.* Некоторые результаты эпицентральных наблюдений Черногорского землетрясения 28 июля 1976 года // Геодинамика и сейсмичность территории Дагестана / Отв. ред. *Г.И. Дейнега*. Махачкала: Даг. фил. АН СССР, Ин-т геологии, 1979. № 3 (21). С. 63–86.
7. *Лутиков А.И., Габсатарова И.П., Донцова Г.Ю.* Об устойчивости параметров сейсмического режима во времени на примере востока центральной части Северного Кавказа // Российский сейсмологический журнал. 2021. Т. 3, No 3. С. 61–74. DOI: https://doi.org/10.35540/2686-7907.2021.3.04.
8. Сейсмогенерирующие структуры / *Несмеянов С.А., Лутиков А.И., Щукин Ю.К., Донцова Г.Ю.* // Комплексная оценка сейсмической опасности территории г. Грозного. Уточнение исходной сейсмичности. Сейсмическое микрорайонирование. Сейсмический риск. / Науч. ред. С.И. Полтавцев. М.: Минстрой России, 1996. С. 38–47.
9. Peterson J. Observations and modeling of seismic background noise. U.S. Geol. Survey Open-File Report 93-322. 1993. 95 p.

УДК 550.34:[551.322:551.578.48] DOI:10.34708/GSTOU.2021.48.63.034

О МОНИТОРИНГЕ ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ

© [1]Виноградов Ю.А., [1]Милехина А.М., [2]Федоров А.В., [2]Федоров И.С.

[1]ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск
[2]КоФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Апатиты

Снежные лавины – опасное природное явление, которое оказывает существенное негативное воздействие на объекты инфраструктуры, расположенные на территории Северной Осетии. Лавины наносят ущерб населённым пунктам и объектам туристской инфраструктуры, путям сообщения, линиям электропередачи, лесным угодьям. Чаще других от схода лавин страдают автомобильные дороги, завалы на которых приводят к длительным перерывам в движении. Необходимость создания систем мониторинга для оценки и оперативного прогнозирования последствий возможных чрезвычайных ситуаций, вызванных сходом снежных лавин, сопряжение таких систем с локальными системами оповещения федеральных органов исполнительной власти неоднократно обсуждалась на различных уровнях государственной власти, однако до сих пор действующих систем мониторинга лавинной опасности в РФ не создано.

Единая геофизическая служба РАН в течение нескольких лет проводит эксперименты по регистрации сходов снежных лавин с помощью инфразвуковых датчиков. Для регистрации сигналов применялись различные конфигурации инфразвуковых групп, состоящих из трех разнесенных в пространстве датчиков. В результате экспериментов были получены записи инфразвуковых сигналов на различных удалениях от лавинного очага. Показана возможность надежного выделения и идентификации инфразвуковых сигналов, вызванных сходом лавин на расстоянии до 10 км. Сделаны выводы о высокой эффективности инфразвукового метода для регистрации фактов схода лавин. Полученные результаты позволили разработать методику автоматического детектирования сигналов, генерируемых лавинами, разработать оптимальную конфигурацию для построения системы непрерывного мониторинга лавинной активности на Северном Кавказе.

Ключевые слова. *снежные лавины, инфразвуковая станция, мониторинг, Рокский перевал.*

Введение. Снежная лавина является одним из природных источников опасности, обладающим большой разрушительной силой. Ежегодно только на территории Российской Федерации под лавины попадают десятки людей [2], сход лавин на инженерные и транспортные коммуникации влечет значительный экономический ущерб. Угроза возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных со сходом снежных лавин в горных районах Северной Осетии крайне высока. Именно здесь расположен самый лавиноактивный регион Кавказа - Рокский перевал – через который проходит Транскавказская автомагистраль на горном участке которой длиной 28 километров от Бурона до Северного портала расположено свыше 200 лавинных очагов. Традиционными способами регистрации схода лавин являются визуальное наблюдение и использование различных видов обвальной сигнализации [5]. Эти способы, хотя и довольно надежны, обладают рядом недостатков, связанных с невозможностью наблюдения в ночные часы и периоды недостаточной видимости (туманы, метели, дожди, низкая облачность) и необходимостью размещения оборудования непосредственно на опасном лавиноопасном склоне. Мониторингом лавин занимаются специальные подразделения, проводящие огромный объем работ по контролю физических параметров снежных масс и визуальному осмотру потенциально опасных горных склонов.

В тоже время известно, что спускающаяся со склона лавина вызывает интенсивные возмущения в атмосфере [14, 16], которые могут быть зарегистрированы специальными приборами – микробарографами или сверхнизкочастотными микрофонами, способными регистрировать сигналы в частотном диапазоне 1-10 Гц [13]. По временным задержкам прихода когерентного сигнала на датчики группы можно определить азимут на источник сигнала и кажущуюся скорость его подхода [12]. Факт того, что сходы снежных лавин порождают сильные инфразвуковые сигналы, был многократно подтвержден исследованиями конца 80-х – начала 90-х годов прошлого века [8,10]. В последние годы системы инфразвукового мониторинга стали устанавливаться на некоторых горнолыжных курортах Европы: в Норвегии [15], Австрии [17], Италии [18]. Однако в России такие системы до сих пор не разрабатывались и не применяются.

Федеральный исследовательский центр "Единая геофизическая служба РАН" (ФИЦ ЕГС РАН) имеет многолетний опыт работы с инфразвуковыми группами. Кольский филиал ФИЦ ЕГС РАН обслуживает стационарные инфразвуковые комплексы, установленные в районе г. Апатиты [3] и на архипелаге Шпицберген [1]. Для решения различных оперативных задач разработаны и успешно испытаны мобильные инфразвуковые группы, которые могут быть быстро доставлены в любой район и развернуты для временных наблюдений [4]. Для обработки инфразвуковых данных создано специальное программное обеспечение, позволяющее в автоматическом режиме производить детектирование инфразвуковых. Эти наработки позволили поставить задачу построения системы дистанционного мониторинга лавинных проявлений по данным регистрации геофизических сигналов.

Методы. Для регистрации инфразвуковых сигналов используются группы разнесенных в пространстве однотипных датчиков (барографов или микрофонов). Датчики в таких группах могут располагаться в пространстве различными способами, расстояния между ними варьируют от сотен метров до нескольких километров.

Для детектирования целевого инфразвукового сигнала по нескольким датчикам используется алгоритм суммирования со сдвигами, аналогичный алгоритму beamforming. Он основан на предположении, что фронт звуковой волны является плоским, что справедливо для больших расстояний между источником и приемником звука. Поскольку длина инфразвуковой волны (десятки - сотни метров) сопоставима с расстояниями между элементами инфразвуковой группы, то сигнал на разных сенсорах является идентичным с точностью до временных задержек прихода волны на датчики группы. В то же время фоновый шум в силу своей стохастической природы варьирует от датчика к датчику. Таким образом, детектирование инфразвуковых событий заключается в обнаружении фрагментов идентичных сигналов на записях различных каналов инфразвуковой группы. Данный алгоритм является универсальным в том смысле, что может быть использован для инфразвуковых групп с любым количеством и расстановкой датчиков. Алгоритм был реализован в программе для ЭВМ QACD [6]. Программа может обнаруживать инфразвуковые события, оценивать длительность когерентных сигналов и изменение азимута источника сигнала со временем. По направлению прихода сигналов и изменению азимута со временем можно выделять и распознавать движущиеся источники, например, летящие самолеты или вертолеты, снежные лавины.

Оборудование. Для регистрации инфразвуковых сигналов была использована разработанная в Кольском филиале ЕГС РАН модернизированная мобильная сейсмоинфразвуковая станция (группа). Отметим, что под словом «мобильная» мы понимаем не то, что группа передвигается во время измерения, а то, что ее можно легко и быстро развернуть на местности. Группа состоит из трех низкочастотных микрофонов MP201 фирмы BSWA TECH (КНР). Микрофоны подключены к 24-разрядному аналогово-цифровому преобразователю фирмы L-card (или аналогу) с помощью проводов. Цифровой сигнал передавался в компьютер, где привязывался к точному времени при помощи GPS-приемника фирмы Garmin. Микрофоны разносились на

расстояния порядка 150 м друг от друга и расставлялись треугольником. Математическое моделирование ошибки определения азимута при такой расстановке показало, что она не превысит 2° для сигналов, распространяющихся параллельно поверхности Земли. Для снижения уровня ветровой помехи на каждом микрофоне устанавливался пространственный ветрогасящий фильтр, изготовленный из пластиковых труб диаметром 12 мм. Такая конструкция станции относительно дешева и имеет низкое энергопотребление, но сложна в разворачивании на местности из-за наличия проводов.

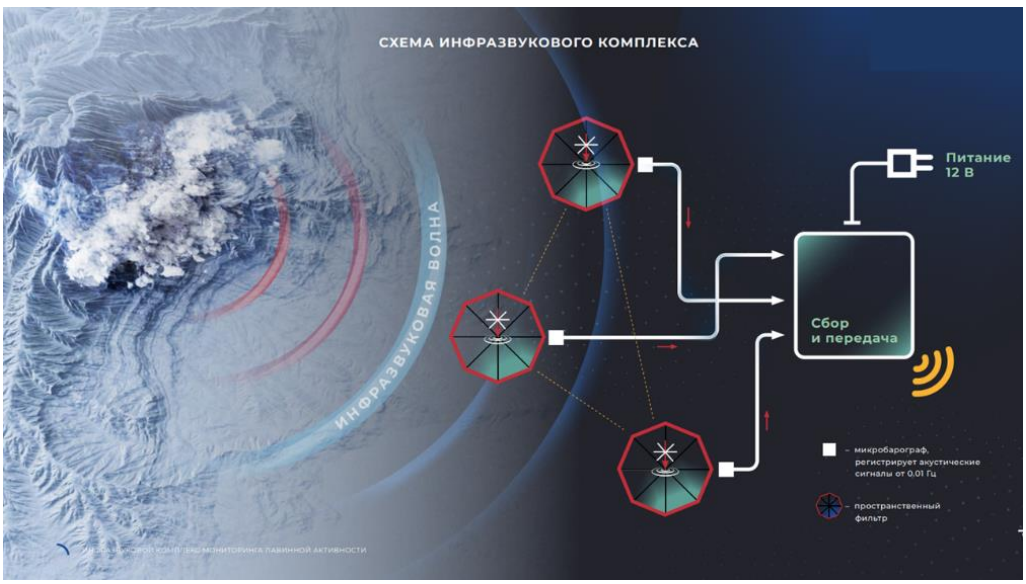


Рис.1. Структурная схема мобильной инфразвуковой группы

Для установки в сложных горных условиях рельефа была разработана модернизированая система беспроводных микрофонов, схема которой изображена на рисунке 1. Каждый модуль микрофона, оснащенный своим 24-битным одноканальным АЦП, flash-памятью и GPS приемником использовался для построения модульной системы независимых датчиков. В случае наличия устойчивого сигнала GSM-телефонии микрофон комплектовался модемом для передачи данных в центр обработки. Необходимость центрального модуля сбора данных и беспроводной передачи для данной задачи развертывания временных станций отпала. Данные с каждого отдельного модуля объединяются уже на этапе обработки. Оценка погрешности измерений для инфразвуковых волн показала, что точности GPS/GLONASS приемника достаточно для синхронизации данных отдельных модулей. Такое решение позволило строить различные конфигурации инфразвуковой сети, повысило мобильность и автономность.

Эксперимент. Пилотный эксперимент по регистрации инфразвукового сигнала, вызванного лавинами, был проведен 05.04.2018 г. на территории горнолыжного комплекса Большой Вудъявр, расположенного на горе Айкуайвенчорр в Хибинском горном массиве (Мурманская область). Целью было определение принципиальной возможности регистрации, а также основных параметров целевого сигнала схода снежной лавины. В первых опытах оборудование было расположено на расстояниях 1,8 и 1,4 км от лавинного очага [7]. Объем принудительно спущенной лавины составил порядка 10 тыс. куб. м. Процесс схода сопровождался незначительным снежно-пылевым облаком. Волновые формы зарегистрированных сигналов приведены далее. Всего в лавинные сезоны 2019–2020 гг. было проведено восемь экспериментов по регистрации схода лавин для набора базы записей сигналов, оценки пределов применимости метода в

зависимости от различных погодных условий и объемов сошедшей снежной массы, велась отработка методов автоматического детектирования целевых сигналов. Месторасположение станций наблюдения, относительно мест схода лавин приведено на рисунке 2.

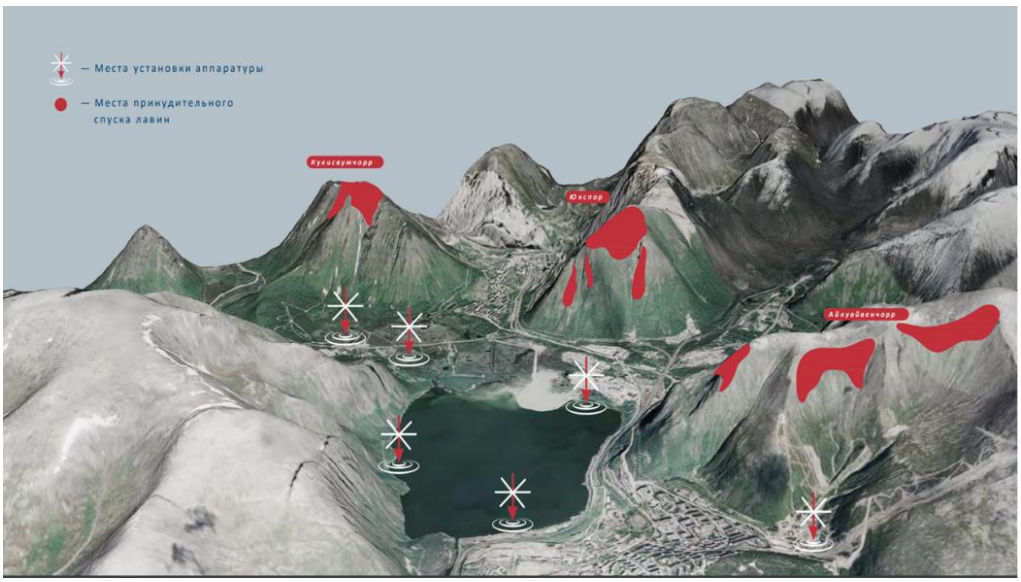


Рис. 2. Схема расположения станций, относительно мест схода лавин

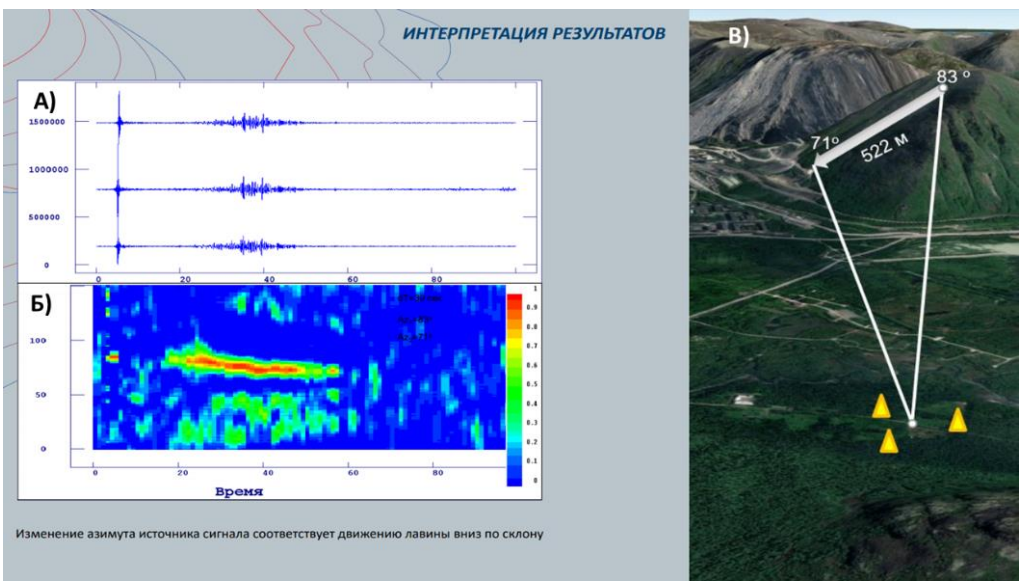


Рис. 3. Инфразвуковой сигнал (А), его кроскорреляционная функция
в зависимости азимут прихода-время (Б)
и положение инфразвуковой группы относительно лавинного очага (В)

Результаты. На рисунке 3А приведена типовая запись инфразвукового сигнала вызванного принудительным спуском лавины. На записи явно виден акустический сигнал инициирующего взрыва, далее следует длительный (порядка 30 с) инфразвуковой

сигнал, вызванный движением снежной массы по склону. Этот сигнал и представляет интерес в задаче дистанционного мониторинга схода снежных лавин. Частотный анализ инфразвуковой записи показал, что практически весь интересующий сигнал схода лавины лежит в области частот ниже 10 Гц (рис. 3, б). Негативным фактором является то, что ветровая помеха находится в том же диапазоне частот, поэтому использование прямых методов амплитудного детектирования, основанных на применении соотношения STA/LTA [9,11], не представляется возможным вследствие очень низкого значения отношения сигнал – шум.

Детальный анализ записей показывает, что сигнала на разных каналах инфразвуковой группы (рис. 3, а) обладают очень высокой взаимной корреляцией, что еще более отчетливо видно на графике вариаций значения кросс-корреляции трех каналов инфразвуковой группы, в зависимости от азимута и времени для фиксированной скорости звука (рис. 3, б). Яркие цвета соответствуют наилучшей оценке азимута на графике. Четко прослеживаются максимальные значения корреляции для азимута 65–70°, что в данном случае соответствует направлению на лавинный очаг (рис.3,в). Таким образом показано, что инфразвуковые сигналы от схода лавин не только могут быть выделены по данным инфразвуковой группы, но и можно определить направление и скорость движения фронта волны, и, уже используя эти данные, попытаться рассчитать возможные негативные последствия, вызванные лавиной.

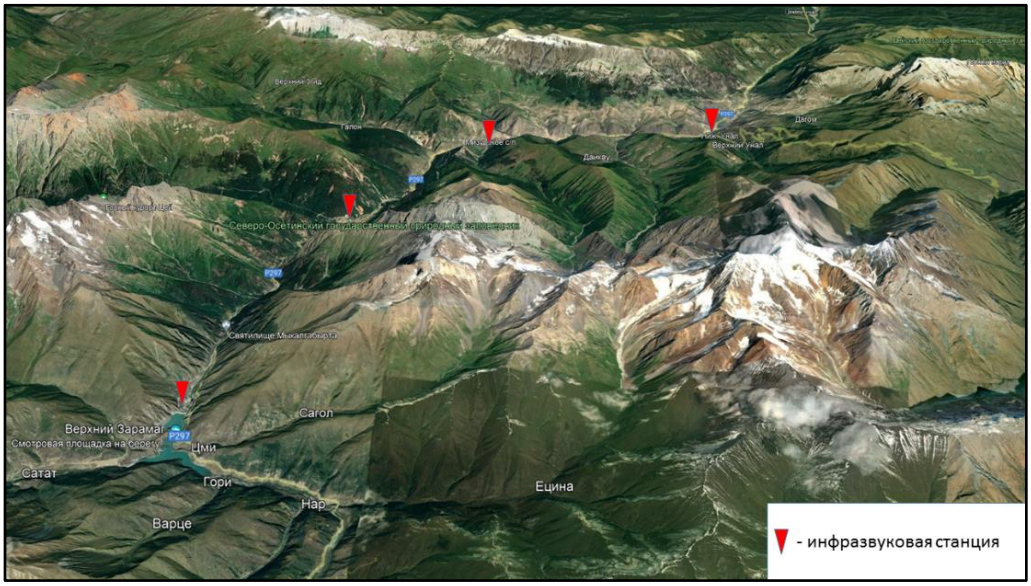


Рис. 4. Предлагаемая схема расположения станций в районе Рокского перевала

Обсуждение и предложения. Проведенные в Хибинском горном массиве эксперименты показали, что сходящие со склонов лавины могут быть надежно зарегистрированы инфразвуковой станцией наблюдения на расстоянии 5-7 км. По данным регистрации инфразвукового сигнала можно определить направление и скорость движения фронта волны, совпадающего с движением головной части лавины, и, уже используя эти данные, комбинируя их с данными о наличии инфраструктурных объектов на контролируемой территории, можно рассчитать возможные негативные последствия, вызванные сходом лавин. По увеличивающейся или уменьшающейся частоте схода лавин (включая небольшие лавины) можно выделять наиболее опасные районы и оперативно проводить обезопашивание горных склонов, применяя методику активного воздействия на потенциально опасные склоны. Для снижения уровня опасности в самом лавиноактивном регионе Кавказа - Рокском перевале, через который

проходит Транскавказская автомагистраль – предлагается установить 4 инфразвуковые группы для инструментального мониторинга схода лавин. Схема размещения групп приведена на рисунке 4. Их предлагается разместить на окраинах населенных пунктов Унал, Мизур, Бурон, Верхний Зарамаг. Учитывая высокую экономическую и стратегическую значимость Транскавказкой автодороги, к финансированию установки и обслуживанию комплекса мониторинга лавин планируется привлечь Правительство и Главное управление МЧС Республики Северная-Осетия. Оперативную обработку данных, получение результатов и их передачу заинтересованным органам власти может взять на себя Северо-Осетинский филиал ФИЦ ЕГС РАН, расположенный в г.Владикавказ и обладающий всеми необходимыми ресурсами для проведения таких работ.

Заключение. ФИЦ ЕГС РАН в течении нескольких лет проводит эксперименты по регистрации сходов снежных лавин с помощью инфразвуковых датчиков. В результате экспериментов были получены записи инфразвуковых сигналов на различных удалениях от лавинного очага. Показана возможность надежного выделения и идентификации инфразвуковых сигналов, вызванных сходом лавин на расстоянии до 10 км. Сделаны выводы о высокой эффективности инфразвукового метода для регистрации фактов схода лавин. Полученные результаты позволили разработать методику автоматического детектирования сигналов, генерируемых лавинами, разработать оптимальную конфигурацию для построения системы непрерывного мониторинга лавинной активности в самом лавиноактивном регионе Северного Кавказа - Рокском перевале, через который проходит экономически и стратегически важная Транскавказская автомагистраль. Предлагается установить 4 инфразвуковые группы для инструментального мониторинга схода лавин, к финансированию привлечь региональные органы власти. Оперативную обработку данных, получение результатов и их передачу заинтересованным органам власти поручить Северо-Осетинскому филиалу ФИЦ ЕГС РАН, расположенному в г.Владикавказ и обладающему всеми необходимыми ресурсами для проведения таких работ.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (в рамках государственного задания № 075-01304-20) и с использованием данных, полученных на уникальной научной установке "Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира" (https://ckprf.ru/usu/507436/)

Литература

1. Использование инфразвукового метода для мониторинга деструкции ледников в арктических условиях / *Асминг В.Э., Баранов С.В., Виноградов А.Н., Виноградов Ю.А. и др.* // Акустический журнал. 2016. Т. 62. № 5. С. 582-591. DOI: https://doi.org/10.7868/s0320791916040031.
2. *Викулина М.А.* Оценка лавинного риска в Хибинах // Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Междунар. конф. Мурманск, 30 января – 02 февраля, Токио (Япония), 19 июля 2019 г. [конференция ИнтерКарто/ИнтерГИС]. М.: Изд-во Московского университета, 2019. Т. 25. Ч. 2. С. 66–67. DOI: https://doi.org/10.35595/2414-9179-2019-2-25-66-76.
3. *Виноградов Ю.А.* Сейсмоинфразвуковой комплекс "Апатиты" – новый инструмент дистанционного геомониторинга в Евро-Арктическом регионе // Север – 2003: Проблемы и решения. Апатиты: КНЦ РАН, 2004. С. 103–108.
4. *Виноградов Ю.А., Асминг В.Э.* Мобильная инфразвуковая группа [Электронный ресурс] // Наука и образование: материалы междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 5–9 апреля 2010 г. Мурманск: МГТУ, 2010. С. 379–382. География лавин / под ред. С. М. Мягкова, Л. А. Канаева. М.: Изд-во МГУ, 1992. 330 с.
5. *Пильгаев С.В., Черноус П.А., Филатов М.В., Ларченко А.В. и др.* Комплекс лавинной сигнализации и результаты его испытаний // III Международный симпозиум Физика, химия и механика снега. Южно-Сахалинск. 2017. Ч. 2. С. 31–36.
6. Программный комплекс ACUDA. Свидетельство о государственной регистрации программы

для ЭВМ № 2015618045 от 29.07.2015 г. Москва. ФИПС. 2015.
7. *Федоров И.С., Федоров А.В., Асминг В.Э.* О регистрации схода снежных лавин геофизическими методами в Хибинском массиве // Вестник МГТУ. 2021. Т. 24. № 1. С. 69–79. DOI: https://doi.org/10.21443/1560-9278-2021- 24-1-69-79
8. *Фирстов П.П., Суханов А.А., Пергамент В.Х., Радионовский М.В.* Акустические и сейсмические сигналы от снежных лавин // Доклады Академии наук СССР. 1990. Т. 312. № 1. С. 67–71.
9. Allen R.V. Automatic earthquake recognition and timing from single traces // Bulletin of the Seismological Society of America. 1978. Vol. 68. N 5. Pp. 1521–1532.
10. Bedard A., Greene G. E. Jr., Intrieri J., Rodriguez R. On the feasibility and value of detecting and characterizing avalanches remotely by monitoring radiated sub-audible atmospheric sound at long distances // Proceedings; A Multidisciplinary Approach to Snow Engineering, Santa Barbara, CA. 1988.
11. Blom P., Waxler R., Frazier W. G. Beamforming methods in infrasonic array processing – Continuous signals // The Journal of the Acoustical Society of America. 2013. Vol. 134. Iss. 5. DOI: https://doi.org/10.1121/ 1.4831515.
12. Cansi Y., Pichon A. L. Infrasound event detection using the progressive multi-channel correlation algorithm // Handbook of Signal Processing in Acoustics. New York, NY: Springer, 2008. Pp. 1425–1435. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-30441-0_77.
13. Gibbons S.J., Asming V., Eliasson L., Fedorov A. et al. The European Arctic: A laboratory for seismoacoustic studies // Seismological Research Letters. 2015. Vol. 86, Iss. 3. Pp. 917–928. DOI: https://doi.org/10.1785/ 0220140230.
14. Herwijnen A., Schweizer J. Monitoring avalanche activity using a seismic sensor // Cold Regions Science and Technology. 2011. Vol. 69. Iss. 2–3. Pp. 165–176. DOI: https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2011.06.008.
15. Humstad T., Søderblom Ø., Ulivieri G., Langeland S. et al. Infrasound detection of avalanches in Grasdalen and Indreeidsdalen, Norway // Proceedings, International Snow Science Workshop, Breckenridge, Colorado, 2016. Pp. 621–627. Infrasound monitoring for atmospheric studies / eds.: A. Le Pichon et al. Springer Netherlands, 2009. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9508-5.
16. Kogelnig A., Suriñach E., Vilajosana I., Hübl J. [et al.]. On the complementariness of infrasound and seismic sensors for monitoring snow avalanches // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2011. Vol. 11, Iss. 8. Pp. 2355–2370. DOI: https://doi.org/10.5194/nhess-11-2355-2011.
17. Marchetti E., Ripepe M., Ulivieri G., Kogelnig A. Infrasound array criteria for automatic detection and front velocity estimation of snow avalanches: Towards a real-time early-warning system // Natural Hazards and Earth System Sciences. 2015. Vol. 15, Iss. 11. P. 2545–2555. DOI: https://doi.org/10.5194/nhess-15-2545-2015.
18. Ulivieri G., Marchetti E., Ripepe M., Chiambretti I. et al. Monitoring snow avalanches in Northwestern Italian Alps using an infrasound array // Cold Regions Science and Technology. 2011. Vol. 69. Iss. 2–3. Pp. 177–183. DOI: https://doi.org/10.1016/j.coldregions.2011.09.006.

УДК 622.276.66 DOI:10.34708/GSTOU.2021.29.43.035

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ И СЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРП

© [1]Габдрахманов А.Т., [2]Ермошкин А.Ю.

[1]Альметьевский государственный нефтяной институт, г. Альметьевск
[2]ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина, г. Альметьевск

Целью данной работы является построение карт региональных напряжений на объектах Ромашкинского месторождения. Применение полученных данных при проектировании разработки месторождений позволяет в последующем продолжительно удерживать систему на режиме «максимального дебита» [1] и наиболее полно выработать углеводороды из недр, предсказать направление образования трещин и повысить эффективность разработки месторождений.

Для анализа были использованы данные кросс-дипольного акустического каротажа, «микроимиджера» и пассивного сейсмического мониторинга. В процессе проведения исследований были выделены разуплотнённые породы и кавернозность продуктивных пластов, выделены границы анализируемых продуктивных пластов, углы падения, азимут падения продуктивных пластов, определены направление, глубина распространения трещины ГРП, протяжённость зоны проникновения проппанта, прогнозная высота трещины гидроразрыва пласта.

Новизна работы обусловлена недостаточной изученностью влияния напряжений горных пород на разработку анализируемых объектов. Впервые для анализируемых территорий получена карта региональных напряжений для оценки естественной и вызванной в результате ГРП техногенной трещиноватости. Она позволит повысить эффективность геологоразведочных работ, увеличить выработку запасов углеводородов и снизить непроизводительные затраты.

Ключевые слова: *гидроразрыв пласта, кросс-дипольный каротаж, микросейсмический мониторинг.*

Введение

В настоящий момент в разработку нефтяных месторождений обширно вовлекаются глубокозалегающие, трудноизвлекаемые запасы нефти низкопроницаемых слабодренируемых неоднородных коллекторов, в связи с чем возникает необходимость их разработки с применением методов интенсификации добычи и повышения нефтеизвлечения. Одним из таких самых эффективных методов является гидроразрыв пласта (ГРП). Основной из основных задач при применении ГРП является корректное проектирование, прогноз параметров и направления развития трещины гидроразрыва пласта. Для решения данной проблемы используются методы построения карт напряженного состояния земной коры, которые позволяют решать, помимо указанных, следующие задачи при разработке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений:

- интеративное обеспечение наземных сейсморазведочных работ;
- структура исследования площадей и объектов на используемых месторождениях;
- изучение структурных и литологических именно околоскважинной среды;
- определение естественной и искусственной трещиноватости карбонатных пород;
- оснащение геолого-геофизических информации для бурения горизонтальных и наклонно-направленных скважин.

На сегодняшний день для построения карт региональных напряжений используют следующие основные методы:

- кросс-дипольный каротаж, измерения по стволу скважины обеспечивающие оценку степени и направления анизотропии напряжений в околоскважинном пространстве – 1D;

- прогноз напряженного состояния по данным сейсморазведкии ГИС (геофизические исследования скважин); на основе оценки напряжений и упруго-деформационных характеристик в разрезе скважин по ГИС, последующей синхронной инверсии по разрезу и площади осуществляется расчет коэффициентов Пуассона, бокового распора и модуля Юнга; а также расчет литостатического, пластового (порового) и эффективного давлений – 2D и 3D прогноз;

- микросейсмический мониторинг стадий ГРП – 4D.

Целью исследований является построение карт региональных напряжений. Назначение магистерской диссертации являются рассмотрение различных литературных источников по теме магистерской диссертации и выявление основных проблем и аспектов, связанных непосредственно с построением карт региональных напряжений на различных месторождениях, выбор оптимальной методики определения региональных напряжений на скважинах Республики Татарстан, определение области применимости карт региональных напряжений на месторождениях и вывод результатов.

Научная новизна работы заключается в недостаточной изученности влияния напряжений горных пород на разработку месторождений. В данной работе представлены карты региональных напряжений Республики Татарстан и область их применения на различных этапах разработки и эксплуатации месторождений.

Методы

Кросс-дипольный акустический каротаж основан на применении как минимум одного монопольного источника с несущей частотой порядка 8-12 кГц и полосой 0-20 кГц – для создания головных волн (продольной и поперечной), а также волны Стоунли. Регистрация происходит на зондовых расстояниях, которые соответствуют дальней зоне волнового поля (С.В.Добрынин, дата обращения 2020).

Каротаж МСІ («микроимиджер») главным образом отображает измерение удельного электрического сопротивления пластов вблизи стенки скважины. В результате применения данного метода возможно получить информацию по изменению пористости, литологического состава и структуры пластов, наличия трещин и каверн.

Пассивный сейсмический мониторинг заключается в непрерывной записи микросейсмических шумов стационарно установленными или периодически устанавливаемыми сейсмологическими датчиками с целью локализации источников подземных микросейсм естественного и техногенного характера.

Результаты

В процессе исследований выполненных на скважинах Ромашкинского месторождения было замечено, что расчет анизотропии в интервале верейского горизонта осложнен наличием разуплотненных пород и высокой кавернозностью. Из результатов анализа можно сделать выводы о глубине распространения трещины ГРП.

В результате анализа результатов каротажа МСІ, выполненных на скважинах Ромашкинского месторождения, выделены границы пластов, углы падения, азимут падения для каширских, башкирских, алексинских, упино-малевских отложений. Выявлено угловое несогласие между некоторыми пластами. В анализируемых скважинах выделены «залеченные» трещины в верейском горизонте, башкирском ярусе, алексинском и тульском горизонтах и в верхнетурнейском подъярусе, установлены их углы и азимуты падения.

Целевым назначением пассивного наземного микросейсмического мониторинга ГРП, проведённого на скважинах Ромашкинского месторождения, являлось определение азимутов, протяженности, характера развития зон трещинообразования и оценка зон вероятного проникновения проппанта в пласте в процессе производства гидроразрыва пласта в вертикальном стволе скважины. По скважинам в результате исследований были определены азимут осевой линии, протяженность осевой линии, протяженность зон проникновения проппанта, прогнозная высота трещины.

По результатам геофизических и сейсмических исследований на объектах Ромашкинского месторождения построена карта региональных напряжений, которая позволяет корректно подбирать скважины для проведения ГРП.

Обсуждение

Информационной основой построения карт напряженностей являются [2]:

- кросс-дипольный каротаж, измерения по стволу скважины обеспечивающие оценку степени и направления анизотропии напряжений в околоскважинном пространстве – 1D;

- прогноз напряженного состояния по данным сейсморазведкии ГИС; на основе оценки напряжений и упруго-деформационных характеристик в разрезе скважин по ГИС, последующей синхронной инверсии по разрезу и площади осуществляется расчет коэффициентов Пуассона, бокового распора и модуля Юнга; а также расчет литостатического, пластового (порового) и эффективного давлений – 2D и 3D прогноз;

- микросейсмический мониторинг стадий ГРП – 4D.

А.М. Тупицин в [3] проанализировал опыт применения сейсмических исследований и ГИС, которые были проведены в пределах Байтуганского месторождения в 2015 году. Анализ показал, что данные исследования позволили построить структурные карты по горизонтам с целью уточнения и изучения Байтуганской структуры, а по данным проделанного динамического исследования был получен горизонтальный срез по кубу вычитания фаз с определенной системой тектонических нарушений, характеризующих блоковую структуру девонского этажа.

Создание и использования нефтегазовых месторождений в сейсмоопасном регионе невозможна без использования новых технологий, которые в свою очередь используют информацию о выстраивания напряжений в геологической среде, в соответствии вертикально и горизонтально действующих напряжений. Оценка особенностей напряженного состояния массивов необходим, в частности, при бурении скважин, интерпретации ГИС, выполнении перфорации и ГРП, использовании месторождения [4]. В результате анализа напряженного состояния осадочных пород нефтегазовых месторождений Сахалина авторы [5] проанализировали информацию о напряжениях на глубинах 1-5 км, полученную сейсмическими методами. Было подтверждено, что на этих глубинах в ряде районов реализуются режимы горизонтального сжатия и сдвига. Особое значение полученных результатов определяется тем, что современная технология бурения ГС использует информацию о распределении вертикальных и горизонтальных компонент тензора напряжений.

Как показывает мировой опыт, сейсморазведка, по сути, служит единственным методом, применяемым при поисках, разведки и разработки сланцевого газа и нефти. Для выявления высокоперспективных объектов и подготовка их к бурению в Татарстане используется сейсморазведка МОГТ. На нынешнем этапе МОГТ успешно совершается при уточнении контуров, подготовки новых объектов в пределах или вблизи месторождений [6, 7].

Р.С. Хисамов, В.А. Екименко и др. в [8] подвергли анализу результаты опытно-методических работ МОГТ 2D по изучению пермско-верхнекаменно-угольного интервала. В результате выполненных исследований МОГТ 2D была рассмотрена верхняя часть осадочного чехла.

Для изучения пермско-верхнекаменноугольных отложений в восточной части Черемшанского района РТ были проведены сейсморазведочные работы [9], в результате которых, основываясь на различной динамической выраженности в волновом поле, достигнуты наглядные результаты: определена морфология поднятий, зафиксирована последовательность между изменениями динамических характеристик отражения. По мнению авторов [10], необходимость применения сейсморазведки 3D на месторождениях Республики Татарстан не вызывает сомнений, поскольку высокая концентрация наблюдений допустит привлечь к детальному анализу преобразования динамических особенностей сейсмического волнового поля в вертикальной и горизонтальной плоскостях, что необходимо при изучении структур.

Сейсмические исследования рекомендуется применять уже на стадии бурения скважин с целью предупреждения осложнений [11]. Выполнение сейсмических

исследований на месторождении предоставляет выявлять неоднородность волнового поля, что интерпретируется как тектоническое нарушение.

По мнению автора [12], при наличии сейсмических данных 3D хорошего качества для решения задачи районирования территории по признаку наличия/отсутствия коллектора одним из наиболее перспективных методов интерпретации является сейсмофациальный анализ. Для перехода от карты сейсмофаций к карте коллектор/неколлектор необходимо использовать как априорную геолого-геофизическую информацию, так и результаты различных методов интерпретации, таких, как сейсмическая инверсия, прогноз псевдокаротажных кубов, динамический и палеотектонический анализ.

В скважине 2, пробуренной в пределах Долинного поднятия Бавлинского месторождения, в феврале 2018 года был произведен мониторинг раскрытия трещин ГРП. Результаты показали, что преобладающее направление аномалий по длинной оси северо-восточное и согласуется с направлением развития Новобавлинского прогиба по кристаллическому фундаменту. Взаимосвязь направлений развития аномалий с тектоническим строением предопределяет возможность предварительного прогноза будущих результатов ГРП на других участках [13].

В работе [14] анализируются результаты исследовании донеогенового основания на одном из месторождений Республики Сербии, выполненных по технологии глубинной полноазимутальной угловой миграции EarthStudy360®, включая оценку анизотропии типа HTI по результатам VVAz- и AVAz-инверсии.

Новое исследование, опубликованное в журнале The Leading Edge, предоставляет цветную карту региона площадью 75 000 квадратных миль, которая идентифицирует те потенциальные участки разработки нефти и газа.

Теперь Техас готов занять центральное место, поскольку Пермский бассейн становится самым важным нефтегазодобывающим регионом страны. В 1920-х годах энергетические компании начали извлекать обильные нефтяные месторождения бассейна во время бума, который длился десятилетия [15]. В последнее время развитие технологий гидроразрыва пласта привело к новому безумию развития. В ближайшие десятилетия в регионе могут быть пробурены сотни тысяч скважин.

Опираясь на предыдущие усилия по созданию карт напряжений и сейсмического потенциала в Пермском бассейне, исследователи из Стэнфорда добавили сотни новых точек данных из Западного Техаса и юго-восточной части Нью-Мексико, причем большая часть данных была предоставлена нефтегазовой промышленностью. Их находки рисуют сложную картину Пермского бассейна, которая включает в себя некоторые относительно последовательные горизонтальные области напряжений наряду с другими, которые показывают драматические направленные вращения [15].

Исследователи из Стэнфорда заявили, что новая карта напряжений предоставляет нефтяным компаниям детальные количественные данные для принятия решений о более эффективных буровых работах в Пермском бассейне. "Это самая полная картина ориентации напряжения и относительной величины, которую они когда-либо имели", - сказал Зобак. "Они могут использовать эти данные каждый день при принятии решения о наилучшем направлении бурения и проведении оптимальных операций гидроразрыва пласта."

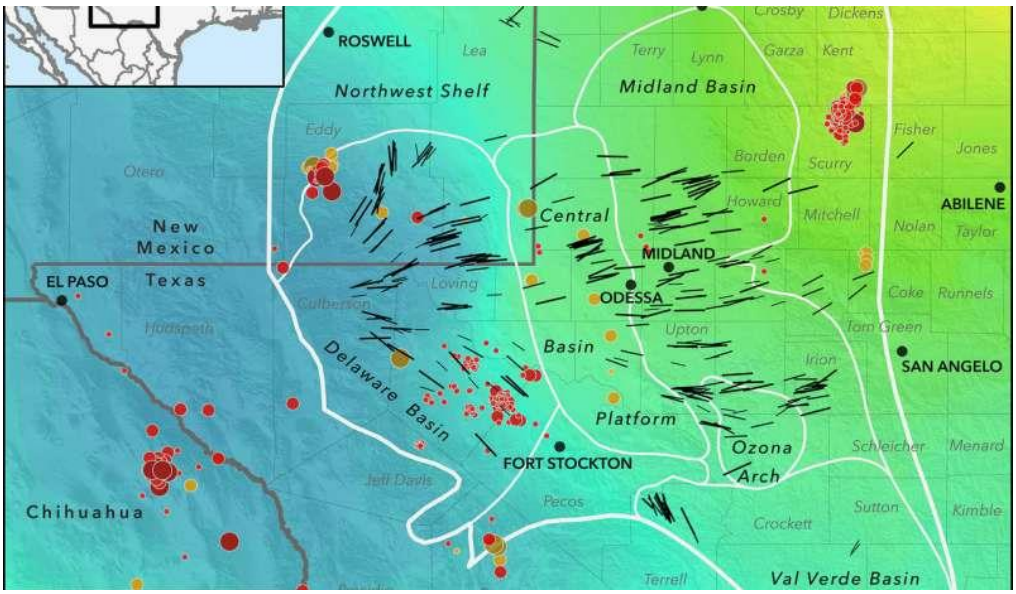


Рис. 1. Карта напряженного поля Земли в Пермском бассейне Западного Техаса и юго-восточной части штата Нью-Мексико

Как было указано выше, для проведения структурного анализа на имиджах MCI по контрасту сопротивлений были выделены границы пластов.

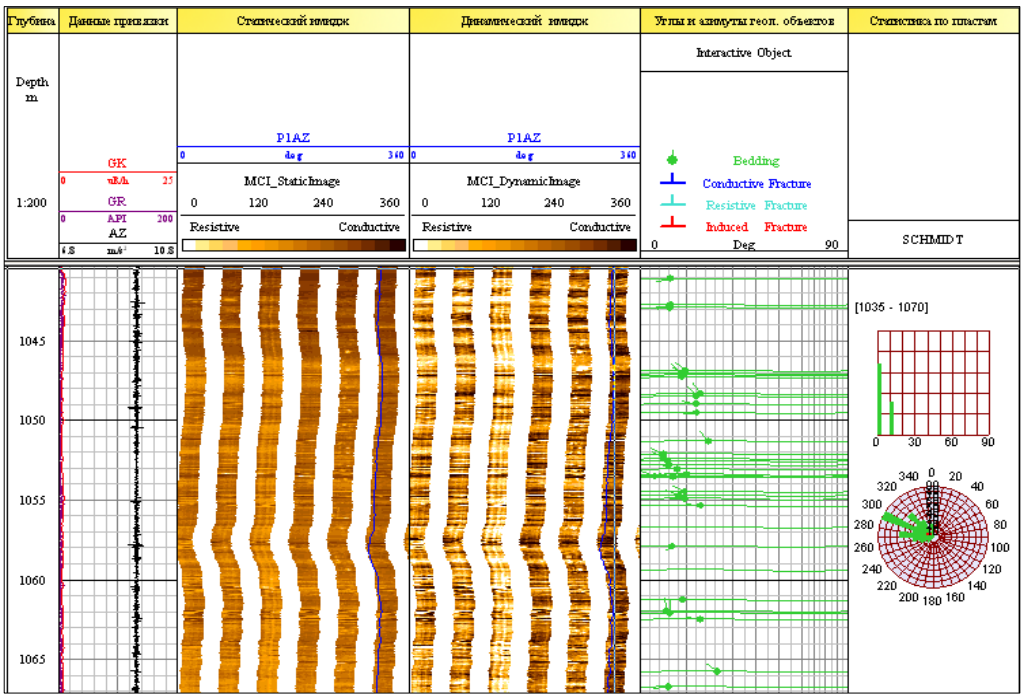


Рис. 2. Пример определения элементов залегания пластов по скважине 2

В ходе структурного анализа в интервале исследования 669,2-741,9 м (каширский-башкирский) было выделено 190 границ пластов. Выявлено угловое несогласие между верейским горизонтом и башкирским ярусом.

Преимущественный угол падения пластов лежит в диапазоне: 5,32-7,53° при основном направлении падения пластов запад-северо-запад (рис. 3), азимут падения 287,6-323,5°.

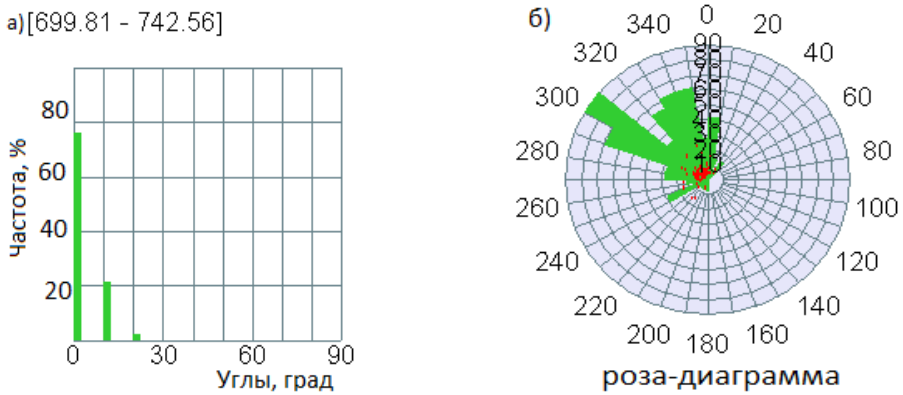


Рис. 3. а) гистограмма углов падения пластов и б) круговая диаграмма азимутов падения пластов в интервале исследования 669,2-741,9 м (каширский-башкирский)

В ходе структурного анализа в интервале исследования 978,3-1084,9 м (алексинский-упино-малевский) было выделено 164 границы пластов. Углы падения выделенных пластов изменяются в пределах 2,20°-28,10°, азимут падения пластов лежит в диапазонах: 5,8-41,0° и 146,5-357,6°.

Преимущественный угол падения пластов лежит в диапазоне: 7,38-9,97° при основном направлении падения пластов запад-северо-запад (рис. 4), азимут падения 287,2-322,4°.

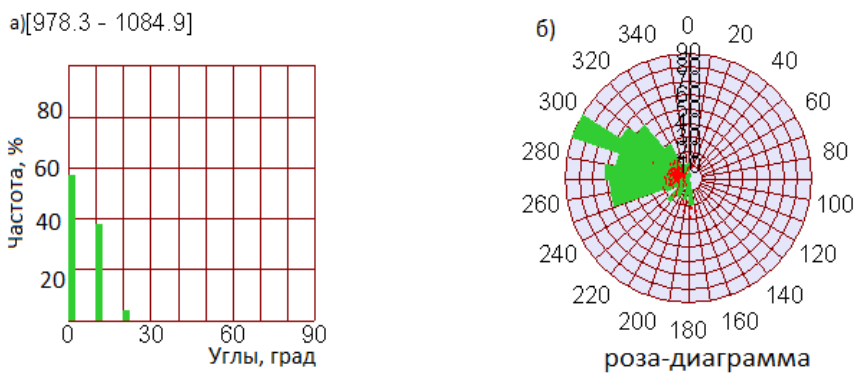


Рис. 4. а) гистограмма углов падения пластов и б) круговая диаграмма азимутов падения пластов в интервале исследования 978,3-1084,9 м (алексинский-упино-малевский)

В данной скважине залеченные трещины выделены в верейском горизонте, башкирском ярусе, алексинском и тульском горизонтах и в верхнетурнейском подъярусе.

Выделенные по имиджу трещины, заполненные глинистым либо карбонатным материалом, являются непродуктивными, на планшете они обозначены как «залеченные» (табл. 3). В интервалах исследования 669,2-741,9 м и 978,3-1084,9 м всего выделено 27 залеченных трещин. Проводящих трещин не выявлено.

В результате статистической обработки характеристик прослеженных трещин (табл. 1) установлено, что углы падения залеченных трещин изменяются в диапазонах: 1,60° - 45,05° и 62,43° - 88,50°; азимуты падения изменяются в диапазонах: 0,1°-69,2°, 103,9°- 173,1° и 207,5° - 346,0°.

Преимущественный угол падения залеченных трещин: 1,6-10,3°, 79,8-88,5°. Преобладающий азимут падения залеченных трещин: 34,7-69,3°, 311,4-346,0° (северо-восток и север-северо-запад).

Таблица 1

Таблица залегания залеченных трещин скважины 2

№ п/п	Глубина, м	Угол падения, град.	Азимут падения, град.	Тип трещины
1	689,00	22,8	295	залеченная
2	689,08	7,0	346	залеченная
3	689,18	5,8	320	залеченная
4	690,79	3,5	214.5	залеченная
5	699,71	3,5	313.5	залеченная
6	702,72	1,6	113.4	залеченная
7	716,81	6,7	45,6	залеченная
8	716,93	9,8	215	залеченная
9	716,94	27,4	341,1	залеченная
10	717,89	5,1	340,8	залеченная
11	717,94	5,4	1,0	залеченная
12	724,68	73,1	0,1	залеченная
13	724,75	87,5	54	залеченная
14	726,31	70,8	6,8	залеченная
15	726,35	76,8	140	залеченная
16	731,78	34,1	212,5	залеченная
17	731,8	42,1	14	залеченная
18	733,19	14,7	290,6	залеченная
19	1006,17	83,30	63,50	залеченная
20	1007,25	87,50	240,20	залеченная
21	1007,78	88,30	235,50	залеченная
22	1009,31	88,50	61,80	залеченная
23	1009,46	86,50	59,40	залеченная
24	1010,57	87,60	51,60	залеченная
25	1011,73	85,90	34,50	залеченная
26	1039,03	24,71	314,88	залеченная
27	1039,12	30,75	338.96	залеченная

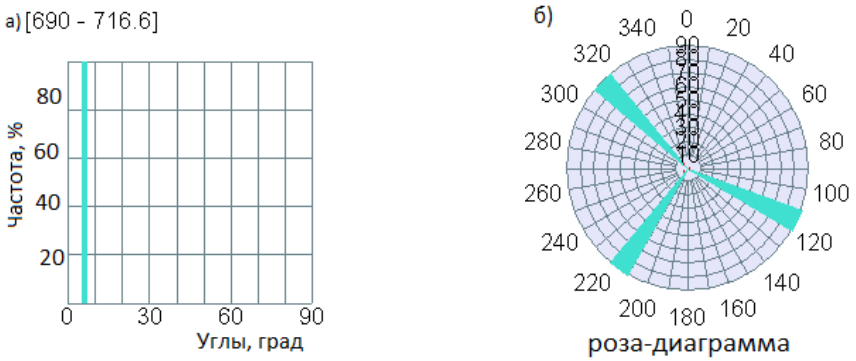


Рис. 5. Залеченные трещины: а - гистограмма углов падения трещин;
б - круговая диаграмма азимутов падения трещин в верейском горизонте

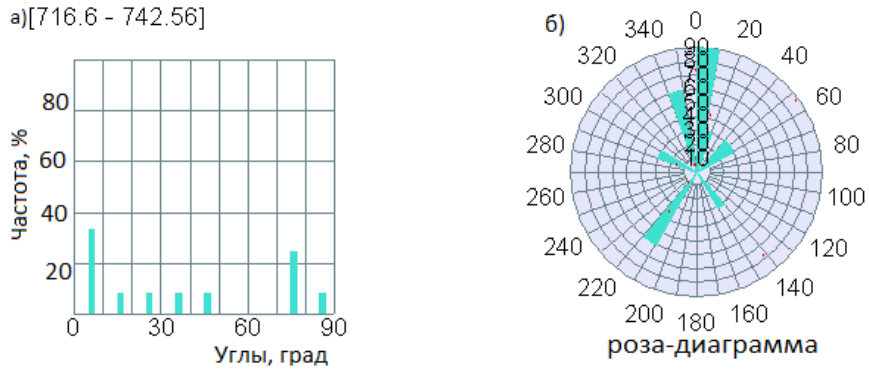


Рис. 6. Залеченные трещины: а - гистограмма углов падения трещин;
б - круговая диаграмма азимутов падения трещин в башкирском ярусе

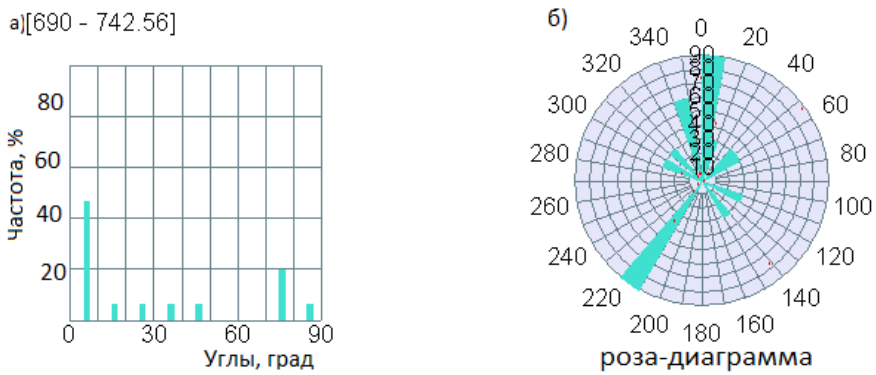


Рис. 7. Залеченные трещины: а - гистограмма углов падения трещин;
б- круговая диаграмма азимутов падения трещин в интервале исследования
669,2-741,9м (верейский-башкирский)

ГРП в скважине 3 было проведено в вертикальном стволе скважины в интервале глубин по стволу скважины (интервалы перфорации): 1150,8-1157,6 м (вертикальные глубины: 936-941 м).

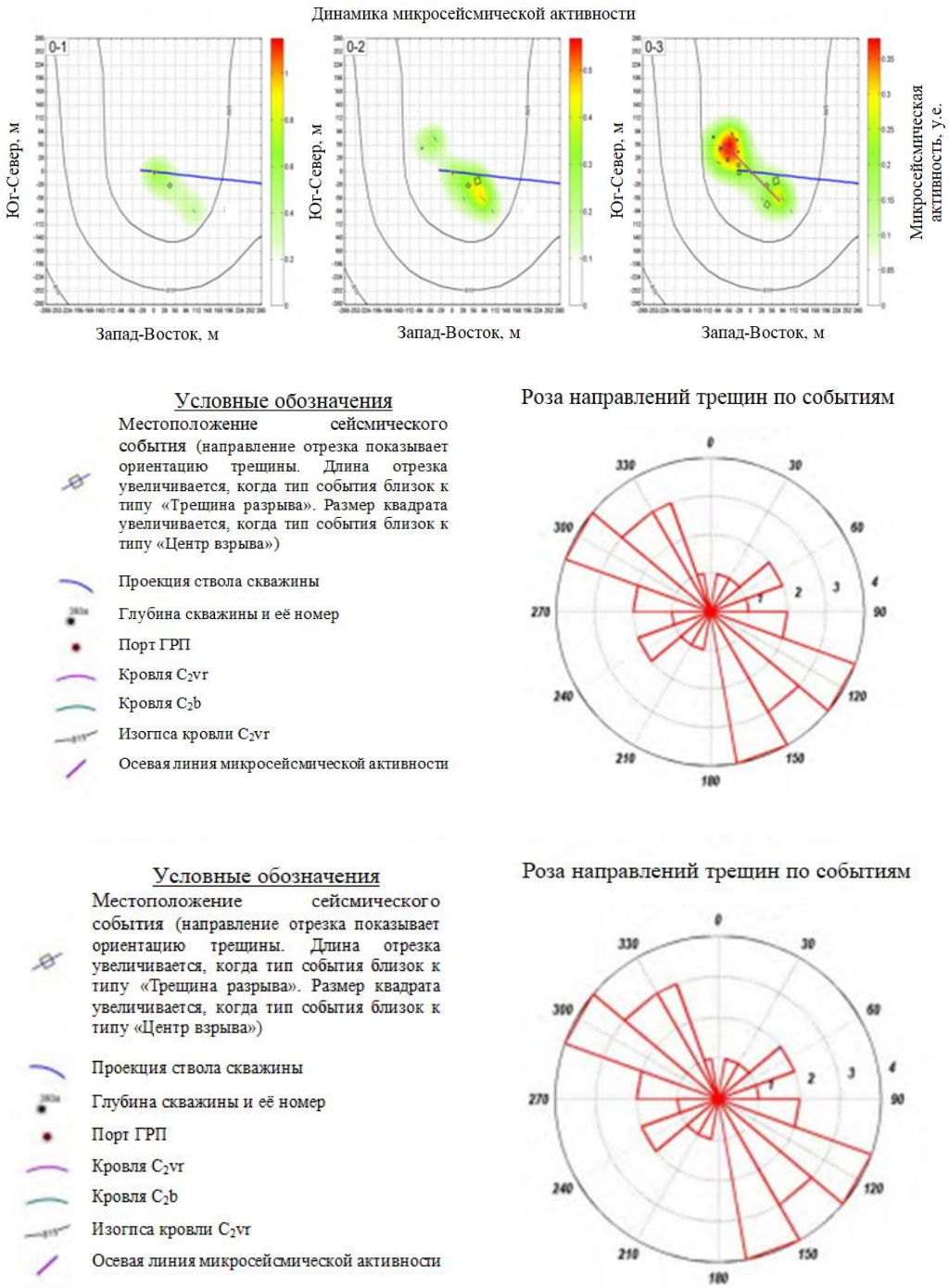


Рис. 8. Результаты микросейсмического мониторинга этапа миниГРП в скважине 3

В первые минуты этапа миниГРП (рис. 8) локализуются события в юго-восточном направлении от пластопересечения скважины. В последующем происходит увеличение количества лоцируемых событий в данном направлениии, а также лоцируются события в северо-западном направлении. Через образованное на протяжении всего этапа Минифрак «облако» событий можно провести одну осевую линию зоны повышенной

микросейсмической активности: - с азимутом 130° (или 310°) и протяженностью 193 м. Согласно розе азимутальных направлений трещин по всем залоцированным событиям в области визуализации этапа Минифрак выделяется преобладающий азимут ориентации трещин: - 120° ±10° (или 300° ±10°), который хорошо согласуется с азимутом выделенной осевой линии микросейсмической активности.

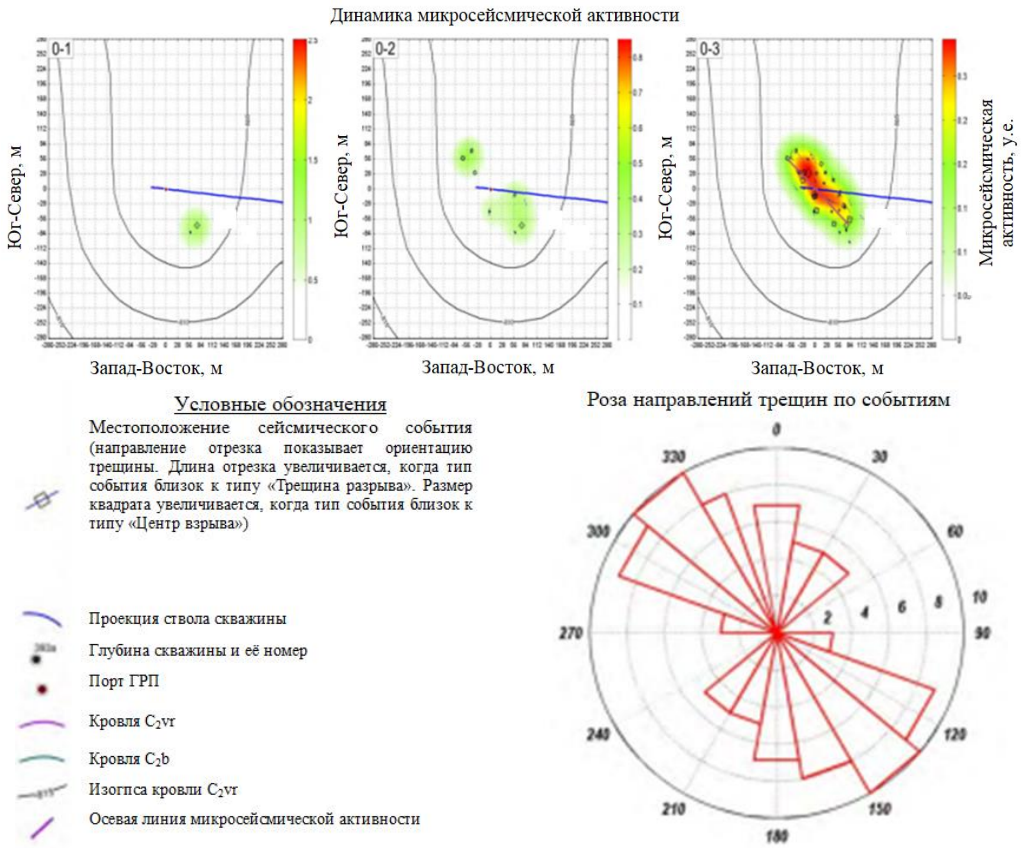


Рис. 9. Результаты микросейсмического мониторинга
этапа проппантного ГРП в скважине 3

В первые минуты проппантного ГРП (рис. 9) события локализуются в юго-восточном направлении от пластопересечения скважины. В последующем происходит увеличение количества лоцируемых событий в данном нправлении, а также лоцируются события в северо-западном направлении. Через образованное на протяжении всего этапа проппантного ГРП «облако» событий можно провести одну осевую линию зоны повышенной микросейсмической активности: - с азимутом 130° (или 310°) и протяженностью 191 м. Согласно розе азимутальных направлений трещин по всем залоцированным событиям в области визуализации этапаминифрак выделяется преобладающий азимут ориентации трещин: - 140° ±10° (или 320° ±10°), который хорошо согласуется с азимутом выделенной осевой линии микросейсмической активности.

В первые минуты этапа кислотного ГРП (рис. 10) локализуются события в юго-восточном и северо-западном направлениях от пластопересечения скважины. В последующем происходит увеличение количества лоцируемых событий в данных направлениях. Через образованное на протяжении всего этапа фрак (кислотный) «облако» событий можно провести одну осевую линию зоны повышенной микросейсмической активности: - с азимутом 130° (или 310°) и протяженностью 241 м.

Согласно розе азимутальных направлений трещин по всем залоцированным событиям в области визуализации этапа Фрак (кислотный) выделяется преобладающий азимут ориентации трещин: - 120^{o} ±10^{o} (или 300^{o} ±10^{o}), который хорошо согласуется с азимутом выделенной осевой линии микросейсмической активности.

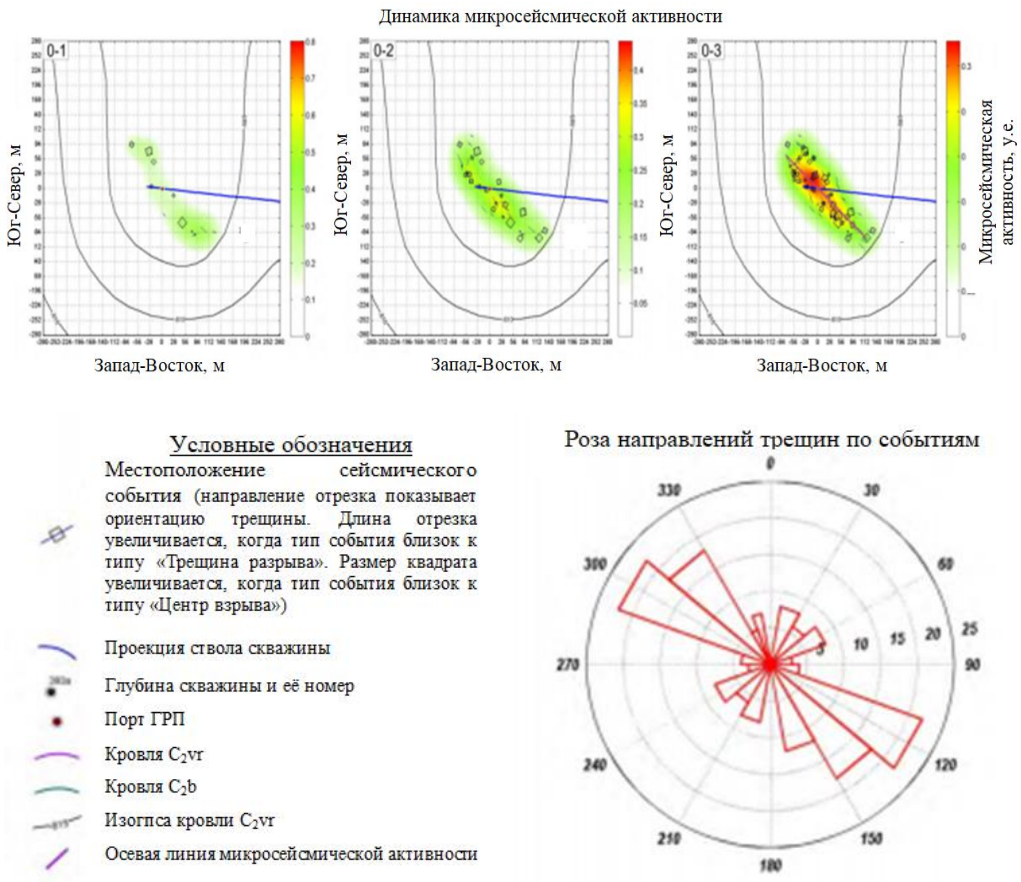


Рис. 10. Результаты микросейсмического мониторинга этапа кислотного ГРП в скважине 3

Согласно анализу микросейсмических событий, выявленных после проведения этапов минифрак и проппантного ГРП в скважине, вдоль выделенной осевой линии по обе стороны вблизи от пластопересечения скважины прослеживаются зоны с отсутствием или наименьшей микросейсмической активностью. На основании этого факта можно предположить проникновение проппанта по образованной трещине ГРП на протяжении выделенного участка отсутствия микросейсмической активности вдоль осевой линии. Протяженность выделенной зоны вероятного проникновения проппанта меньше протяженности непосредственно осевых линий микросейсмической активности и составляет 48 м для этапа миниГРП и 148 м для этапа проппантного ГРП.

По результатам микросейсмического мониторинга ГРП в районе ствола скважины 3 выделена одна трещина с азимутом: - 130^{o} (или 310^{o}).

Необходимо отметить, что расчет общих протяженностей осевых линий микросейсмической активности и зон проникновения проппанта велся из следующего условия: при совпадении осевых линий и зон проникновения проппанта они не суммировались между собой, а учитывалась только линия или зона, имеющая максимальную длину из совпадающих.

Целевым назначением проведенного пассивного наземного микросейсмического мониторинга ГРП являлось определение азимутов, протяженности, характера развития зон трещинообразования и оценка зон вероятного проникновения проппанта в пласте в процессе производства гидроразрыва пласта в вертикальном стволе скважины.

Таблица 2

Основные характеристики осевых линий
зон повышенной микросейсмической активности
и зоны вероятного проникновения проппанта для всех этапов ГРП в скважины 3

Этап	Объем закачанной жидкости, м	Количество закачанного проппанта или кислоты,т ($м^3$)	Количество залоцированных событий	Азимут осевой линии, градусов	Протяженность осевой линии, м	Протяженность зон проникновения проппанта, м	Прогнозная высота трещины, м	Общая протяженность осевых линий, м	Общая протяженность зон проникновения проппанта
МиниГРП	44	3	20	130 (310)	193	48	30-35	241	148
Проппантный ГРП	74	19	48	130 (310)	191	148	35-40		
Кислотный ГРП	25	55	87	130 (310)	241	-	35-40		

Для реализации процесса оптимизации по анализируемым месторождениям Татарстана проведены следующие геофизические и сейсмические исследования скважин.

- Кросс-дипольный аккустический каротаж выполнен на 16 скважинах. Кросс-дипольный каротаж позволил решить следующие задачи:

1) расчет интервальных времен продольной, поперечной и Стоунли волны;
2) определение азимута анизотропии изгибо-поперечной волны;
3) выполнение расчета динамических механических свойств горных пород;
4) определение пористости, литологию и проницаемость;
5) прогноз направление естественных трещин;
6) прогноз направления трещин во время стимуляции скважин.

- Микроимиджер проводимости выполнен на 8 скважинах месторождений. Микроимеджер позволил решить следующие задачи:

1) выявление элементов залегания пластов;
2) уточнение литологии и контроль смены фаз осадконакопления;
3) выявление трещин (в том числе и макротрещин), их структурное расположение и распространение вдоль ствола скважин;
4) наличие винтообразных желобов и учёт их влияния на другие геофизические методы (особенно на микрометоды);
5) уточнение структуры и типа порового пространства преимущественно в карбонатных коллекторах;
6) выявление неприточных зон в интервале коллектора;
7) уточнение геологического строения интервала пересечённого скважиной;

8) получение рекомендаций по местам отбора керна в наиболее представительной и интересующей части коллектора;

9) оценку раскрытости выявленных трещин; - выявление зон и интервалов кавернозности с оценкой размеров отдельных каверн.

- Пассивный сейсмический мониторинг выполнен на 10 скважинах месторождений. Интерпретируя локализацию микросейсмических шумов совместно с другими данными, можно решить следующие задачи:

1) локализовать зоны повышенной трещиноватости, в том числе в околоствольном пространстве;

2) оценить характер развития и характеристики зоны трещинообразования в пласте в процессе производства ГРП;

3) локализовать зоны флюидонакопления в околоствольном пространстве;

4) детектировать распространение флюида в пласте, заколонном пространстве и по субвертикальным разуплотненным зонам.

Заключение

По результатам геофизических и сейсмических исследований на месторождениях Республики Татарстан построена карта региональных напряжений.

Применение карты региональных напряжений для оценки естественной и вызванной в результате ГРП техногенной трещиноватости позволит:

- выбирать оптимальные схемы расположения нагнетательных и добывающих скважин;
- определить оптимальные места для заложения скважин в коллекторах трещинового и трещино-порового типов,
- определить оптимальное направление горизонтальных стволов;
- прогнозировать развитие техногенных трещин перед проведением ГРП;
- снизить риски бурения непродуктивных скважин,
- оптимизировать разработку месторождений (заводнение, закачка пара).

В конечном итоге, карта региональных напряжений позволит повысить эффективность геологоразведочных работ, увеличить выработку запасов углеводородов и снизить непроизводительные затраты.

Литература

1. *Улыбин А.В.* Обоснование применения геомеханических моделей при разработке нефтяных месторождений // Молодой ученый. 2017. № 50(184). С. 85-87. URL: https://moluch.ru/archive/184/47211/ (дата обращения: 25.10.2021).
2. *Тупицин А.М.* Извлечение вязкой нефти из сложно-построенных залежей комплексными технологиями вытеснения (на примере Байтуганского месторождения): диссертация на соискание степени к.т.н., Бугульма. 2017. С. 27-29.
3. *Каменев П.А.* Исследование поля напряжений земной коры Сахалина в связи с проблемами освоения нефтегазовых месторождений / *П.А.Каменев, Л.М.Богомолов* // Вестник ДВО РАН. 2017. №1 С. 136-140.
4. *Каменев П.А.* О напряженном состоянии земной коры Сахалина по данным бурения глубоких скважин [Текст] / *П.А.Каменев, Л.М.Богомолов, А.С.Закупин* // Тихоокеанская геология. Южно-Сахалинск. 2017. Том 36. №1. С. 29-38.
5. *Нежданов А.А.* Сейсмогеологический анализ нефтегазоносных отложений Западной Сибири для целей прогноза и картирования неантиклинальных ловушек и залежей УВ: автореферат диссертации на соискание степени д.г.-м.н., А.А. Нежданов. Тюмень. 2004. 125 с.
6. *Борисов А.С.* Методы разведочной геофизики при изучении углеводородов сланцевых толщ (Направление подготовки 05.04.01 «Геология», дисциплина «Современные тенденции развития геофизики» [Текст] / А.С.Борисов, М.Я.Боровский // Казанский университет, Казань. 2015. 73 с.
7. *Хисамов Р.С.* Изучение верхней части разреза осадочного чехла и поиск высокозалегающих залежей сверххвязкой нефти сейсморазведочными работами МОГТ 2D на территории Республики Татарстан [Текст] / Р.С.Хисамов, В.А.Екименко и др. // Георесурсы. 2016. №4. Ч.2. С. 300-305.

8. *Гладков Е.А.* Геологическое и гидродинамическое моделирование месторождений нефти и газа [Текст] / Е.А. Гладков // учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 84 с.
9. *Екименко В.А., Миргалимов И.В.* Настоящее и будущее нефтяных месторождений в разрезе сейсморазведки [Текст] // Инновации и технологии в разведке, добыче и переработке нефти и газа: Материалы Международной научно-практической конференции. Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2010. С. 140-141.
10. *Мамяшев В.Г.* О применении методов геофизических исследований для предупреждения осложнений при бурении [Текст] // Современные технологии нефтегазовой геофизики. Материалы докладов конференции 18-19 мая 2016., Тюмень: ТИУ, 2016. С. 138-141.
11. *Латыпова Э.С.* Сейсмофациальный анализ как основной метод прогноза развития коллекторов в условиях низкой изученности бурением // Современные технологии нефтегазовой геофизики. Материалы докладов конференции 18-19 мая 2016. Тюмень: ТИУ, 2016. С. 57-61.
12. *Селезнев В.С.* Мониторинг раскрытия трещин ГРП в доманиковых отложениях на участке в районе скважины 2802Г Бавлинского месторождения по технологии ФИЦ ЕГС РАН // Научно-техническое совещание институт «ТатНИПИнефть». Бугульма: ПАО «Татнефть» им. В.Д. Шашина 2018. 30 с.
13. *Ольнева Т.В.* Оценка информативности векторных анизотропных карт на основе комплексирования сейсмических, скважинных и региональных данных / *Т.В. Ольнева, Д.Г. Семин, И.Ю. Богатырев, К.А. Ежок, А.Н. Иноземцев.* // Геофизика. 2017. С. 10-15.
14. *Walsh R.F.* Состояние стресса в Техасе: последствия для индуцированной сейсмичности, письма о геофизических исследованиях [Текст] / R.F. Walsh, J.E. Lung Snee. // Geologypage. 2016. С. 6-12.
15. *Габдрахманов А.Т.* Анализ результатов исследований образцов керна и керновой нефти с применением статистических методов // Нефтяная провинция. 2020. № 2(22) С. 18-35.

УДК 550.347 DOI:10.34708/GSTOU.2021.61.64.036

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММЫ SEISAN ДЛЯ РАСЧЕТА ДОБРОТНОСТИ СРЕДЫ В ТЕРСКО-КАСПИЙСКОМ ПРОГИБЕ

© [1]Габсатарова И.П., [1]Бабкова Е.А., [2]Зверева А.С.

[1]ФИЦ Единая геофизическая служба РАН, г. Обнинск
[2]ФИЦ Единая геофизическая служба РАН, г. Пермь

Представлены первые результаты изучения Q(f) в Терско-Каспийском прогибе, полученные методом затухания кодовых волн при использовании программы SEISAN. В исследовании принимали участие цифровые записи 32 станций ФИЦ ЕГС РАН в восточной зоне Северного Кавказа, зарегистрировавшие 214 землетрясений в этой зоне с K≥9.0 за период 2016–2021 гг. Получены осредненные оценки Q(f) для полигона, содержащего центральную часть Терско-Каспийского прогиба и сопредельные ей области Дагестанского клина. Так как в коде (особенно на высокой частоте) преобладают S –волны, то Qc рассматривается как Qi S-волн. По данным землетрясений в пределах земной коры в зависимости от значения геометрического расхождения β получены оценки $Q(f) = 82 \pm 17 \cdot f^{0.88 \pm 0.09}$ при β=0.5 и $Q(f) = 104 \pm 23 \cdot f^{0.88 \pm 0.11}$ при β=1.0. По данным землетрясений с очагами в промежуточной зоне $Q(f) = 129 \pm 4 \cdot f^{0.95 \pm 0.02}$ при β=1.0.

Ключевые слова: *добротность, S-волны, метод огибающих кода-волн, S-волны, Терско-Каспийский прогиб, программа SEISAN.*

Введение

Амплитуда (или энергия) сейсмических волн, сформировавшихся в очаге, уменьшается при прохождении их в геологической среде. Затухание происходит вследствие геометрического расхождения, рассеяния на неоднородностях, потерь на тепло и др. [6]. В данной работе под понятием «затухание» будут пониматься суммарные потери энергии волны на поглощение (неупругие потери) и на рассеяние без учета уменьшения амплитуд из-за геометрического расхождения. Затухание в среде обычно измеряется безразмерной величиной, называемой добротностью Q. Знание Q важно для изучения сейсмических источников и прогнозирования движения грунта в условиях опасности и количественной оценки риска. Особенно это важно для такого сейсмически активного региона как Терско-Каспийский прогиб и сочлененные с ним районы Дагестанского клина.

Определение Q с использованием кода волн является одним из наиболее распространенных методов. Кодовые волны располагаются в конце сейсмограммы после прохождения основных типов волн, таких как P, S и поверхностные волны, зарегистрированных на небольших расстояниях от землетрясения. Считается, что добротность, вычисленная по коде Qc, включает в себя как процессы рассеяния, так и поглощения в целом. Анализ большого количества данных [6, 13, 14] показал, что в коде (особенно на высокой частоте) S-волны преобладают, поэтому Qc можно рассматривать как представление Qsc и Qi S-волн. Изучение Q путем оценки затухания огибающей кодовых волн называется методом затухания кодовых волн (CWD).

В этой работе представлены результаты исследования характеристики затухания кода в регионе Терско-Каспийского прогиба и сопредельной территории Дагестанского клина, применяя модель однократного обратного рассеяния [6] к локальным землетрясениям, зарегистрированным в этом районе в период 2016–2021 гг. сейсмической сетью ФИЦ ЕГС РАН [8]. Для исследования использовались данные более 214 местных землетрясений, зарегистрированных на 32 сейсмических станциях, в основном оснащенными короткопериодными сейсмометрами (рис. 1).

Сейсмическая сеть

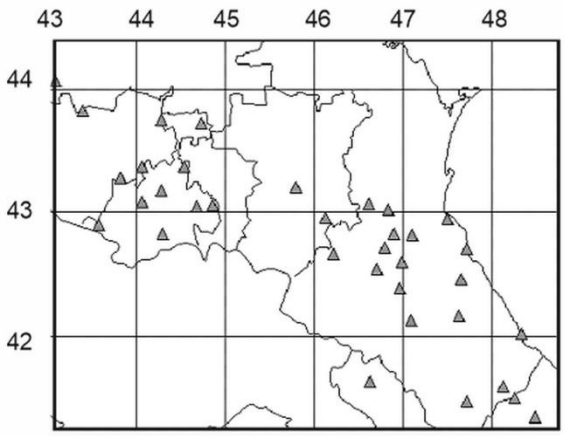


Рис. 1. Расположение сейсмических станций, участвующих в настоящем исследовании

Несмотря на то, что на территории Чеченской Республики находится только две станции в Чечен-Ауле (GROC) и Ведено (DVE) (рис. 1), благодаря плотным сетям на территориях Северной Осетии-Алании и Республики Дагестан, возможности сети ФИЦ ЕГС РАН в целом позволяют проводить подобные исследования в Терско-Каспийском прогибе.

Применение программы SEISAN

Для решения этой задачи был применен программный комплекс SEISAN, содержащий основную программу CODAQ для вычисления добротности Q по методу огибающих кода-волн, программа CODAQ AREA для сортировки выходных данных из CODAQ в площадных интервалах, CODAQ POLYGON для усреднения в заданном полигоне [9–11]. Этот программный продукт распространяется свободно и, возможно, наш опыт по его применению будет полезен другим исследователям. Заметим, что SEISAN широко применяется исследователями в Байкальском регионе [3, 4].

Были проведены соответствующие технические работы по конвертации результатов обработки локальных землетрясений сети сейсмических станций Северного Кавказа в формат программы SEISAN. В рутинной практике в регионе применяется программа WSG [1] с сохранением результатов обработки в формате css 3.0. и программа локации hypo71 [12]. Таким образом, результаты обработки представлены в нескольких файлах различного формата. Требовалась конвертация в SEISAN. Для решения *задачи конвертации* в формат SEISAN mr. Jens Havskov была создана специальная программа GSRNOR – программа конвертации данных Геофизической службы Российской Академии Наук в формат SEISAN Nordic. Программа использует 3 входных файла:

1. Выходные данные программы hypo71 (модифицированная русская версия): время прибытия фаз с весами, результаты локации, магнитуда на основе P-волн MPVA, номер скоростной модели для локации, полярность, GAP, RMS

2. Файл Arrival – выходной файл из программы WSG: в этом файле есть амплитуды P, S волн и для расчета локальной магнитуды ML в единицах мкм*100, ML для каждой станции (используется для вычисления среднего ML) и коды компонент. Амплитуды P обозначены как AMP-P, амплитуды S - AMP-S, а амплитуды для ML - как стандартные IAML. Все конвертируются в нм.

3. Файл filenr.lis со списком соответствующих волновых форм, предварительно переведенных в формат miniseed. Файл должен иметь имена в стиле SEISAN, которые используются для получения времени начала файла для сравнения с временем возникновения события. Он также должен иметь правильные коды компонентов,

заметим, что в российской практике не всегда соблюдаются международные правила. Это можно сделать с помощью программы WAVFIX.

Расчет Q. Программа CODAQ рассчитает добротность *Q* по коде (далее *Q*) для серии событий и станций при заданных частотах. По завершении вычисляются средние значения, и зависимость *Q* от частоты *f*. Принцип расчета – стандартный метод кода *Q*, при котором окно коды фильтруется заданной полосой пропускания, строится огибающая и вычисляется *Q* на соответствующей частоте. Огибающая коды рассчитывается как среднеквадратичное значение отфильтрованного сигнала с использованием окна определенной длительности. Для сравнения с полученными ранее данными первоначально взято окно 30 секунд.

Выбор начала коды относительно времени прихода волны S и отношение V_P/V_S: обычно окно коды начинается с удвоенного времени пробега S-волны от времени в очаге, этот коэффициент может варьироваться и может выбираться по-разному в особых случаях. Особенностью расчета программы является то, что время прихода S рассчитывается из P-времени, поэтому значение времени прихода P волны должно быть задано в S-файлах. S-время вычисляется из P-времени с использованием V_P/V_S. Пользователь может выбрать используемое соотношение V_P/V_S. Для расчета этого отношения для конкретного землетрясения или группы событий в SEISAN предусмотрена программа WADATI. Нами было получено для выборки землетрясений в ТК V_P/V_S.=1.74

Absolute start time (Абсолютное время начала): если 0.0, используется указанный выше параметр. Однако, если оно отличается от нуля, абсолютное время начала относительно исходного времени используется для начала окна коды. Это может быть полезно, поскольку разные время начала (то есть разное время начала окна коды) могут давать разные значения *Q*. Для сравнения с данными, полученными в других регионах по совету mr. Havskov абсолютное время начала назначалось 30 секунд.

Window length (Длина окна): длина окна коды в секундах. Рекомендуется использовать не менее 20 секунд для получения стабильного результата. Для сравнения с результатами в других регионах бралось окно 30 сек. Для анализа изменчивости Q с глубиной брались окна 40-60 секунд.

Spreading parameter (Параметр «геометрическое расхождение»): Параметр геометрического расхождения, используемый для расчета, был взят 1.0, характерный для объемных волн. (0.5 для поверхностных, 0.75 для диффузных волн) [10]. Однако были проведены работы по расчетам с параметром расхождений 0.5 и 0.75, как это было проведено и в [10], где показано, что в частотной области выше 6 Гц преобладают объемные волны, а ниже 6 Гц – совместно поверхностные и объемные волны.

30-30-0.5 ntotal= 1895 q0= 82 sd= 17 v= 0.88 sd= 0.09 cor= 1.00

30-30-0.75 ntotal= 1895 q0= 82 sd= 17 v= 0.88 sd= 0.09 cor= 1.00

30-30-1.0 ntotal= 1654 q0=104 sd= 23 v= 0.88 sd= 0.11 cor= 1.00

В приведенных результатах слева направо: Абсолютное время начала кода-волны в сек (30), длина окна в сек (30), геометрическое расхождение β, ntotal-количество расчетов, q0 – значение добротности на частоте 1 Гц, sd – стандартное отклонение, v – частотный параметр – показатель степени, sd – стандартное отклонение, cor – коэффициент корреляции при определении зависимости q от f.

Minimum signal to noise ratio (Минимальное отношение сигнал/ шум): чтобы принять станционное значение *Q* для вычисления среднего, отношение сигнал/шум должно быть выше указанного значения. Отношение сигнал/шум рассчитывается с использованием заданного интервала времени tRMS (см. Следующие параметры) в секундах конца отфильтрованного окна коды и первых tRMS секунд окна файла данных. Рекомендованное значение – 5.0.

Maximum counts to use (Максимальное количество используемых отчетов): если значение счетчика в окне коды выше этого значения, окно не используется. Основная причина использования данного параметра это возможность избежать использования обрезанных значений.

Noise window in front of signal and length of noise window, tnoise and tRMS (окно шума перед сигналом и длина окна, tnoise и tRMS): первое число – это количество секунд шума для построения перед сигналом. Второе число - это длина окна для расчета отношения сигнал/шум.

Minimum correlation coeffcient (Минимальный коэффициент корреляции): чтобы использовать значение Q в среднем, коэффициент корреляции коды должен быть больше или равен этому значению. Значения корреляции на самом деле отрицательные, но в дальнейшем всегда упоминаются как положительные. Приемлемое значение зависит от исходного наборы данных. Рекомендуется использовать минимум 0.5 (в действительности -0.5).

Number of frequencies and number of octaves (Количество частот и количество октав): Количество используемых частот, максимум 10, 5 - это оптимальное число. Также можно указать количество октав для фильтра, тогда все фильтры будут иметь одинаковую полосу пропускания.

Frequencies and bands (Частоты и полосы): соответствующие центральные частоты и полосы частот. Полоса частот должна увеличиваться с увеличением частоты, чтобы избежать ошибки. Например, 8.4 означает, что сигнал отфильтрован от 6 до 10 Гц. Рекомендуется использовать постоянную фильтрацию относительной пропускной способности, чтобы получить равное количество энергии в каждую полосу. Относительная ширина полосы определяется как $\mathrm{RBW} = (f_u - f_l)/f_0$, где f_u и f_l – верхний и нижний предел частоты соответственно. Такой фильтр был бы, например, 4 ± 1, 8 ± 2. 16 ± 4. Частота, представляющая энергию в определенной полосе фильтра, является геометрической центральной частотой, вычисленной как f_c=sqrtf_u f_l Поскольку пользователь, вероятно, хочет вычислить Q на заданной частоте, для этого в SEISAN добавлена возможность выбирать нужную центральную частоту для расчета и программа будет рассчитывать f_u и f_l рассчитываются таким образом, чтобы получилась заданная полоса. Еще можно рассчитать как и раньше, где f_u и f_lбудут точно такими, как указано (но геометрическая центральная частота не будет соответствуют указанной центральной частоте), указав полосу пропускания как отрицательное число. Ширина фильтра должно быть не менее одной октавы, например, 2-4 и 8-16. Число октав может быть задано числом частоты, поэтому нет необходимости вычислять правильные диапазоны. Рекомендуется использовать 1-2 октавные фильтры. По окончании расчетов выписываются октавы и полосы фильтра.

Default stations (Станции по умолчанию): Станции и компоненты, которые будут использоваться, если они не указаны в файле codaq.inp. Названия станций в первой линии и компоненты на второй строке.

После чтения файла с параметрами codaq.par, программа по умолчанию будет использовать файл codaq.inp для получения информации о событиях и станциях. Коды станций могут содержать до 5 символов. Файл codaq.inp будет состоять из серии строк, каждая из которых содержит идентификатор события (файл INDEX). Рассчитываются центральные точки трасс эпицентр-станция (midd-points), которые программой EPIMAP могут быть изображены на карте (рис. 2).

В результате работы программы CODAQ получается ряд выходных файлов.

```
DVE      n=  238 q10=  750  q0= 98  sd= 18  v= 0.88  sd= 0.09  cor= 1.00
GROC     n=  149 q10=  734  q0= 97  sd= 22  v= 0.88  sd= 0.10  cor= 1.00
BUJR     n=   12 q10=  707  q0= 83  sd=  9  v= 0.93  sd= 0.05  cor= 1.00
DLMR     n=  118 q10=  747  q0=110  sd= 28  v= 0.83  sd= 0.15  cor= 1.00
UNCR     n=  110 q10=  777  q0=110  sd= 20  v= 0.85  sd= 0.14  cor= 1.00
ARKR     n=   12 q10=  684  q0=123  sd= 25  v= 0.75  sd= 0.13  cor= 1.00
BTLR     n=  145 q10=  905  q0= 94  sd= 17  v= 0.98  sd= 0.14  cor= 1.00
KRNR     n=   36 q10=  793  q0=115  sd= 22  v= 0.84  sd= 0.14  cor= 1.00
LACR     n=   56 q10=  923  q0= 98  sd= 22  v= 0.97  sd= 0.15  cor= 1.00
VLKR     n=   55 q10=  951  q0=111  sd= 27  v= 0.93  sd= 0.17  cor= 0.99
R09      n=   58 q10=  678  q0=119  sd= 28  v= 0.76  sd= 0.12  cor= 0.99
R05      n=  112 q10=  576  q0= 98  sd= 23  v= 0.77  sd= 0.20  cor= 1.00
STDR     n=   33 q10=  508  q0=119  sd= 22  v= 0.63  sd= 0.12  cor= 0.99
ARNR     n=   42 q10=  619  q0=129  sd= 24  v= 0.68  sd= 0.11  cor= 0.99
```

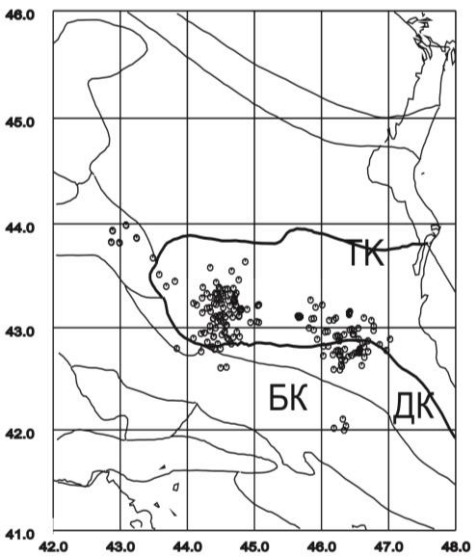


Рис. 2. Расположение центральных точек трасс «эпицентр-станция» относящихся к Терско-Каспийскому прогибу (ТК), сопредельной территории Дагестанский клин (ДК). На карте нанесены границы тектонических элементов по [5]

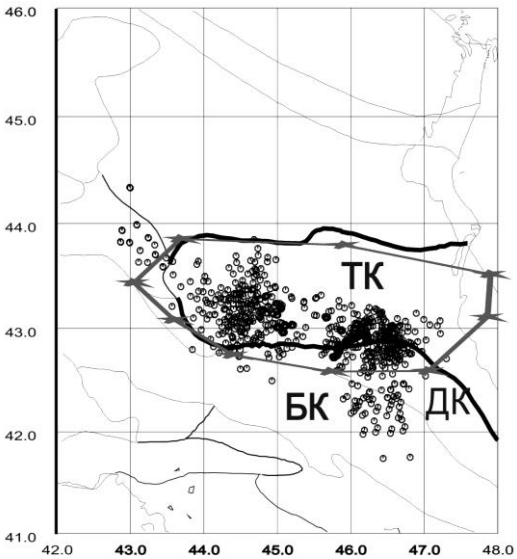


Рис. 3. Графическое изображение вывода работы команды EPIMAP построения карты средних точек (midpoint) с нанесенным контуром района для расчета средних значений добротности в выбранном полигоне

Выше приводится фрагмент таблицы выходного файла codaq.channel, полученного в результате работы программы CODAQ. N-количество расчетов, q10 – значение добротности на частоте 10 Гц, q0 – значение добротности на частоте 1 Гц, sd – стандартное отклонение, v – частотный параметр – показатель степени, cor – коэффициент корреляции при определении зависимости q от f.

Одновременно вычисляется среднее значение Q из анализируемой выборки и сообщается в файле codaq.summary, например «ntotal= 1654 q0=104 sd= 23 v= 0.88 sd= 0.11 cor= 1.00». В данном случае это средний результат по добротности Q по всей совокупности землетрясений в Терско-Каспийском прогибе:

$$Q(f) = 104 \pm 23 \cdot f^{0.88 \pm 0.11} \quad \text{при } \beta = 1.0 \tag{1}$$

$$Q(f) = 82 \pm 17 \cdot f^{0.88 \pm 0.09} \quad \text{при } \beta = 0.5 \tag{2}$$

Различия составляют 17%, в [10] отмечается, что могут достигать 20%.

Завершающим этапом является анализ добротности *Q*, в выделенном районе, для чего можно использовать программу CODAQ_POLYGON. Для этого с помощью команды EPIMAP, можно выделить события в многоугольнике при построении средних точек codaQ. (или другие эпицентры) (рис. 3). Затем можно рассчитать средний *Q* в этой области с помощью программы CODAQ POLYGON.

Так как изначально анализируемая выборка землетрясений была создана близко к этому региону, средний результат по добротности Q по всей совокупности землетрясений в Терско-Каспийском прогибе на выделенном полигоне близок к просто среднему, но дает меньшие ошибки:

$$Q(f) = 104 \pm 6 \cdot f^{0.86 \pm 0.04} \quad \text{при } \beta = 1.0 \tag{3}$$

Известно, что в Терско-Каспийском прогибе происходят землетрясения с очагами не только в земной коре, но и глубже в переходной зоне к верхней мантии (достигают h=160 км) [2]. Естественно предположить, что свойства среды различны, что должно найти отражение в значениях добротности Q, характеризующей затухание энергии сейсмических волн. Удалось собрать записи не более 20 землетрясений с промежуточными глубинами очагов и удовлетворяющие требованиям метода исследования кода-волн. В дальнейшем этот ряд будет пополняться, предварительные результаты для средних значений в полигоне таковы:

$$Q(f) = 129 \pm 4 \cdot f^{0.95 \pm 0.02} \text{ при } \beta = 1.0 \quad (4)$$

Полученное значение Q(f) характеризует более высокую добротность среды, сравнение с Q (f) от коровых очагов показано на рисунке 4.

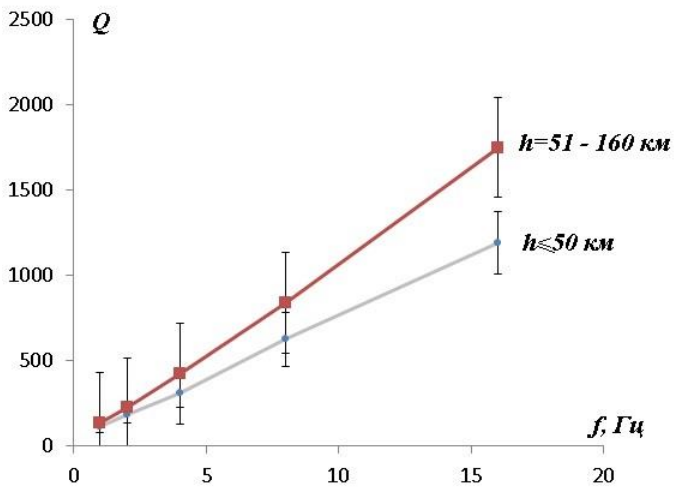


Рис. 4. Сравнение кривых изменения добротности Q с частотой в интервале f=1–16 *Гц* для коровых и заглубленных очагов

Заключение. Для получения корректных значений сейсмического момента слабых и умеренных землетрясений по спектрам станций необходим учет влияния среды на поглощение энергии исследуемых сейсмических фаз, поэтому, изучалась добротность среды в окрестности отдельных станций.

Применение программного комплекса SEISAN позволило получить устойчивые оценки Qc(f), которые могут рассматриваться как Qs(f) и могут быть использованы для коррекции станционных спектров S-волн за поглощение в коре и верхней мантии при исследовании землетрясений с очагами в коре. Для заглубленных очагов получен предварительный результат, но и он показывает на более высокие значения добротности. Подобный результат отмечался в работе по региону Тайвань [7].

Литература

1. *Акимов А.П., Красилов С.А.* Программный комплекс WSG «Система обработки сейсмических данных» // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020664678 от 16.11.2020 г. Правообладатель: ФГБУ науки «Единая геофизическая служба Российской академии наук».
2. *Габсатарова И.П.* Триггерные эффекты в проявлении сейсмичности в Терско-Каспийском прогибе // Триггерные эффекты в геосистемах: материалы V Международной конференции / Под ред. *В.В. Адушкина, Г.Г. Кочаряна.* М.: ТОРУС ПРЕСС, 2019. С. 30–37.

3. Неоднородности поля затухания сейсмических волн на территории Южного Прибайкалья и Забайкалья / *Добрынина А.А., Саньков В.А., Предеин П.А., Чечельницкий В.В., Тубанов Ц.А.* // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2016. Т. 17. С. 46-63.
4. *Добрынина А.А., Чечельницкий В.В., Саньков В.А.* Сейсмическая добротность литосферы юго-западного фланга Байкальской рифтовой системы // Геология и геофизика. 2011. № 52(5). С. 712-724.
5. *Хаин В.Е.* Кавказ. Тектоническая карта. Масштаб 1:5500000 // Большая Советская Энциклопедия. М.: Советская Энциклопедия, 1973. Т. 11. С. 112-114.
6. Aki K., B. Chouet (1975) Origin of 550.341: Source, attenuation, and scattering effects, J. Geophys. Res., 80. Pp. 3322-3342.
7. Chung J.K., Chen Y.L., Shin, T.C. (2009) Spatial distribution of coda Q estimated from local earthquakes in Taiwan area. Earth, planets and space. № 61(9). Pp.1077-1088.
8. GSRAS. (1989). *Seismic network of Russian Federation* [Data set]. International Federation of Digital Seismograph Networks. https://doi.org/10.7914/SN/RU
9. Havskov J., Ottemoller L. (2003). SEISAN: the earthquake analysis softwares for Windows, Solaris and Linux, Version 8.0. Institute of Solid Earth Physics, University of Bergen, Norway, 2003. 348 p. http://www.geo.uib.no/seismo/software/software.html
10. Havskov J., Sorensen M., Vales D., Ozyazicioglu M. ant oth. Coda Q in different tectonic areas, influence of processing parameters // Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. 106. No. 3. 2016. Pp. 956-970.
11. Havskov J., P.H. Voss, L. Ottemöller (2020) Seismological Observatory Software: 30 Yr of SEISAN, Seismol. Res. Lett. 91. Pp. 1846–1852. DOI:10.1785/0220190313.
12. Lee W.H.K., Lahr J.C. HYP071 (Revised): A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes // U.S. Geological Survey Open File Report 75.311. 1975. 113 p.
13. Rautian T.G., Khalturin V.I., (1978) The use of coda for determination ofthe earthquake source spectrum. Bulletin of the Seismological Societyof America 68. Pp. 923-948.
14. Sato H., M.C. Fehler, T. Maeda (2012). Seismic Wave Propagation and Scattering in the Heterogeneous Earth, Second Ed., Springer-Verlag. Berlin, Germany. 494 p.

УДК 550.34 DOI:10.34708/GSTOU.2021.50.48.037

СЕЙСМИЧЕСКИЙ РИСК ТЕРРИТОРИИ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

© Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Кануков А.С., Архиреева И.Г., Фидарова М.И.

Геофизический институт ВНЦ РАН, г. Владикавказ

Риск землетрясения или потенциал разрушений территории обусловлен сочетанием сейсмической опасности, уязвимости застройки и ее подверженностью воздействию. Разрушения от недавних землетрясений по всему миру свидетельствуют о необходимости адекватной оценки сейсмического риска и разработки приложений для управления рисками, связанными со стихийных бедствий. Целью работы являлась разработка и реализация методики оценки ожидаемого сейсмического риска современного города на примере отдельной выделенной территории г. Владикавказа, в качестве которой была выбрана улица Куйбышева и прилегающие к ней кварталы. При этом учет конкретных видов грунтов и типов застройки с расчетными интенсивностями и уязвимостями типов зданий обусловил различный уровень ожидаемых экономических потерь. Далее на основе учета ожидаемых повреждений были рассчитаны ожидаемые социальные потери. В завершение были установлены сейсмические риски территории, включающие указанные экономические и социальные потери.

Ключевые слова: *сейсмическая опасность, сейсмическое микрорайонирование, уязвимость застройки, классификация типов зданий, интенсивность, грунтовые условия, сейсмический риск, экономические и социальные потери.*

Введение

Быстро растущая урбанизация и развитие промышленности приводят к освоению новых территорий, большей частью сейсмически опасных. В последние годы урбанизация новых районов в развитых странах получила очень высокие темпы. При этом, почти 90% урбанизированной территории, как правило, расположены в областях с высокой степенью риска проявления различных природных опасностей.

Оценка сейсмического риска включает оценку последствий землетрясения для выбранной территории с точки зрения ожидаемого ущерба и потерь от данной опасности для данного объекту подвергающегося риску. Детерминированная оценка риска, как правило, проводится для явления представляющего опасность, такого как землетрясение определенной магнитуды в определенном месте. Оценка риска включает в себя оценку сейсмической опасности [Аптикаев, 2020,2021; Заалишвили и др., 2011; Чернов, 2021; Jyun-Yan, 2020], уязвимости структур, экспозиции и, наконец, оценку потерь [Заалишвили, 2000, 2005; Заалишвили и др.,2007, 2008, 2013; Баласанян и др., 2004; Накопия, Заалишвили,, 2013; Bendimerad, 2001; Bonnin, Zaalishvili, 2002; Kalantari, 2012; Zaalishvili et al, 2001, 2020]. Оценка потерь относится к оценке социальных и экономических потерь, которые могут возникнуть во время сценарного землетрясения.

К расчёту риска сейсмических потерь на примере улицы Куйбышева в г. Владикавказе

Район исследования размещался на площади 1.35 км.^{2}, его южной границей служила улица Горького, северная оконечность проходила по улицам Джанаева, Маркова, переулку Осипенко, братьев Щукиных; на западе участок простирался до реки Терек, а на востоке он ограничивался по соответствующей линии построенного городка Весна. Созданая база данных застройки содержит информацию по зданиям, расположенным по улице Куйбышева и в прилегающих кварталах [Заалишвили и др., 2012; Заалишвили, Кануков, 2012].

Для территории г. Владикавказа в Геофизическом институте был составлен набор карт сейсмической опасности для повторяемости 50 лет и вероятностью превышения

сейсмической опасности 1 %, 2 %, 5 % и 10%. Для территории г. Владикавказа отдано предпочтение карте ДСР с вероятностью 5%, которая приближается к существующим оценкам уровня сейсмической опасности (повторяемость 1000 лет) для региона [Заалишвили и др., 2011, 2012; Zaalishvili, Rogozhin, 2011].

Расчет ожидаемого экономического и социального ущерба

Для оценки полного ущерба необходимы данные для расчета основных некоторых видов ущерба: Полный экономический ущерб L вычисляется как сумма отдельных видов ущерба для всех зон различной интенсивности [Соболев, 1997; HAZUS, 1997].

Наибольшие экономические потери при 8-балльном землетрясении следует ожидать на участках 2 и 3, что, в первую очередь, обусловлено грунтовыми условиями и качеством застройки. В то же время риск экономических потерь для участка 1 – микрорайона «Весна» незначителен, что связано с тем, что застройка данного участка состоит исключительно из зданий типа D. В то же время, учитывая возможные опрокидывания зданий, вызванные разжижением грунтов, экономический риск возрастет в несколько раз.

Социальные потери во время землетрясений, в основном, определяются уровнем повреждения зданий и сооружений. Используя ожидаемые значения процента повреждений по степени повреждений и соответствующие значения коэффициента ущерба для разных уровней интенсивности по шкале MSK – 64, числа зданий и сооружений (большинство, отдельные, среднее) различного уровня, были рассчитаны ожидаемые социальные потери населения (рис. 1). Данные эти, несомненно, средние и, к сожалению, могут быть значительно превышены при некачественном строительстве. Везде в наших расчетах предполагается, что качество работ соответствует нормативам (хотя бы на период строительства). Учитывая, что основная часть уже существующей застройки характеризуется дефицитом сейсмостойкости 1-2 балла и иногда больше, очень важное внимание необходимо уделять качеству работ. В частности, необходимо учитывать также показатели амортизации зданий и сооружений.

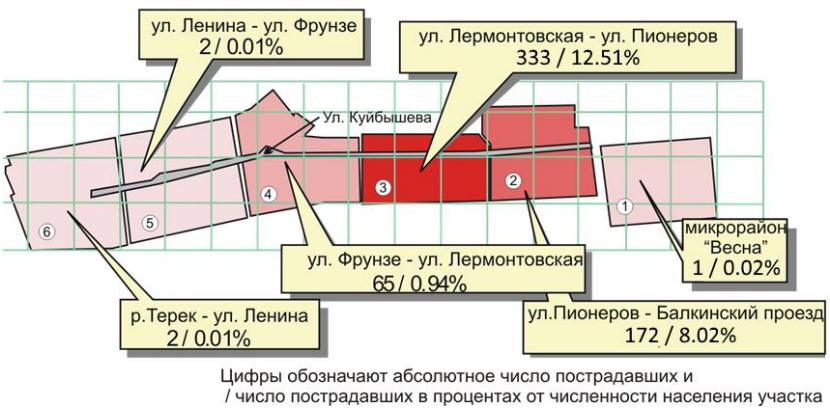


Рис. 1. Ожидаемые социальные потери при 8-балльном землетрясении для г. Владикавказа (для средних грунтов)

Выводы

1. Реализована оценка сейсмического риска современной урбанизированной территории на примере территории ул.Куйбышева и прилегающих кварталов. Являясь частью старой центральной части города, рассматриваемая улица включает почти все типы зданий и сооружений, распространенных в городе и все многообразие грунтовых условий.
2. Реализована оценка ожидаемого экономического ущерба и социальных потерь, обусловленных сейсмическим воздействием на застройку. Социальные потери

во время землетрясений, в основном, определяются уровнем повреждения зданий и сооружений. В то же время т.н. вторичные последствия в виде оползней, разжижения, грунтов, наводнения могут стать при определенном стечении негативных факторов определяющими и аномально высокими.

3. Рассмотрены основные показатели уязвимости зданий и сооружений, факторы, формирующие прямой и косвенный ущерб при землетрясениях.
4. Приведена классификация застройки по ул. Куйбышева по сейсмическому классу уязвимости.
5. Создана база данных застройки по улице Куйбышева. Эта база включает в себя всю необходимую информацию по зданиям, расположенным по улице Куйбышева и в прилегающих кварталах.
6. Рассмотрены особенности построения модели сейсмической уязвимости градостроительных систем.

Литература

1. *Аптикаев Ф.Ф.* Новые строительные нормы: шаг вперед, два шага назад // Геология и геофизика Юга России. 2020. 10(2): 71-81. DOI: 10.46698/VNC.2020.50.57.005.
2. *Аптикаев Ф. Ф.* О картах ОСР в ускорениях // Геология и геофизика Юга России. 2021. 11 (1): 95 – 103. DOI: 10.46698/VNC. 2021.24.94.008
3. *Заалишвили В.Б.* Сейсмический риск в оценке направлений реконструкции исторического центра города // Теория сооружений и сейсмостойкость. ИСМИС им. К.С. Завриева АН Грузии №1. Тбилиси, 2000. С. 189-194.
4. *Заалишвили В.Б.* Сейсмическая опасность и сейсмический риск территории. управление сейсмическим риском // В книге: Природные и техногенные катастрофы РСО-Алания. *Айларов А.Е., Буньков Ю.Д., Вагин В.С., Голик В.И., Долгов Г.А., Кудухов В.А., Заалишвили В.Б., Полквой А.П., Турлов С.А., Хасьянов О.А., Хацаева Ф.М., Цхурбаев Ф.И.* Владикавказ, 2005. С. 20-48.
5. *Заалишвили В.Б., Невский Л.Н., Мажиев Х.Н., Мамитов Т.Г.* Оценка сейсмического риска урбанизированной территории / В сб.: Современное состояние и пути развития Юга России. материалы региональной научной конференции. главный редактор: Г.Г. Матишов. 2007. С. 465-470.
6. *Заалишвили В.Б., Мажиев Х.Н., Габеева И.Л*. Сейсмический риск существующей застройки на территории г.Владикавказа // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2008. № 4. С. 40-43.
7. *Заалишвили В.Б., Дзеранов Б.В., Габараев А.Ф.* Оценка сейсмической опасности территории и построение вероятностных карт // Геология и Геофизика Юга России, №1, 2011 1(1):48-58.
8. *Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Кануков А.С.* Информационная система обеспечения градостроительной деятельности на основе информационной базы данных сейсмичности и сейсмического риска // Информатизация и связь. 2012. № 5. С. 14-18.
9. *Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Габеева И.Л., Дзебоев Б.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Шепелев В.Д.* Сейсмическое микрорайонирование территории г.владикавказа // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2012. № 1. С. 49-58.
10. *Заалишвили В.Б., Кануков А.С.* Рейтинговая оценка грунтовых условий и сейсмический риск территории / В сб.: Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа. 2012. С. 247-254.
11. *Заалишвили В.Б., Архиреева И.Г., Дзеранов Б.В., Дзугкоев А.Р.* Оценка сейсмического риска урбанизированной территории / В сб.: Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе. Труды V Кавказской международной школы-семинара молодых ученых. Редактор: *В. Б. Заалишвили*. 2013. С. 127-132.
12. *Накопия М.С., Заалишвили В.Б.* Реконструкция старых кварталов г. тбилиси в свете сейсмического риска существующей застройки // В сборнике: Сейсмическая опасность и управление сейсмическим риском на Кавказе. Труды V Кавказской международной школы-семинара молодых ученых. Редактор: В. Б. Заалишвили. 2013. С. 143-149.
13. *Соболев Г.А.* (отв. ред.). Оценка сейсмической опасности и сейсмического риска. Пособие для должностных лиц. ОИФЗ РАН, институт сейсмологии. М.: ОИФЗ РАН, 1997. 26 с.
14. *Чернов Ю. К.* Опыт детальных вероятностных оценок возможных сейсмических воздействий на территории РСО-Алания. Геология и Геофизика Юга России. 2021. 11 (2): 87 – 102. DOI:

10.46698/VNC. 2021.83.10.007.
15. *Kalantari A.* Seismic Risk of Structures and the Economic Issues of Earthquakes // Earthquake Engineering. Published by InTech. Edited HalilSezen, 2012, P. 3-24.
16. *Bendimerad, F.* (2001). "Loss Estimation: A Powerful Tool for Risk Assessment and Mitigation", Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 21, No. 5, pp. 467–472.
17. *Bonnin J., Zaalishvili V.* International cooperation management of seismic hazard in Caucasus / Труды Международной конференции «Информационные технологии системы: наука и практика». Владикавказ, 2002. С. 479-482.
18. HAZUS, "Earthquake loss estimation methodology: Technical Manual," Tech. Rep., National Institute of Building for the Federal Emergency Management Agency, Washington, USA, 1997.
19. *Jyun-Yan Huang, Zaalishvili V. B., Melkov D. A., Chun-Hsiang Kuo, Kuo-Liang Wen, Chun-Te Chen.* Progress of Soil Nonlinearity Researches of Recent Years in Russia and Taiwan. Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South. 2020. 10 (2): 95-112. DOI: 10.46698/VNC.2020.28.93.007.
20. *Zaalishvili V.B., Chachava N.T., Gogmachadze S.A.* Seismic risk assessment methods in old Tbilisi. Natural Disasters designing for safety. Proceedings of UIA work programmed conference. UIA-Chamber of Architects of Turkey. Istanbul. 2001, pp. 81-88.
21. *Zaalishvili V. B., Rogozhin E. A.* Assessment of Seismic Hazard of Territory on Basis of Modern Methods of Detailed Zoning and Seismic Microzonation. The Open Construction and Building Technology Journal. 2011. Vol. 5. pp. 30- 40.
22. *Zaalishvili V.B., Burdzieva O.G., Kanukov A.S., Melkov D. A.* Seismic risk of modern city. Open Construction and Building Technology Journal. 2019. Vol. 13. No. 1. pp. 308- 318.
23. *Zaalishvili V. B., Pinar A., Erdik M., Burdzieva O. G, Melkov D. A.* Issues of seismic risk assessment of Vladikavkaz city. Geology and Geophysics of Russian South. 2020. 10 (3): 94-113. DOI: 10.46698/VNC.2020.47.51.006.

УДК 550.37: 550.343 DOI:10.34708/GSTOU.2021.97.82.038

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДИПОЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАЙОНЕ КЕРЧЕНСКОГО МОСТА

© Идармачев Ш.Г., Черкашин В.И., Мамаев С.А., Идармачев И.Ш.

Институт геологии ДФИЦ РАН, г. Махачкала

На основе результатов режимных наблюдений за кажущимся сопротивлением земной коры на различных сейсмопрогностических полигонах Средней Азии, Кавказа, США, Италии, полученных методом дипольного зондирования, была определена эффективность использования данного метода в целях контроля опасных геологических процессов. На территории России построены и строятся большое количество сооружений стратегического назначении требующих постоянного контроля не только за техническим состоянием конструкций, но и за геологическими условиями данной территории. Одним из таких сооружений современности является Керчинский мост, где происходят сейсмические события, активность которых оценивается 10 баллов по шкале MSK-64. Колебания моста интенсивностью 10 баллов может повредить не только конструкции данного сооружения, но и привести к подвижкам, по имеющимся в районе сейсмогенерирующим разломам, отдельные из которых пересекаются с Керченским проливом. Учитывая важность данного сооружения предлагается использование метода дипольного электрического зондирования, что позволит контролировать геодинамические процессы в разломных зонах, вызванные тектонической деформацией в период формирования очага сильного землетрясения. Численные оценки аномального изменения кажущегося электрического сопротивления земной коры перед землетрясением магнитудой M≥6,5 показывают, что применение метода дипольного зондирования с расстояниями между питающим и приемными диполями более 10 км позволяет уверенно зондировать область очага землетрясения с гипоцентром 15–20 км, например, ту ее часть, которая расположена близко к земной поверхности.

Ключевые слова: *дипольное зондирование, кажущееся сопротивление, разлом, очаг землетрясения, тектонические напряжения.*

Впервые в Таджикистане советскими учеными методом дипольного электрического зондирования земной коры, перед землетрясением в районе Гармского сейсмопрогностического полигона, были получены положительные результаты по аномальным вариациям кажущегося электрического сопротивления горных пород ($\rho_к$) [1]. Подобные результаты были получены и на других полигонах республик Средней Азии: Киргизия, Туркмения, Узбекистан [8–10], Кавказа [2–5], а также США [13] и Италии [11].

Анализ этих данных позволяет сделать следующие выводы:

1 – аномалии $\rho_к$ начинаются за 15–60 суток до землетрясения;

2 – перед землетрясением наблюдается уменьшение $\rho_к$ на 10–30%;

3 – время землетрясения совпадает с максимальным изменением $\rho_к$;

4 – амплитуда аномалии повышается с увеличением глубины зондирования;

5 – аномалии не связаны с метеофакторами, а вызваны процессом деформации земной коры в области подготовки очага землетрясения.

Как сказано выше, учитывая важность построенного объекта, Крымский мост, нами предлагается провести исследования в этом районе, с целью получения экспериментальных данных, на основе которых можно будет контролировать геодинамическую ситуацию в этом районе.

Для проведения дипольного зондирования, специальным генератором, в землю подается (какой?) ток по двум электродам, основой которых являются обсаженные скважины глубиной 20-50 м. (рис. 1).

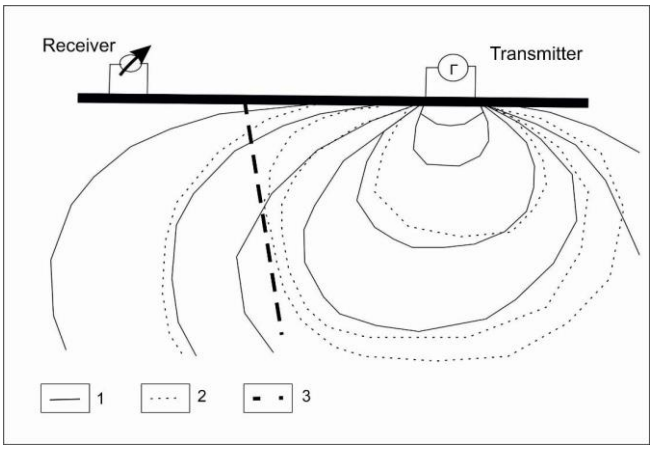


Рис. 1. Схема распределения токовых линий излучающего диполя:
1 – без разлома; 2 – с разломом; 3 – разлом.

На расстоянии 5–10 км от них с помощью двух других электродов (заземлений) на приемной станции регистрируется величина разности потенциалов ΔU на дневной поверхности, которая пропорциональна дипольному моменту излучателя тока в землю и кажущемуся сопротивлению земной коры в данной местности.

Величина $\rho_к$ определяется по формуле:

$$\rho_к = K(\Delta U / I) \quad (1)$$

где К – коэффициент дипольной установки, зависящий от длины и расположения диполей. При неизменных и закрепленных на местности электродов коэффициент К является величиной постоянной. Тогда при повторных измерениях изменение величины $\rho_к$ земной коры определяется отношением ΔU/ I.

Измерение $\rho_к$, с большими разносами диполей, осуществляется в дискретном режиме раз в сутки, а в некоторых случаях, по мере необходимости через несколько суток. По аномальным вариациям $\rho_к$ можно косвенно судить о критических напряжениях в земной коре. Величина относительной деформации горных пород порядка 10^{-3}–10^{-5} приводит к разрывным нарушениям в земной коре, которые проявляются на земной поверхности в виде землетрясений или криповых подвижек. Особый интерес представляет электрическое зондирование сейсмогенерирующих разломных зон. Процесс деформации вызывает изменение электрических параметров вертикальных трещин, которые в свою очередь приводят к искажению токовых линий электрического поля в земле. На (рис. 1) показана схема распределения токовых линий питающего диполя, когда разломная зона расположена между питающим диполем и приемной станцией.

Само по себе присутствие разлома в геоэлектрической среде вызывает искажение токовых линий питающего диполя. Поэтому дипольное зондирование с другими геофизическими методами применяется для определения в земной коре разломных зон. Характеристики пород в разломной зоне также могут изменяться под воздействием различных факторов, например, тектонических напряжений. Краткосрочные аномальные изменения физико-химических параметров горных пород проявляются особо контрастно, когда упругие напряжения в разломе достигают критических значений и геосреда переходит в неустойчивое состояние. Электрическое сопротивление отличается от других параметров горных пород повышенной чувствительностью к деформации, благодаря содержанию в порах и трещинах флюидов. Сжатие-растяжение горных пород

на 10^{-4} может привести к изменению ее электрического сопротивления на 10^3–10^5 [12, 14], а для разломных обводненных зон он может достигать 10^6 [10].

Тектонические деформаций в земной коре наиболее контрастно проявляются в разломных зонах, где наблюдается нарушение сплошности геосреды, характеризующая раздробленностью и трещиноватостью. Изменение состояния трещинных зон в разломе приводит к вариациям прочности пород на сдвиг и электрического сопротивления. Сжатие разлома повышает прочность пород на сдвиг и электрическое сопротивление. При растяжении разлома все происходит наоборот. Тектонические процессы в разломе могут привести к значительным изменениям кажущегося сопротивления в земной коре, например при наблюдениях методом дипольного зондирования в районе Чиркейского водохранилища где перед роем землетрясений в разломе величина $\rho_к$ уменьшилась на 40%. В другом случае, на трех приемных диполях, расположенных вокруг водохранилища, наблюдалось кратковременное уменьшение $\rho_к$ на 30% [4].

К примеру, на разломе Сан-Андреас на установке дипольного зондирования, где питающий и приемный диполи располагались на разных сторонах разлома было зарегистрировано аномальное изменение $\rho_к$ амплитудой 24% [13]. Предполагается, что аномалия обусловлена деформационными процессами в разломе, например, подвижками. Процессы, связанные с микроподвижками в разломе подтверждаются данными скважинных деформографов Сайкс-Эвертон. В начале, идет процесс накопления упругих деформаций, затем происходит скачкообразное их снятие, после процесс повторяется [15]. Подобного рода явление наблюдалось и на разломе, простирающегося вдоль западного побережья Каспийского моря. По данным высокоточных наблюдений за электрическим сопротивлением горных пород в скважине через определенные интервалы времени были зарегистрированы скачки амплитудами 0.2–0.5% при погрешности измерений 0.05% [7]. После сильных землетрясений амплитуда скачков резко возрастала до 2–3.3%. Эти данные позволяют предположить, что скачкообразные изменения электрического сопротивления обусловлены триггерным эффектом сейсмических колебаний разлома [6] В отличие от данных, полученных на приборах, установленных в скважинах, дипольный метод позволяет зондировать большие объемы земной коры с разломами, например, установка, где в центре находится питающий диполь, а вокруг на расстояниях 10 км расположены 4 приемных диполи, объем зондируемой породы может достигать до 2000 км^3.

Известно, что опасность для больших городов, атомных станций, ГЭС и других ответственных сооружений представляют сейсмогенерирующие разломы, расположенные близко от них.

Оценим эффективность метода дипольного зондирования для регистрации деформаций очага землетрясения расположенного в разломе. Для оценки радиуса очага землетрясения используем формулу:

$$\lg L=0.7M–2.8 \qquad (2)$$

Из расчета для магнитуд M=5.0, 6.0 и 6.5 получаем L=5 км, 22 км и 56 км, соответственно.

На (рис. 2) показан разрез зоны разлома и размеры очагов для различных магнитуд. Для данного примера центр очагов выбран равным на глубине 25 км.

На данной глубине очаги землетрясений M=5.0, 6.0 не могут вызвать деформацию разрушения на поверхности, так как очаг не выходит на поверхность, а для землетрясения с M=6.5 очаг захватывает область, который приближается к поверхности и может вызвать сильные деформации трещинных зон разлома. Дипольная установка позволяет уверенно зондировать часть очага землетрясения с M=6.5.

Согласно карте, приведенной на (рис. 3) в районе Керченского моста уже происходили землетрясения M≥6.5.

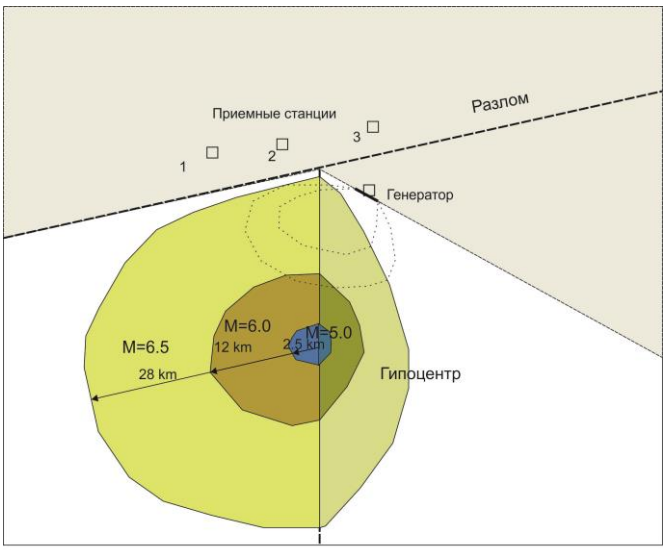


Рис. 2. Схематическое изображение зоны разлома и размеров очагов для различных магнитуд M=5.0, 6.0 и 6.5 (в разрезе показаны токовые линии передатчика, зондирующие очаг землетрясения)

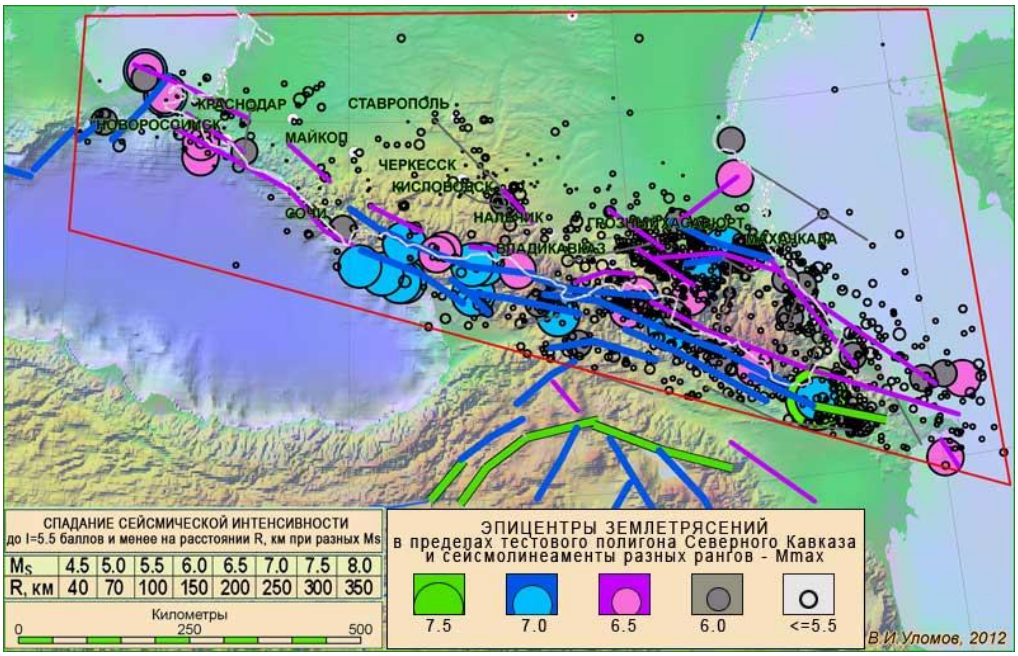


Рис. 3. Карта эпицентров и сейсмолинеаментов Северного Кавказа

Сильные землетрясения способны вызвать не только серьезные повреждения моста колебаниями земной поверхности интенсивностью до 10 баллов по шкале MSK–64, но и подвижки по имеющимся разломам, как в горизонтальном, так и вертикальном направлениях, последствия от которых трудно предсказать. Поэтому контроль над критическими напряжениями в разломах в районе Керченского моста является важной задачей по снижению последствий от опасных геологических процессов в земной коре

данного района. Возможны различные варианты организации наблюдений методом дипольного зондирования в данном районе. Один из них показан на (рис. 4).

Питающий диполь длинной 2 км, расположение которого показано на карте под номером 1, нужно установить на косе Чушка.

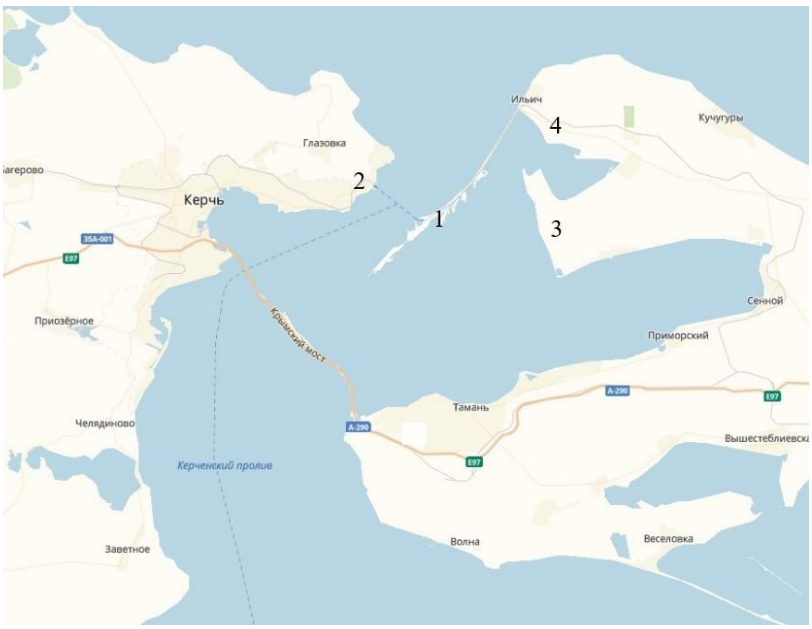


Рис. 4. Один из вариантов применения метода дипольного зондирования в районе Керченского моста. Номерами 1,2,3 и 4 отмечены места расположения, питающего и приемных диполей, соответственно

При токе генератора 50А в режиме двухполярного переключения величина дипольного момента составляет $2 \cdot 10^5$ А·м. Для его достижения достаточно мощности источника тока 20 кВт. Такой источник тока, разработанный для стационарных режимных наблюдений, применялся на Чиркейской ГЭС [5]. Он состоит из развязывающего трехфазного трансформатора мощностью 25 кВт, выпрямителя, тиристорного инвертора, блоков регистрации тока и управления. Частота переключения тока составляет 10 с. Встроенные часы обеспечивают автономный режим работы генератора.

Приемные диполи устанавливаются на ближайших берегах от косы Чушка. Если расположить питающий диполь по направлению косы, то 2 и 3 приемные диполи образуют азимутальные установки, а 4, осевую. Эти данные позволяют сделать оценки ожидаемых сигналов на приемных пунктах, без учета угловых поправок. В зависимости от расстояний между парами диполей 1–2=5 км; 1–3=8 км и 1–4=12 км сигналы составляют ΔU_{1-2}=500 мкВ; ΔU_{1-3}=120 мкВ и ΔU_{1-3}=74 мкВ. Такого порядка сигналы современными цифровыми приборами могут быть успешно зарегистрированы с высокой точностью. При использовании методов накопления сигналов относительную погрешность можно снизить до долей процента, а режим работы и сбор данных осуществлять в удаленном виде.

Наличие полученных данных позволяет своевременно определять те или иные геологические процессы, что своевременно позволяет принять тех или иных меры по безопасности конструкций и сооружений.

Литература

1. *Барсуков О.М., Сорокин О.Н.* Изменение кажущегося сопротивления горных пород в Гармском сейсмоактивном районе // Физика Земли. Москва. 1973. №10. С. 100-102.
2. Возбужденная сейсмичность в районе Чиркейского водохранилища и ее проявления в геофизических полях / *Идармачев Ш.Г., Черкашин В.И., Алиев И.А., Абдулаев Ш.-С.О.* и др. // Тр. Ин-та геологии Дагестанского НЦ РАН. Махачкала. 2012. 103 с.
3. *Идармачев Ш.Г., Барсуков О.М.* Плотинные землетрясения и вариации электросопротивления массива горных пород в районе Чиркейского водохранилища // Доклады академии наук СССР. М.: Наука, 1978. Т. 240. № 2. С. 302–305.
4. *Идармачев Ш.Г., Арефьев С.С.* Результаты дипольного электрического зондирования в районе Чиркейского водохранилища после его заполнения // Физика Земли. Москва. 2009. № 9. С. 75–85.
5. *Идармачев Ш.Г., Алиев М.М.* Вариации кажущегося сопротивления горных пород в период Кизилюртовского землетрясения 1999 г. в Дагестане // Геофизические исследования. Москва. 2013. Т. 14. №2. С. 15–25.
6. Вариации электрических параметров горных пород в скважине, расположенной в разломной зоне в период сильных землетрясений / *Идармачев Ш.Г., Алиев И.А., Мусаев М.А., Идармачев И.Ш.* // Геофизика. 2014. №2. С. 26–31.
7. Станция для электрического зондирования «Георезистор» / *Идармачев Ш.Г., Алиев М.М., Абдулаев Ш-С.О., Хаджи Б.А.* // Современная геодинамика, глубинное строение и сейсмичность платформенных территорий и сопредельных регионов. Мат. Междунар. конф. Воронеж. 2001. С. 86-87.
8. *Нерсесов И.Л., Сидорин А.Я., Журавлев В.И. и др.* Прогноз землетрясений методом глубинного электрического зондирования земной коры с использованием МГД – генератора «Памир – 1» // Доклады академии наук СССР. 1979. Т. 245. №1. С. 55–58.
9. *Соболев Г.А.* Основы прогноза землетрясений. М.: Наука, 1993. 308 с.
10. Avagimov A.A., Ataev A.K. Structure of Precursor Anomalies of Electrical Conductivity and its tensosensibility in Kopetdag Seismic active region // J. of Earthquake Prediction Research. 1994. N 3. Pp. 572–580.
11. Bella F., Biargi P., Della M. G. et all. Some possible precursors of the main earthquake of the Torniparte (Central Italiy); Seismic sequence occurred in 1985 // Nuovo cim. C. 1987. Vol. 10. No. 4. Pp. 455–463.
12. Brace W.F., Orange A.S. Electrical resistivity changes in saturated rocks during fracture and frictional sliding // J. Geophis. Res. 1968. Vol. 73. N 4. Pp. 1433-1445.
13. Mazzella A., Morrison H.F. Electrical Resistivity Variations Assosiated with earthquakes on the San Andreas Fault // Science. 1974. Vol. 185. N 4154. Pp. 855–867.
14. Morrow C., Brace W.F. Electrical resistivity changes in tuffs due to stress // J. Geophys. Res. 1981. Vol. 86. N 4. Pp. 2929-2934.

УДК 550.348.436 (470.6) DOI:10.34708/GSTOU.2021.87.50.039

АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ЧЕЧНИ И ИНГУШЕТИИ

© [1,2]Керимов И.А., [2]Бадаев С.В.

[1]ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва
[2]Академия наук Чеченской Республики, г. Грозный

Работа посвящена изучению сейсмичности территории Чеченской Республики и Республики Ингушетия. Сделан анализ пространственно-временного распределения сейсмической активности региона за период 1950-2020 гг. Построены карты эпицентров землетрясений, сейсмической активности A_{10}, график повторяемости, составлены таблица сопоставление зон разной балльности карт ОСР-2016 в долях относительно площади территорий Чеченской Республики и Республики Ингушетия с площадями карт сейсмической активности и проведено сравнение балльностей по MSK-64 со списком городов и населенных пунктов Чеченской Республики и Республики Ингушетия, расположенных в сейсмоактивных районах и характеризующихся сейсмической интенсивностью ≥ 6 баллов на картах ОСР-97, 2015 и ОСР-2016 (А, В, С).

Ключевые слова: *землетрясение, эпицентр, макросейсмическое описание, сейсмический режим, эпицентр, график повторяемости, сейсмическая активность A_{10}, Северный Кавказ.*

Чеченская Республика и Республика Ингушетия являются территориями с высокой сейсмической опасностью, согласно картам общего сейсмического районирования (ОСР) большая часть региона относятся к 8-9 бальным зонам. Изучению сейсмичности региона посвящено значительное количество научных публикаций, как в отечественной, так и в зарубежной литературе. В статье приведен обзор землетрясений территории по литературным источникам. Собраны сведения о проявлениях землетрясений, приведены сводные данные макросейсмических исследований разных авторов. За основу была взята информация из нескольких литературных источников: Атлас землетрясений в СССР, 1962 г.; Новый каталог землетрясений Кавказа с древнейших времен до 1975 г.; Электронный каталог землетрясений Кавказа с древнейших времен до 1992 г.; Каталог землетрясений Северного Кавказа (под ред. И.В. Ананьина), которые были дополнены данными, приведенными в работах И.В. Мушкетова, А.П. Орлова, Г.П. Горшкова, Е.И. Бюса, Э.А. Джибладзе., И.В. Ананьина, Е.А. Рогожина, М.Н. Смирновой, И.П. Габсатаровой, И.А. Керимова и др. [1-21].

В качестве исходного материала для анализа сейсмичности и изучения сейсмического режима послужил специализированный каталог землетрясений ФИЦ ЕГС РАН (г. Обнинск), содержащий дату, время, географические координаты эпицентра, глубину гипоцентра, энергетический класс землетрясений и магнитуду. Для доинструментального и раннеинструментального периодов использовались архивные каталоги, а также макросейсмические материалы (исторические каталоги).

В Восточном Предкавказье мониторинг сейсмичности осуществляется несколькими геофизическими организациями: Дагестанским филиалом ГС РАН (ДФИЦ ЕГС РАН); Лабораторией сейсмического мониторинга Кавказских Минеральных Вод ГС РАН (ЛСМ КМВ ГС РАН) и Северо-Осетинским филиалом ГС РАН (СОФ ФИЦ ЕГС РАН). На основе анализа перечисленных выше каталогов был составлен сводный каталог землетрясений с энергетическими классами от 9 до 16 в границах палетки с координатами 42,40÷44,00 С.Ш. и 44,00÷47,00 В.Д.

На рис. 1 приведена карта эпицентров землетрясений за период 1950-2020 гг., на которой видно, что эпицентры землетрясений распределены довольно неравномерно, большинство эпицентров землетрясений сосредоточено по направлению диагональных

северо-западных разломов. Система глубинных разломов Терско-Каспийского передового прогиба имеет большую протяженность и характеризуются сменой направления.

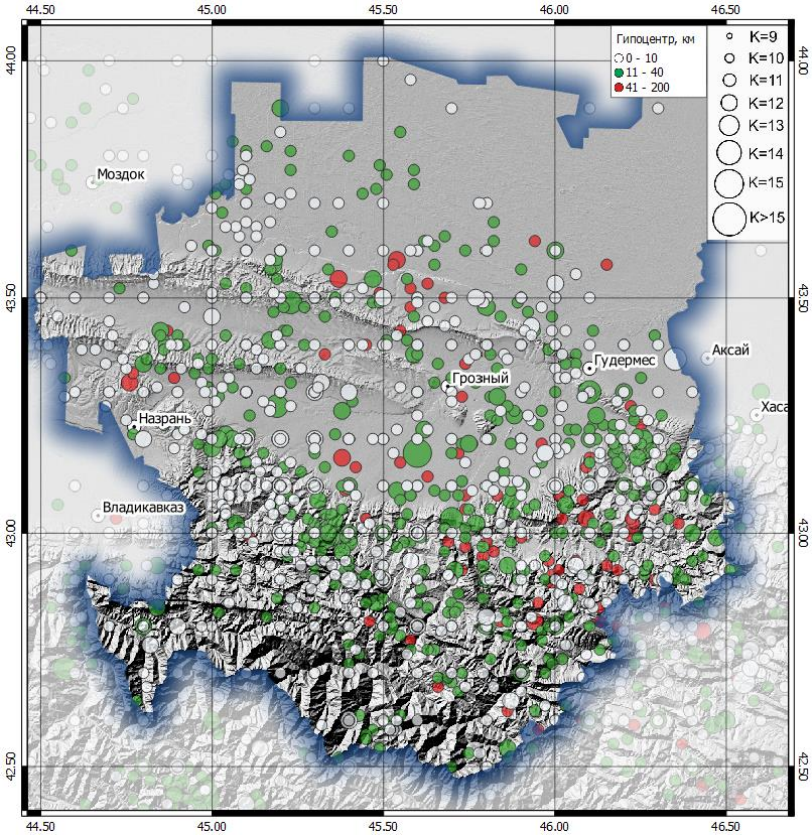


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений Чечни и Ингушетии (1950-2020 гг.)

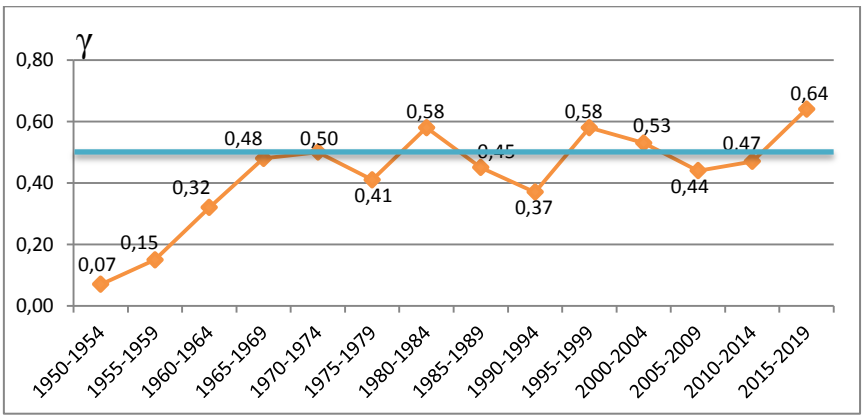


Рис. 2. Изменение углов наклона графика повторяемости землетрясений по 5-ти летним периодам

На основе выборки, так же были построены графики повторяемости землетрясений по разным периодам времени (по пятилетним периодам) в вариациях и с перекрытием (рис. 2). Проводилось сравнение со средним значением, полученным по

Кавказу и равным γ=0,45-0,50 [15, 16]. Наиболее очевидным вариантом является сравнение текущих значений наклона графика повторяемости со средними значениями за все время наблюдений в данной пространственной области.

Повышенные значения углов графиков повторяемости, отличных от среднего по Кавказу, говорит о понижении сейсмичности после одного или серии крупных землетрясений. Мы видим, что в большинстве случаев (рис. 2) значения наклона угла графика повторяемости выше общепринятого значения по Кавказу и эти периоды соответствуют, совпадают с выделенными периодами по составленному каталогу, готовящего сильного землетрясения. Низкие значение наклона угла графика повторяемости в 50-60-е гг. и в 1990-х гг. на графике получены из-за отсутствия достаточного числа достоверных сведений в каталоге землетрясений.

На рис. 3 приведена карта A_{10} для территории Чечни и Ингушетии, построенная по результатам инструментальных наблюдений за период 1950-2020 гг. На ней наблюдаются две отдельных друг от друга зоны с повышенной активностью, характеризующиеся высокой сейсмической активностью A_{10}=2,1 и A_{10}=1,3. Юго-восточная и северо-западная части менее активны по сравнению с перечисленными выше и соответственно равны – A_{10}=0,3÷0,7 и A_{10}=0÷0,3. Изолинии A_{10} проведены в диапазоне 0,3 деления. В основном видно, что в большей степени активности подвержены переходные зоны от горных к равнинным. Постоянен в пространстве минимум значений $0 \le A_{10} \le 0.5$, расположенный по периметру на карте A_{10}, он проявляется с устойчивой периодичностью по всей глубине исследования. Максимумы значений $0.6 \le A_{10} \le 1,3$ и $0.6 \le A_{10} \le 2,1$ расположенные в центральной и восточной частях на карте A_{10}.

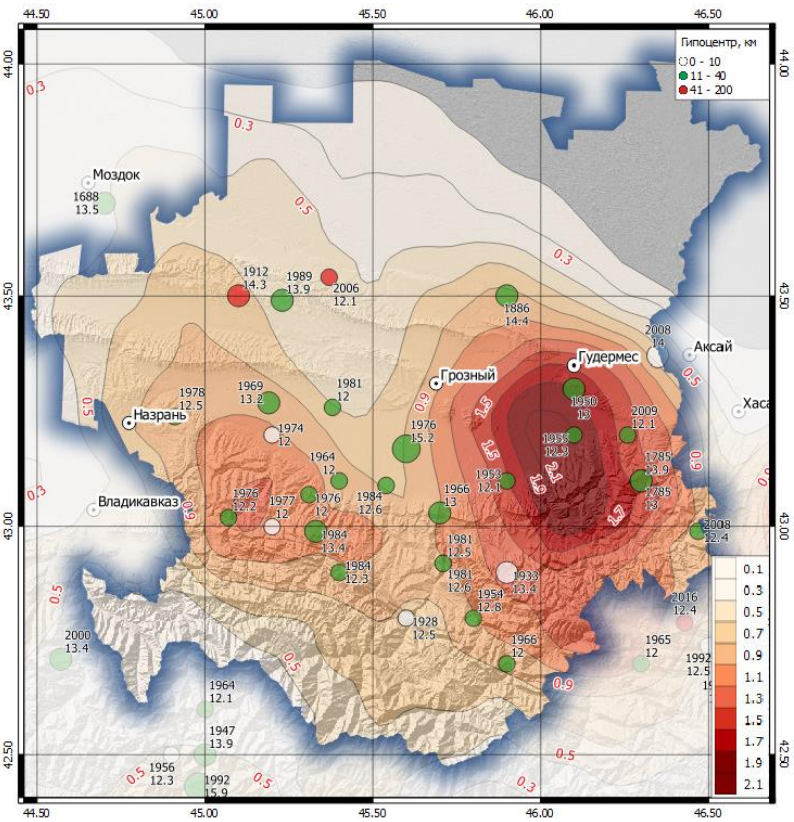


Рис. 3. Схема сейсмической активности A_{10} (период 1950-2020 гг.) Чечни и Ингушетии с эпицентрами сильных исторических и инструментальных землетрясений (период 1600-1950 гг.)

Так, например, в зону A_{10}=1,7 инструментальные землетрясения II Гудермесское; в зону A_{10}=0,9 попали известные землетрясения Ачхой-Мартановское, Дагестанское, Черногорское и др.; в зону A_{10}=0,5 попал форшок Дагестанского землетрясения, Курчалойское землетрясение; в зону A_{10}=0,5 попали землетрясения Борисаховское, Долинское.

В зону A_{10}=1,5 попали исторические землетрясения I Дагестанское и его форшок; в зону A_{10}=1,3 попало Вединовское землетрясения; в зону A_{10}=0,9 попали землетрясения Щедринское, II Дагестанское, афтершок II Дагестанского землетрясения; в зону A_{10}=0,7 попало Терское (Эльдаровское) землетрясение; в зону A_{10}=0,5 попало Гудамакарское землетрясение; в зону A_{10}=0,3 попало Терское землетрясение.

Характерной особенностью полученной карты сейсмической активности A_{10} является достаточно высокая детальность, обусловленная размерами скользящего окна (25×25 км^2). Что отличает данную карту от карты, представленной в работе [18]. Как отмечалось выше, на описываемой карте выделяются две сейсмоактивные зоны. Из анализа карты сейсмической активности A_{10} видно, что эпицентры некоторых сильных инструментальных землетрясений располагаются между двумя указанными выше сейсмоактивными зонами на участках с относительно небольшими значениями A_{10}. В тоже время эпицентры исторических землетрясений располагаются в пределах сейсмоактивных зон. При увеличении радиуса осреднения (размеров скользящего окна) это несоответствие не наблюдается. Следовательно, можно сделать вывод, что на данных участках сохраняется возможность повторения разрушительных землетрясений с параметрами M=5,0÷5,8; K=13,0÷15,0; H=10÷50 км; I_o=6÷8 баллов и более.

Совместный анализ сейсмичности с картой эпицентров землетрясений и схемы A_{10}, помимо выделенных сейсмотектонических зон, позволяет наметить наиболее сейсмоопасные участки, которые должны быть под контролем и для которых необходим расчет сейсмического риска. Такими участками являются: районы с. Гехи, Урус-Мартан, Ачхой-Мартан и район с.с. Ножай-Юрт. Андрей-Аул, Курчалой. Главные особенности сильных землетрясений в этой области заключаются в том, что они произошли в местности, которой более ста лет до текущих событий не выделявшейся сейсмической активностью, с событиями на уровне M≥5. Для этих районов заблаговременно должны решаться технико-экономические проблемы, связанные с микросейсморайонированием (правила и нормативы сейсмостойкого строительства, размещение новостроек, страхование от землетрясений и др.), ввиду того, в этих районах идет стремительное строительство высотных зданий [9-13].

В последнее время наблюдается активизация активности на пересечении кавказских и антикавказских тектонических структур в зонах заложения Черногорского, Гехинского и Мартановского глубинных разломов, в очаговых зонах Аргунского (1966 г.) и Черногорского (1976 г.) землетрясений.

Анализируя карту сейсмической активности A_{10} (рис. 3) и карту эпицентров (рис. 1) рассмотрим пространственные особенности распределения сейсмичности по площади изучаемой территории. Наибольшая плотность эпицентров землетрясений представительного энергетического класса 9≤K≤16 наблюдается в центральной части карты, в области оконтуренной изолиниями 0,9≤A_{10}≤2,1. Значительно меньшее количество скопления землетрясений того же класса относится к области оконтуренной изолиниями 0≤A_{10}≤0,9.

С появлением новых сведений в постоянно пополняемом унифицированном каталоге инструментально зарегистрированных землетрясений, анализируя пространственно-временное распределение сейсмических событий легко определить периоды представительности землетрясений различных магнитуд (энергетических классов), в результате чего дополняется имеющийся каталог представительных землетрясений рассматриваемого региона, служащий основой для оценки параметров сейсмического режима и построения обновленных карт. Составляются карты эпицентров землетрясений, карты гипоцентров землетрясений, получают параметры

графиков повторяемости землетрясений и рассчитывают новые матрицы сейсмической активности.

Ввиду того, что основное мирное население республик проживает в центральной полосе исследуемой территории на равнинной и предгорной зонах, между Терским-Брагунским-Гудермесским хребтами, Чеченской наклонной равниной и Черногорской моноклиналью, строительные сооружения жилого гражданского назначения и здании промышленных объектов на картах ОСР-2015(А, В) находятся в зонах 8-9 баллов, а здания особой ответственности в зоне 10 баллов.

В связи с временной отменой карт ОСР-2016 сравнение приведено с картами ОСР-2015.

Так, например, карты оценки сейсмической опасности ОСР-2015 показывают, что:

- в 8-9 балльной зоне (карта ОСР-2015-А) применительно к объектам массового невысотного строительства и не угрожающих человеческой жизни относится практически вся территория;

- к 9-ти балльной зоне (карта ОСР-2015-В), относятся объекты массового гражданского и промышленного строительства повышенной ответственности, сюда попали и заводы по нефтеперерабатывающей промышленности, заводы автомобильной, радиотехнической промышленности существовавшие на территории Чеченской Республики в довоенный период (1994-1996 гг.);

- к 10-ти балльной зоне относится массовое гражданское и промышленное строительство высокого уровня ответственности (карта ОСР-2015-С).

Карты общего сейсмического районирования территории Российской Федерации ОСР-2016, на сегодняшний день отменены Минстроем России в рамках действующего законодательства с указанием обоснования в уведомлении – «Решение разработчика» [Новая газета…], в связи с жалобами проектных организаций.

Согласно пункту 18 Правил разработки, утверждения, опубликования, изменения и отмены сводов правил, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 01.07.2016 № 624, Минстроем России были подготовлены и направлены в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии приказ от 29.01.2021 № 27/пр и уведомление об отмене действия Изменения № 1 к СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах», в который включены карты общего сейсмического районирования (ОСР) в версии 2016 года.

В приказе не прописано о возвращение к предшествующей версия карт ОСР-2015 (для справки – Свод правил СП 14.13330.2014, был утверждён Приказом Минстроя РФ от 23 ноября 2015 г. N 844/пр и был введен в действие с 01.12.2015 г.).

Изменение №1 к СП 14.13330.2018 отменено Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 29.01.2021 N 27/пр, за исключением пунктов СП 14.13330.2018 "СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах" (в редакции Изменения №1), включенных в Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений", утвержденный постановлением Правительства Российской Федерации от 4 июля 2020 г. N 985, до внесения соответствующих изменений в Перечень.

Нужно отметить, что при пересмотре карт ОСР-2016 учеными из ИФЗ РАН в письме Президенту России В.В. Путину рекомендовалось включить в откорректированный комплект необходимые для проектирования в сейсмических районах карты, соответствующие частоте землетрясении нормативной силы один раз за 2000 лет и один раз за 3000 лет – цитата: «Считаем необходимым информировать Вас о возможных катастрофических последствиях использования при проектировании промышленно-гражданских, транспортных и гидротехнических объектов карт общего сейсмического районирования Российской Федерации ОСР-2016 (А, В, С),

утвержденных Минстроем 26.12.2019 г. № 886/пр с введением в действие 27.06.2020 г…» [25].

С введением в действие Изменения № 1 ужесточаются требования для ответственных зданий. В регионах, где был увеличен балл сейсмической активности, требуется переоборудование заводов крупнопанельного домостроения и заводов по производству железобетонных изделий, что приводит к увеличению стоимости строительства объектов на 25-30 %.

Для проектирования зданий общеобразовательных учреждений, здания детских дошкольных учреждений, домов культур и пр. становится необходимым учитывать сейсмические воздействия из «карты-В», в то время как в предыдущей редакции СП 14.13330.2018 допускалось использование значений из «карты-А» по решению заказчика и проектной организации.

Технический Совет Ассоциации «Национальное объединение строителей» рассматривая вопрос по отмене Изменения № 1 к СП 14.13330.2018 установил, что указанные изменения приводят к негативным последствиям, связанным с необходимостью корректировки экономически эффективной проектной документации. Необходимость повторного использования корректировки для объектов социального назначения, а также многоквартирного жилья, требует от региональных заказчиков (застройщиков) значительного времени и дополнительных расходных средств бюджетной системы Российской Федерации, цитата: «Изменение № 1, вступившее в силу с 26.06.2020, внесло существенные изменения в карты общего сейсмического районирования регионов Российской Федерации и вызвало споры в профессиональном и научном сообществе в связи с наличием большого количества замечаний. Согласно картам ОСР-2016 в ряде регионов, например, в Республике Дагестан, Республике Коми, Республике Крым проведена корректировка показателей сейсмической активности в сторону понижения балльности, в то время как в 20 субъектах Российской Федерации (в том числе в Алтайском крае, Красноярском крае, Хабаровском крае) степень сейсмической опасности была увеличена» [24].

Нами составлена таблица сопоставление зон разной балльности карт ОСР-2016 в долях относительно площади территорий Чеченской Республики и Республики Ингушетия с площадями карт сейсмической активности и проведено сравнение балльностей по MSK-64 со списком городов и населенных пунктов Чеченской Республики и Республики Ингушетия, расположенных в сейсмоактивных районах и характеризующихся сейсмической интенсивностью ≥ 6 баллов на картах ОСР-97, 2015 и ОСР-2016 (А, В, С).

Таблицы показывают, что в ряде населенных пунктов на карте ОСР-2016 наблюдается понижение балльности на 1 балл, повышение балльности относительно карт ОСР-1997 и ОСР-2015 не наблюдается.

В таблицах, так же, можно наблюдать отличие сейсмической обстановки территории от данных карт ОСР и схемы $А_{10}$, что соответственно, в первую очередь, связано с различием масштабов проводимых исследований при построении карт общего сейсмического районирования. Карта $А_{10}$ относится к работе соотносящейся с более крупным масштабом, например, построение карты детального сейсмического районирования.

Включение в нормативную документацию таких карт, соответствующих зарубежному опыту строительства в сейсмоопасных районах, позволит избежать излишнего расхода ресурсов на антисейсмические мероприятия при возведении наиболее капиталоемких объектов при сохранении их достаточной сейсмостойкости.

Выводы

Величина суммарной сейсмической энергии от всех землетрясений равна $\Sigma E=2{,}29\cdot10^{13}$ *Дж*. Основную долю в суммарную величину сейсмической энергии вносят землетрясения высоких энергетических классов, очевидно выделяющихся в годы соответствующие землетрясениям, 1950-х гг. Гудермесским I и II, 1976 г.

Черногорскому, 1992 г. Борисаховскому, 2008 г. Курчалоевскому, где количество сейсмических событий и высвобожденная суммарная сейсмическая энергия имеют высокие значения. По картам и схемам исследуемого района можно установить периоды цикличности сейсмической активности.

Необходимы полевые комплексные геофизические зондирования региональных глубинных и активных разломов и линеаментов как самостоятельных геологических тел с определением их ширины и угла падения для оценки зоны их опасного влияния на местное население и инфраструктуру населенных пунктов. Ввиду того, что на графиках отмечается соответствие количества и энергий землетрясений как в периоды времени, когда разрядка тектонических напряжений происходит в виде большого количества относительно небольших по энергии землетрясений, так и точечных землетрясений прерывающих затишье одним сейсмическим событием с $K_{max} \geq 12.0$, что вероятно и характерно для сейсмодинамики района.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-45-200001 р_а)

Литература

1. *Ананьин И.В.* Сейсмичность Северного Кавказа. М.: Наука, 1977. 148 с.
2. *Асманов О.А., Даниялов М.Г., Левкович Р.А.* Сейсмическая активность территории центрального Дагестана. М.: Лика, 2003. 134 с.
3. *Габсатарова И.П.* Исследование пространственно-временных особенностей сейсмичности на Северном Кавказе: Дис. на соиск. уч. степ. канд. ф.-м. наук. М.: ИФЗ РАН, 2011. 178 с.
4. *Габсатарова И.П.* Современная сейсмичность Северного Кавказа // Геодинамика, вулканизм, сейсмичность и экзогенные геологические процессы природного и техногенного характера на Кавказе. Владикавказ, 2015. С. 11-22.
5. *Горшков Г.П.* Региональная тектоника территории юга СССР: Альпийский пояс. М.: Наука, 1984. 271 с.
6. *Джабраилова К.Д.* Повторяемость землетрясений Восточного Предкавказья // Вопросы сейсмичности Восточного Предкавказья. Махачкала, 1989. С. 152-155.
7. *Джибладзе Э.А.* Энергия землетрясений, сейсмический режим и сейсмотектонические движения Кавказа. Тбилиси: Мецниереба, 1980. 255 с.
8. *Керимов И.А.* Детальное изучение сейсмического режима и оценка сейсмической опасности территории Чечни и Ингушетии // Вестник Академии наук Чеченской Республики, 2014. № 3(24). С. 96-109.
9. *Керимов И.А., Бадаев С.В.* Сейсмичность и сейсмический режим территории Восточного Предкавказья // Известия КБНЦ РАН, 2014. №1(57). С. 38-45.
10. *Керимов И.А., Гайсумов М.Я.* Курчалоевское землетрясение 11 октября 2008 г. // Вестник Академии наук Чеченской Республики, 2009. № 2(11). С. 48-53.
11. *Керимов И.А., Гайсумов М.Я.* Сильные землетрясения на территории Чеченской Республики // Вестник Академии наук Чеченской Республики, 2010. № 1(12). С. 57-62.
12. *Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Абубакарова Э.А.* Геофизические поля и разломная тектоника Терско-Каспийского прогиба // Геодинамика. Глубинное строение. Тепловое поле Земли. Интерпретация геофизических полей. Пятые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича, 06-10 июля 2009 г. Материалы конференции. Екатеринбург, 2009. С. 226-230.
13. Макросейсмические проявления Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 г. с K_p=15.4, M_w=5.8, I_0=7-8 (Чеченская Республика) / *О.А. Асманов, Р.А. Левкович, М.Я. Гайсумов, И.А. Керимов и др.* // Землетрясения Северной Евразии. 2008 год. Обнинск: ГС РАН, 2014. С. 421-432.
14. *Никонов А.А.* Сильнейшие землетрясения Восточного Кавказа с точки зрения геодинамики // Геодинамика Кавказа. М.: Наука, 1989. С. 148-156.
15. *Ризниченко Ю.В.* Избранные труды. Проблемы сейсмологии. М.: Наука, 1985. 408 с.
16. *Ризниченко Ю.В., Джибладзе Э.А.* Сейсмическая активность и большие землетрясения Кавказа // Физика Земли, 1972. №1. С.35-49.
17. *Рогожин Е.А.* Тектоническая позиция, сейсмотектонические, макросейсмические и сейсмологические проявления Курчалойского землетрясения 11 октября 2008 г. в Чеченской Республике // Геология и геофизика Юга России, 2017. №3. С. 111-116.

18. *Рогожин Е.А. Лутиков А.И., Овсюченко А.Н.* Оценка сейсмической опасности Северного Кавказа в детальном масштабе // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, 2013. №5. С.14-19.
19. *Садовский М.А., Писаренко В.Ф.* Сейсмический процесс в блоковой среде. М.: Наука, 1991. 96 с.
20. *Смирнов В.Б., Пономарев А.В.* Закономерности релаксации сейсмического режима по натурным и лабораторным данным // Физика Земли. 2004. № 10. С. 26-36.
21. *Татевосян Р.Э., Аптекман Ж.Я.* Этапы развития афтершоковых последовательностей сильных землетрясений мира // Физика Земли. 2008. № 12. С. 3-23.
22. *Musson R.* Probapilistic seismic hazard maps for the North Balkan region. //Annali di Geofiica, 1999. Vol. 42. № 6. Pp. 1109-1124.
23. *Reasenberg, P. and L.M. Jones* Earthquake hazard after mainshock in California // Science, 1989. 243. Pp. 1173-1176.
24. https://nostroy.ru/nostroy/techsovet/zaklyucheniya.php
25. https://novayagazeta.ru/articles/2021/03/02/rech-o-zhizniakh-mnogikh-liudei-i-krupnom-ushcherbe-dlia-ekonomiki

УДК 550.34(470.66) DOI:10.34708/GSTOU.2021.31.25.040

РАЗЛОМНАЯ ТЕКТОНИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ ЧЕЧНИ И ИНГУШЕТИИ

© [1,2]Керимов И.А., [2]Гайсумов М.Я., [2]Бадаев С.В.

[1]ИФЗ им. О.Ю. Шмидта РАН, г. Москва
[2]Академия наук Чеченской Республики, г. Грозный

В статье представлены результаты изучения глубинных разломов Терско-Каспийского прогиба (ТКП) в пределах территории Чечни и Ингушетии. Приведены результаты сравнительного анализа потенциальных геофизических полей и сейсмичности региона, позволяющие исследовать связь гравитационного поля и его трансформант, разломной тектоники и эпицентров землетрясений. Составлена схема разломов центральной части ТКП. Отмечена приуроченность эпицентров землетрясений к определенным разломам являющимися сейсмоактивными в современное время. Предлагается использовать материалы исследований в сейсмическом районирования при уточнении зон ВОЗ и также проведении поисково-разведочных работ на нефть и газ.

***Ключевые слова**: тектоника, геофизические поля, современная геодинамика, сейсмическая активность, разломы, зоны нефтегазонакопления, Терско-Каспийский прогиб.*

Вопросы, связанные с характером простирания глубинных разломов Терско-Каспийского прогиба (ТКП), влиянием их на тектонические особенности фундамента и структурный план осадочного чехла, а также на формирование скоплений нефти и газа в пределах Предкавказья, нашли отражение в работах многих ученых, таких как: В.В. Белоусова, Г.Д. Ажгирея, М.Ф. Мирчинка, М.В. Муратова, Б.Г. Сократова, Н.Ю. Успенской, А.И. Летавина, Б.К. Лотиева, М.Н. Смирновой, Ю.А. Стерленко, Р.С. Керимов И.А., Моллаева З.Х. и многих других. [1-4 и др.]. В 1963 г. в составленной схеме расположения глубинных разломов Кавказа, Милановским Е.Е. и Хаиным В.Е. были выделены разломы двух направлений - продольного общекавказского и поперечного антикавказского [11].

В 1966 г. по результатам интерпретации геолого-геофизических материалов были выявлены три системы глубинных разломов: разломы северо-западного простирания докембрийского возраста; разломы антикавказской (северо-восточной) ориентировки герцинского возраста и разломы субширотного направления альпийского возраста [10-15,16 и др.].

В 70-80 гг. прошлого века научными и производственными организациями проводились исследования по комплексному изучению современной динамики земной коры на примере ТКП. В результате исследований в пределах ТКП выделены разноориентированные линеаменты и кольцевые структуры [9, 12, 13 и др.]. Скарятиным В.Д. было проведено сопоставление линеаментов и кольцевых структур с известными глубинными разломами и структурно тектоническими элементами в пределах ТКП [14]. В целом, разломно-блоковая структура ТКП отмечается более густой сетью линеаментов и, соответственно, множеством блоков небольших размеров. Терскому и Сунженскому глубинным разломам соответствует один крупный линеамент субширотного простирания и несколько линеаментов меньших размеров.

Северо-восточно ориентированному Аргунскому разлому соответствует ряд линеаментов, простирающихся в том же направлении. Краевой разлом субширотного простирания и Бенойско-Эльдаровский разлом северо-западного простирания пространственно совпадают с Червленско-Бурунным и Эльдаровским линеаментами. Гудермесско-Моздокскому разлому частично соответствует Чапаевско-Брагунско-Правобережный линеамент. Кроме того, выделено еще несколько линеаментов, ориентированных в северо-западном направлении. С Черногорским разломом совпадает

линеамент субширотного простирания, располагающийся к западу от Датыхской структуры. Наиболее крупные и четко проявляющиеся кольцевые структуры установлены в районах расположения Малгобекской, Бенойской, Датыхской и Бурунной площадей.

В конце 1980-х гг. рядом исследователей - М.Н. Смирновой, И.М. Крисюк, В.Д. Талалаевым и др. - по фундаменту Терско-Каспийского прогиба были выделены системы разноориентированных глубинных разломов: субширотные - Краевой, Терский, Сунженский, Пшекиш-Тырныаузский, Черногорский; северо-западные - Гудермесско-Моздокский, Бенойско-Эльдаровский, Датыхско-Ахловский, Нальчикский; северо-восточные – Новогрозненский, Аргунский, Цхинвальско-Казбекский, Ардонский, Черекский, Малкинский и другие разломы [9, 13, 15 и др.].

В условиях погребенного рельефа фундамента наиболее информативно разломно-блоковые структуры ТКП проявляются в гравитационном поле. Аномалии гравитационного поле ТКП выражаются отрицательными значениями силы тяжести и характеризуют региональные закономерности геологического строения. Разломы на картах магнитного и гравитационного полей отображаются рядом признаков, к их числу относятся:

- большие градиенты гравитационного и магнитного полей;
- полосы интенсивных положительных магнитных и гравитационных аномалий или цепочки максимумов силы тяжести и цепочки округлых положительных магнитных аномалий;
- резкая смена простирания аномалий магнитного и гравитационного полей;
- -резкая смена знаков магнитного и гравитационного полей;
- - смена общего характера магнитного и гравитационного полей,(сложно дифференцированное, слабовозмущенное, почти безаномальное);
- смена линейной формы слабо выраженных аномалий на изометрическую;

На карте гравитационного поля в редукции Буге (σ=2.3 г/см) в северной части исследуемой территории расположена Притеречная зона монотонно убывающих к югу, аномалии силы тяжести с субширотным простиранием изоаномал и небольшим горизонтальным градиентом гравитационного поля. Она постепенно расширяется с запада на восток. Особенностями данной зоны являются осложнения в виде изгибов или разрежении изоаномал на фоне общего понижения поля в южном направлении, а также относительно крупные в плане максимум на северо-западе и минимум на востоке. С юга Притеречная зона сочленяется с региональным минимумом, протягивающимся почти на 300 км в направлении с северо-запада на юго-восток и включающим Моздокский, Червленский и Хасавюрт-Аргуданский локальные минимумы силы тяжести. В районе Надтеречного и Червленского минимумов, соответствующих центральной части данной зоны, региональный минимум наиболее узок, а в западном и восточном направлениях постепенно расширяется. В районе Червленная-Гудермес ось минимума кулисообразно смещена к югу. Расположенный в западной части Моздокский минимум имеет расплывчатые контуры. На западе он переходит в зону монотонно возрастающих в западном направлении аномалий. Червленский и Надтеречный линейные минимумы имеют субширотную ориентировку. Крупный Хасавюрт-Аджиданский сложнопостроенный минимум, также имеющий субширотное направление, соответствует наиболее погруженной части прогиба.

Южнее указанного регионального минимума гравитационного поля находится Терско-Сунженская зона, включающая две линейные зоны максимумов, разделяющиеся Алханчурской зоной минимумов. В плане эти зоны совпадают соответственно с Терской и Сунженской антиклинальными зонами и Алханчуртской синклиналью. Терская зона объединяет Арак-Далатарский, Малгобек-Вознесенский, Эльдаровский, Алиюрт-Орлинный, Хаян-Кортовский, Брагунский и Гудермесский максимумы. Сунженская зона включает ряд локальных максимумов сложного характера: Заманкульский, Карабулак-Ачалукский, Назрано-Яндырский, Старогрозненский и др. В пределах обеих зон

локальные максимумы соответствуют одноименным антиклинальным поднятиям. Юго-восточным окончанием Сунженской зоны максимумов является крупный Бенойский, максимум, который глубоко вдается в пределы Чеченской зоны минимумов. От расположенного южнее Варандийского максимума эта аномалия отделена относительно пониженным полем.

С юга к Сунженской зоне максимумов непосредственно примыкает обширная сложнопостроенная региональная зона минимумов, включающая Бесланoвский и Чеченский минимумы. Эта полоса минимумов протягивается с северо-запада на юго-восток на несколько сот километров и включает три локальных минимума: Урус-Мартановский, Шалинский и Курчалоевский, разделяющие их зоны повышенного значения силы тяжести и относительно мелкие локальные аномалии. Указанные минимумы соответствуют участкам погружения фундамента. Чеченская зона минимумов с севера и юга обрамляется довольно широкой полосой повышенных горизонтальных градиентов. С юга к указанной зоне минимумов примыкает зона относительных максимумов, объединяющая две крупные локальные аномалии – Варандийскую на востоке к Датыхскую на западе, отличающиеся сложным характером. Они отделены друг от друга широкой полосой относительно пониженного поля. На крайнем юге Чеченской зоны минимумов отмечаются три локальных максимума: Бамутский, Гехинский и Мартан-Чу. С юга Чеченскую зону минимумов обрамляет широкая зона высоких горизонтальных градиентов силы тяжести, соответствующая Черногорской моноклинальной зоне. Эта градиентная зона обусловлена резким погружением мезозойских пород в северном направлении и влиянием Черногорского глубинного разлома, ограничивающего с юга Терско-Каспийский прогиб.

Одной из основных причин, обусловливающих сложный характер аномального гравитационного поля ТКП, является разломная тектоника. Для выделения линейных неоднородностей гравитационного и магнитного полей, исходные данные были трансформированы, с использованием различных методов обработки, применением компьютерных программ для обработки геофизической информации, с целью выделения осевых линейных зон экстремальных значений и т.д.

Выявленные линеаментные зоны в большинстве своем соответствуют известным глубинным разломам. Природа линеаментных зон, не имеющих разломных аналогов, по-видимому, также обусловлена глубинными процессами, возможно не нашедшими отражения в результатах прежних геолого-геофизических исследований вследствие меньших масштабов проявления.

Вопросам изучения сейсмичности и сейсмотектоники Кавказа посвящено значительное количество публикаций. Наиболее значительный и подробный обзор состояния изученности этого вопроса приведен в известных монографических работах Ананьина И.В., Горшкова Г.П. и Джибладзе Э.А. и др., в которых выполнен анализ сейсмичности и сейсмического режима региона а также ежегодных обзорах «Землетрясения Северной Евроазии» и др.

Для анализа сейсмичности региона и пространственного распределения землетрясения составлен каталог охватывает сейсмические события за период 1962-06.2018 гг. который включает 11691 землетрясений 7÷15(±0,2) энергетических классов (рис. 1). При составлении каталога использованы данные, опубликованные в периодических изданиях ФИЦ ЕГС РАН и др. источниках [17, 18].

Выборка по каталогу показала, что наибольшее количество эпицентров землетрясений приурочено к границам осадочного чехла земной коры. На глубинах менее 5 км наблюдается относительно небольшое число землетрясений с магнитудами $M \leq 4,7$. Более сильные землетрясения возникают на глубинах 10 км и более. Гипоцентры располагаются преимущественно в осадочном чехла (50÷60%), в земной коре (35÷45%) и в мантии (5÷15%).

Изучение особенностей разломно-блоковой тектоники ТКП по комплексу геолого-геофизических данных по результатам обработки с использованием

современных интерпретационных компьютерных технологий базируются на анализе грави- магнитнитных полей и сейсмичности региона.

Анализ распределения повышенных значений густоты линеаментов показывает, что практически они сконцентрированы в узлах пересечения двух и более линеаментных зонах различного простирания, т.е. в участках максимальных современных деформаций, обусловленных реализацией напряжений при взаимодействии, либо наложении разноориентированных полей.

Распределение эпицентров землетрясений в целом неравномерное по всей территории. Сопоставление эпицентров землетрясений и разломов исследуемой территории позволяет сделать вывод, что большинство эпицентров приурочено к узлам разломов. Наиболее сейсмичными являются центральная и южная части ТКП и в основном очаги землетрясений приурочены к зоне контролирующей границу Терско-Каспийского прогиба и мегантиклинория Большого Кавказа.

Они сгруппированы в зоне Черногорской моноклинали в районах Датыхского и Бенойского выступов. Практически все землетрясения расположены в коре и верхней мантии и тяготеют к крупным разломам субширотного простирания или к зонам сочленения разломов различной ориентировки.

Результаты обработки геофизических полей были сопоставлены с эпицентрами землетрясений изучаемого района, что позволило установить зависимость между местоположением разломов и сейсмичностью региона и выделить несколько крупных, сгруппированных по ориентировке зон.

Наиболее уверенно выделяются сейсмоактивные зоны: Датыхско-Ахловская, Бенойско-Эльдаровская, Гудермесская северо-западной ориентировки; Кабардино-Галюгаевская, Советско-Гудермесская северо-восточной ориентировки, Карабулак-Гвардейская, Аргуно-Брагунская субмеридиональной ориентировки; Черногорская, Сунженская, Терская и Притеречная (Моздокско-Правобережненская) субширотной ориентировки.

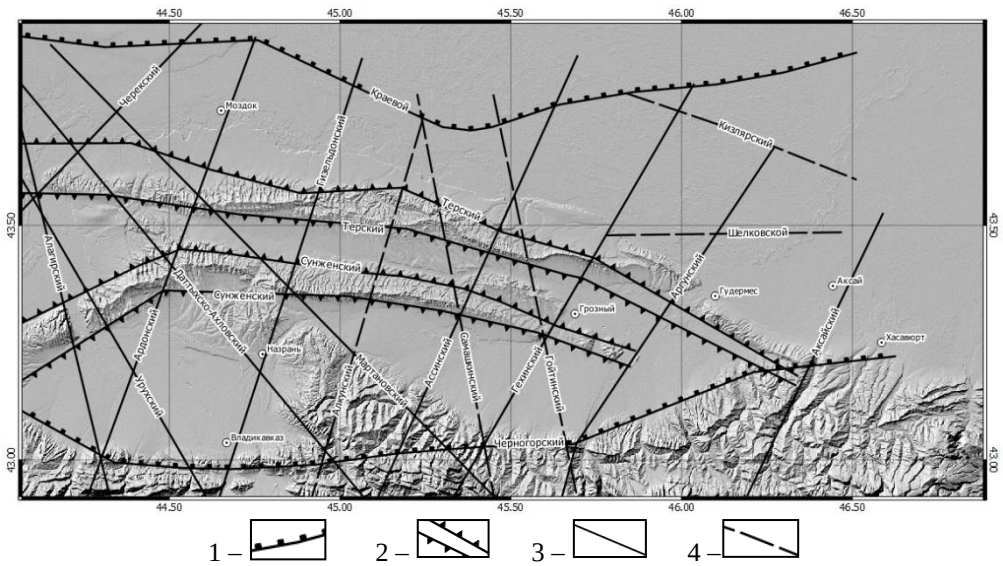


Рис. 1. Схема разломов центральной части Терско-Каспийского прогиба

Условные обозначения: 1 –разломы I порядка границы ТКП; 2 – разломы II порядка (шовные зоны); 3 – глубинные разломы; 4 – предполагаемые.

Неоднородность Терско-Каспийского прогиба отображается в блоковом строения региона, обусловленном пересечением разноориентированных разломов, которые в свою очередь определили историю геологического развития,

нефтегазоносности отдельных структурно-тектонических зон и подчиненных им локальных ловушек.

В последние годы установлена зависимость между местоположением разломов, нефтегазовых месторождений и сейсмичности во многих районах мира. Выделяемые по геолого-геофизическим данным разломы служат границами платформ, краевых прогибов и межгорных впадин. На приподнятых крыльях таких флексур в ряде случаев располагаются валы и цепочки локальных структур, к которым приурочены многие месторождения нефти и газа [5, 9, 13 и др.].

Разновозрастные разломы несколько различно проявляются в геофизических полях. Наиболее древние разломы, образующиеся унаследованно по отношению к структуре фундамента, выражены весьма четко в магнитном поле, а иногда и в гравитационном поле в виде интенсивных линейных аномалий или зон высоких градиентов. Молодые наложенные разломы, секущие, по отношению к структуре фундамента, отражаются лишь в гравитационном поле в виде отчетливых гравитационных ступеней или смены простирании аномалий.

Большинство зон нефтегазонакопления связано с местоположением отдельных разломов и зон дробления фундамента. Эта зависимость выступает еще отчетливее при сопоставлении результатов интерпретации геофизических полей с размещением нефтегазоносносных структур. Большинство месторождений нефти и газа приурочены к зонам в той или иной степени к экстремумам геофизических полей.

Распределение нефтегазовых месторождений и линейных структур наиболее отчетливо проявляются в пределах Терской и Сунженской антиклинальных зонах, контролирующих размещение локальных структурных ловушек нефти и газа на исследуемой территории, где наблюдается общая связь нефтегазоносных месторождений ТКП, месторождения нефти и газа как бы «сидят» на разломах. В центральной части и в западно-восточном направлении, прослеживается аналогичная связь. Положительная роль разломов, очевидно, заключается в том, что они приводят к растрескиванию земной коры и создают благоприятные условия для вертикальной миграции и концентрации нефти и газа. Кроме того, именно новейшие вертикальные перемещения блоков фундамента часто обусловливают образование валов и локальных антиклинальных структур в осадочном чехле.

Выводы

По результатам анализа и интерпретации данных, можно выделить следующее:

- по результатам обработки потенциальных полей выделены тектонические зоны соответствующие разломным структурам исследуемой территории;
- области простирания и пересечения разломов характеризуются высокой современной геодинамической активностью.
- отмечается приуроченность эпицентров землетрясений к высокоградиентным зонам региональных и локальных минимумов силы тяжести и соответственно определенным разломам являющимися сейсмоактивными в современное время;
- к разломным зонам и особенно к зонам их пересечения приурочены основные месторождения нефти и газа ТКП, эта закономерность прослеживается по всей рассматриваемой территории, что позволяет использовать материалы исследования при планировании и проведении поисково-разведочных работ.

Работа выполнена при поддержке
гранта РФФИ р_а 18-45-200001

Литература

1. Геологическое развитие и становление современной структуры Терско-Каспийского передового прогиба / *Короновский Н. В., Гущин А. И., Никитин М. Ю. и др.* // Тектоника орогенных сооружений Кавказа и вредней Азии. М.: Наука, 1990. С. 4-35.

2. Глубинное строение северо-восточного Кавказа / *Ю.А. Стерленко, И.М. Крисюк, М.Н. Смирнова* и др. // Тез. докл. науч.- практич. конф. Грозный, 1982. С. 1-8.
3. *Дотдуев И.С.* Мезозойско-кайнозойская геодинамика Большого Кавказа // Геодинамика Кавказа. М.: Наука, 1989. С. 82-92.
4. История геологического развития и формирование структуры Центральной части Терско-Каспийского передового прогиба / *Н.В. Короновский, А.В. Кожевников, Д.И. Панов* и др. // Геология и полезные ископаемые Большого Кавказа. М.: Наука, 1987. С. 147-174.
5. *Лебедько Г.И.* Фундамент Предкавказья. Ростов-на-Дону. Изд. СКНЦ ВШ ЮФУ. 2008. 204 с.
6. *Керимов И.А.* Метод F-аппроксимации при решении задач гравиметрии и магнитометрии. М.: Физматлит, 2011. 264 с.
7. *Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Абубакарова Э.А.* Геофизические поля и разломная тектоника Терско-Каспийского прогиба// Геодинамика. Глубинное строение. Тепловое поле Земли. Интерпретация геофизических полей. Пятые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича, 06-10 июля 2009 г. Материалы конференции. Екатеринбург, 2009. С.226-230.
8. *Керимов И.А., Крисюк И.М., Гайсумов М.Я.* Геофизические поля, системы разломов и сейсмичность Чечено-Ингушетии. Депонировано в ВИНИТИ. № 1066-В92 от 30.03.92. 91 с.
9. Крисюк И.М., Сазонов И.Г., Стерленко З.В. Роль разломов разных генераций в формировании скоплений углеводородов на территории Терско – Каспийского прогиба // Геолого-геофизические проблемы поисков нефти. М.:Наука, 1988. С. 47 – 53.
10. *Крисюк И.М., Смирнова М.Н.* Об Ардонском глубинном разломе / / Тр. Грознен, нефт. ин-та. 1968. Вып. 29. С. 28-30.
11. *Милановский Е.Е.* Новейшая тектоника Кавказа. М.: Наука, 1968. 499 с.
12. *Летавин А.И.* Геология фундамента Предкавказья//геология и полезные ископаемые Большого Кавказа. М.: Наука, 1987. С. 116-123.
13. Развитие представлений о разломной тектонике Терско-Каспийского прогиба / *Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Даукаев А.А. и др.* // Вестник Академии наук Чеченской Республики, 2010. № 1(12). С.63-74.
14. *Сидоров В.А., Скарятин В.Д.* О проявлении современных вертикальных движений земной коры в зонах линеаментов / Аэрокосмическое изучение современных и новейших тектонических процессов. М.: Наука, 1988. С. 120-124.
15. *Смирнова М.Н., Станулис В.А., Яковлева Т.В.* Рекомендации по дальнейшему направлению поисково-разведочных работ и новые данные о глубинном строении Терско-Сунженского прогиба. Грозный: Грозненский рабочий, 1967. 51 с.
16. *Талалаев В.Д., Аветисьянц С.А.* К вопросу о тектонике Терско-Каспийского передового прогиба // Труды СевКавНИПИнефть, 1976. Вып. XXIII. С. 39-44.
17. Оперативная информация о землетрясениях России. ФИЦ ЕГС РАН [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.ceme.gsras.ru/
18. Каталог землетрясений Кавказа с M≥4,0 (K≥11,0) с древнейших времен до 2004 г. Составитель Годзиковская А.А. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://zeus/wdcb/ru/sep/caucasus

УДК 550.34(470.62) (477.75) DOI:10.34708/GSTOU.2021.40.85.041

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЙСМОТЕКТОНИКИ АНАПСКОГО 12.06.1966 г. И ДАГЕСТАНСКОГО 14.05.1970 г. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

© [1]Пономарева Н.Л., [2]Стогний В.В.

[1]Сейсмическая станции «Махачкала» ФИЦ ЕГС РАН, г. Махачкала
[2]КубГУ, г. Краснодар

Сейсмогенерирующие структуры. Анапского (12.06.1966 г.) и Дагестанского (14.05.1970 г.) землетрясений анализируются на основе предложенной схемы тектонического строения консолидированной земной коры Большого Кавказа. Выявлены общие закономерности и различия в тектонической позиции данных землетрясений, которые являются основанием для постановки новых задач изучения их сейсмотектоники.

Ключевые слова: *Анапское землетрясение, Дагестанское землетрясение, сейсмотектоника, гравитационное поле, тектонический блок, земная кора, мантия.*

Введение.

Во второй половине XX века в пределах Крымско-Кавказской сейсмической зоны Средиземноморского подвижного пояса произошло несколько сильных землетрясений с магнитудой $M > 5.5$. Целью настоящей работы является сравнительная характеристика Анапского землетрясения (12.06.1966, $M = 5.8$), расположенного в западной части зоны, в пределах Северо-Западного Кавказа, и Дагестанского землетрясения (14.05.1970, $M = 6.6$), расположенного в ее восточной части. Местоположение эпицентров этих землетрясений на схеме блоковой делимости земной коры Большого Кавказа показано на рис. 1. В региональном плане эпицентр Анапского землетрясения приурочен к одноименному блоку (на схеме Ан), а Дагестанского землетрясения – к Терскому блоку (на схеме Тр) консолидированной земной коры.

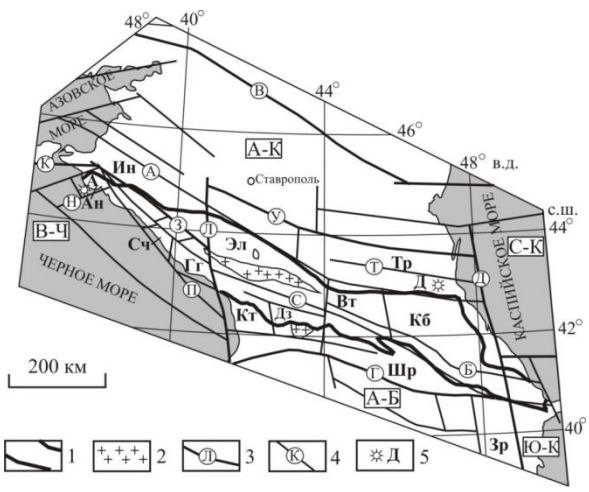
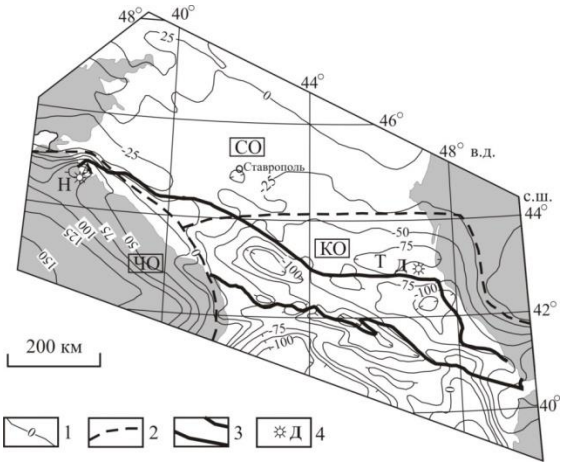


Рис. 1. Эпицентры Анапского и Дагестанского землетрясений на схеме блоковой делимости консолидированной земной коры Большого Кавказа (по Стогний, Стогний, 2017)

Условные обозначения:
1 – контур мегаантиклинория Большого Кавказа по [Геологическая карта …, 1978]; 2 – выходы протерозойских метаморфических пород и палеозойских гранитов Центрального сегмента и Дзирульского массива; 3 – межгеоблоковые и разломы: А – Азово-Каспийский, В – Северо-Скифский, Г – Аджаро-Мингечаурский, Д – Дербент-Ленкоранский, З – Западно-Кавказский, К – Крымский, Л – Лаба-Батумский, У – Уруп-Терский; 4 – межблоковые разломы: Н – Новороссийский, П – Причерноморский, С – Сването-Алазанский, Б – Бежитинский; внутриблоковый разлом: Т – Терский. Блоки: А-К– Азово-Каспийский, В-Ч – Восточно-Черноморский, С-К – Северо-Каспийский, Ю-К – Южно-Каспийский, А-Б – Аракс-Бакурианский; 5 – эпицентры Анапского (А) и Дагестанского (Д) землетрясений. Блоки: Ан – Анапский, Сч – Сочинский, Гг – Гагрынский, Дз – Дзирульский, Зр – Зардобский, Вт – Верхнетерский, Ин – Индолокубанский, Кб – Кубачинский, Тр – Терский, Кт – Кутаисский, Шр – Ширакский, Эл – Эльбрусский.

Анапское (12.06.1966) и Дагестанское (14.05.1970) землетрясения различаются по многим параметрам, прежде всего по магнитуде (5.8 и 6.6 соответственно), глубине гипоцентра (55 и 12 км соответственно) и интенсивности проявления (по шкале МСК-64 до 7 и до 9 баллов соответственно). Учитывая важность регионального прогноза по максимально возможной балльности проявления землетрясений, необходимо постоянное совершенствование моделей их формирования, в частности, сейсмотектонических моделей.



1 – изоаномалы гравитационного поля по [Гравиметрическая карта …, 1990] (Т – Терский минимум, Н – Новороссийский максимум); 2 – границы аномальных областей гравитационного поля: ЧО – Черноморская, СО – Скифская, КО – Кавказская; 3 –контур мегаантиклинория Большого Кавказа по [Геологическая карта …, 1978]; 4 – эпицентры Анапского (А) и Дагестанского (Д) землетрясений.

Рис. 2. Эпицентры Анапского и Дагестанского землетрясений на схеме гравитационного поля Черноморско-Каспийского региона

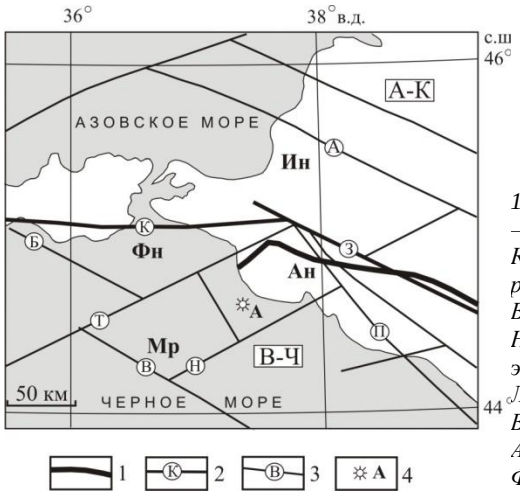
К определяющим глубинным сейсмогенерирующим структурам сильных землетрясений необходимо отнести петроплотностные неоднородности литосферы, прежде всего астенолинзы, блоки различной плотности, а также реологические неоднородности. Плотностные неоднородности литосферы как сейсмогенерирующие структуры землетрясений обычно находят отражение в гравитационном поле, поэтому рассмотрено положение эпицентров Анапского и Дагестанского землетрясений в структуре гравитационного поля, местоположение эпицентров этих землетрясений на гравитационного поля показано на рис. 2. Анапское землетрясение приурочено к Новороссийской положительной локальной аномалии, а Дагестанское землетрясение – к Терской отрицательной локальной аномалии гравитационного поля.

Сейсмогенерирующие структуры Анапского землетрясения

Эпицентр Анапского землетрясения (12.06.1966) с M = 5.8 располагался в Черном море в 10−15 км от мыса Утриш Северо-Западного Кавказа. Интенсивность землетрясения в эпицентральной зоне составила 7 баллов, а на суше 6–7 баллов [Никонов, Чепкунас, 1996]. Эпицентр этого землетрясения приурочен к центру одноименного Анапского блока, северная часть которого отвечает суше, а южная – акватории Черного моря. Землетрясение произошло на глубине 55 км, при мощности земной коры в районе очага около 40 км. Предельные возможные тектонические напряжения и закономерности распределения сейсмичности во многом обусловлены реологическим состоянием литосферы. Для типовых условий литосферы Анапского блока Северо-Западного Кавказа проведён расчёт колонки реологической стратификации [Стогний, Стогний, 2017а]. Очаг Анапского землетрясения 1966 г. находился в верхней мантии на глубине 55 км. По данным расчёта профиля обобщённой прочности литосферы Анапского блока наибольшие значения параметров хрупкого разрушения наблюдаются в пределах его верхнего слоя (10–15 км) и верхней мантии (40–60 км). С учётом этого предполагается, что очаг Анапского землетрясения формировался в обстановке хрупкого разрушения верхнего слоя мантии в условиях

взаимодействия Восточно-Черноморской микроплиты со Скифской плитой [Стогний, Стогний, 2019].

Очаг Анапского землетрясения приурочен к Новороссийскому гравитационному максимуму, который отождествляется с высокоплотным блоком консолидированной земной коры Восточно-Черноморской микроплиты, и который, вероятно, является блоком гранулитов нижней коры. Местоположение эпицентра Анапского землетрясения на схеме блоковой делимости земной коры Азово-Черноморского региона показано на рис. 3. Ялтинское (11.09.1927) землетрясение имеет аналогичную тектоническую приуроченность к высокоплотному блоку консолидированной земной коры [Стогний, Стогний, 2020].



1 – северо-западная граница Большого Кавказа; 2 – межгеоблоковые разломы: З – Западно-Кавказский, К – Крымский; 3 – межблоковые разломы: А – Азово-Каспийский, Б – Бурунский, В – Восточночерноморский, Т – Таманский, Н – Новороссийский, П – Причерноморский; 4 – эпицентр Анапского (А) землетрясения. Литосферные геоблоки: А-К – Азово-Каспийский, В-Ч – Восточно-Черноморский. Блоки: Ан – Анапский, Ин – Индолокубанский, Мр – Морской, Фн – Фанагорийский.

Рис. 3. Схема тектоники консолидированной земной коры Азово-Черноморского региона

Дифференциальные движения Анапского и расположенного восточнее Сочинского блоков консолидированной коры формируют главным образом современную сейсмичность Северо-Западного Кавказа. Максимальной величины магнитуды землетрясений Северо-Западного Кавказа зависят от площади сейсмогенерируюших блоков консолидированной коры, так, землетрясения с $M > 6{,}0$ локализованы в блоках площадью 100−300 тыс. км^2. Площадь Анапского сейсмогенерирующего блока не превышает 4 тыс. км^2, что ограничивает предельные размеры очага и максимальную (6,0) магнитуду землетрясений.

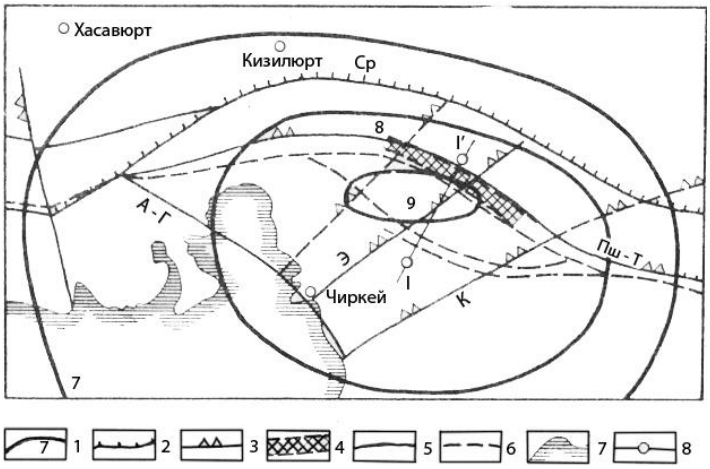
Сейсмогенерирующие структуры Дагестанского землетрясения

Землетрясение магнитудой $M = 6.6$, названное Дагестанским, произошло 14 мая 1970 г. на Восточном Кавказе, в республике Дагестан, его максимальная балльность на ограниченной площади составила 9 баллов по шкале МСК-64. Восьмибалльными сотрясениями землетрясение проявилось на площади более 900 кв. км. Координаты очага 43.0º с.ш., 47.1º в.д., глубина гипоцентра $H = 12$ км. Эпицентральная область отличалась наличием многочисленных вторичных повреждений земной поверхности. Несколько селений были разрушены до основания, десятки населенных пунктов очень сильно повреждены. В городах Буйнакск, Махачкала, Хасавюрт, Кизилюрт наблюдалось большое количество значительных повреждений капитальных строений. Пришлось вносить некоторые проектные изменения в ходе строительства Чиркейской ГЭС, расположенной в восьмибалльной зоне [Дагестанское …, 1980], не обошлось и без человеческих жертв (погиб 31 человек). Особенность реализации Дагестанского землетрясения проявилась в сильном форшоке ($M = 5.2$), происшедшем за девять часов

до основного толчка. В течение этих девяти часов сейсмической станцией «Махачкала» было зарегистрировано 47 событий малых энергетических классов.

Анализ теконического положения Дагестанского землетрясения выполнен по [Смирнова, 1974] (рис.4). Очаговая область Дагестанского землетрясения расположена в пределах крупного дизъюнктивного узла, где пересекаются тектонические линеаменты первого порядка, влияющие на строение всего Большого Кавказа. Один из них - это область сочленения Терско-Каспийского передового прогиба с альпийским складчатым сооружением Большого Кавказа, ориентирован субширотно. Пересекает его субмеридионально ориентированная зона Дагестанского поперечного поднятия, с которым связано возникновение на его поверхности структуры Дагестанского клина, представляющего собой дугообразное расширение полосы выходов мезозойских отложений. Оба этих линеамента активны в новейшее время, что выражено в градиентах неотектонических движений и рельефе поверхности.

Дагестанский клин является наиболее крупным структурным элементом Восточного Кавказа, осложняющим южный борт Терско-Каспийского погиба. Впервые термин «Дагестанский клин» употребил Н.С. Шатский в 1928 г. [Шатский, 1928]. Под этой структурой он понимал ту часть нагорного Северо-Восточного Кавказа между Владикавказом и Каспийским морем, которая широким углом вдается к северу в прилежащую равнину. Сложное строение клина предопределено, вероятно, блоково-мозаичным строением доюрского основания и поэтапным его формированием в качестве меняющейся во времени группировки активных блоков, ограниченных системой разно-ориентированных пересекающихся дислокаций фундамента. Непосредственно в зоне формирования очага Дагестанского землетрясения выделены три системы разломов различного простирания: продольного (общекавказского), поперечного (северо-восточного) и диагонального (северо-западного) (рис. 4). Продольные – крупнейшие разломы осевой зоны Терско-Каспийского передового прогиба: Пшекиш–Тырныаузский и Срединный (рис. 4). По гравиметрическим данным Срединный разлом проходит по фронтальной части Дагестанского клина от Чиръюрта до Махачкалы и выражается резкой гравитационной ступенью. В зоне разлома наблюдается Темиргоевская магнитная аномалия интенсивностью ±2 мкТл. С данным разломом связаны зоны высоких градиентов скоростей современных тектонических движений. Этот разлом определил асимметрию изосейст высших баллов землетрясения, обусловленную быстрым падением интенсивности сотрясений к северу. На поверхности он проявился значительными грунтовыми деформациями, разрывами подземных коммуникаций, участками искривления железнодорожных путей [Дагестанское…, 1980].



1 – изосейсты; 2 – гравитационные ступени; 3 – разломы, выделенные по магнитным аномалиям; 4 – зоны отсутствия корреляции сейсмических волн; 5 – разломы; 6 – разрывы на поверхности; 7 – северная граница распространения мезозойских отложений. Разломы: Ср – Срединный, Пш-Т – Пшекиш-Тырныаузский, К – Кумторкалинский, Э – Экибулакский, А-Г – Ахатлы-Гилянский

Рис. 4. Схема глубинных разломов Дагестанского клина по данным [Смирнова, 1974]

Пшекиш-Тырныаузский разлом проходит по внутренней части Дагестанского клина. Его положение определено по повышенным значениям горизонтальных градиентов силы тяжести и магнитным аномалиям интенсивностью 20–50 нТл. На поверхности этот разлом проявляется миндалевидным пучком разрывов и является наиболее сейсмоактивным. Внутри «миндалины» расположен инструментальный эпицентр Дагестанского землетрясения. Его северо-западная ветвь ограничивает 8-балльную изосейсту (рис. 4). Зона этого разлома проявилась срывами коренных пород и интенсивными осыпаниями.

Поперечные – Экибулакский и Кумторкалинский разломы, отчетливо выделяются в гравиметрических и магнитных аномалиях. Они оказали существенное влияние на распределение афтершоков. С Кумторкалинским разломом связана одна из самых интенсивных сейсмодеформаций – Ачинский срыв с плоскостью сброса высотой 4 м, с многочисленными гипсовыми щетками, зеркалами скольжения, с глубокими, параллельными друг другу зигзагообразными царапинами [Дагестанское…, 1980]. Вдоль Кумторкалинского разлома отмечены повышения балльности в отдельных участках, мгновенное изменение рельефа песчаной дюны Сарыкум, интенсивные деформации миоценовых гривок в среднем течении реки Шура-Озень.

Диагональный Ахатлы-Гилянский разлом контролирует западную границу 8-балльной зоны (рис. 4). В рельефе он выражен резким изменением направления русла реки Сулак. Его наличием обусловлены крупные оползни и срывы. На пересечении Ахатлы-Гилянского разлома с Кумторкалинским образовалась Ачинская деформация с зияющими глубокими трещинами северо-западного простирания, из которых поступал аномальный поток редких газов. В поле горизонтальных градиентов силы тяжести этот разлом прослеживается до Гудермеса.

Рельеф доюрского основания в очаговой области Дагестанского землетрясения является резко расчлененным и в результате развития сложной системы разломов имеет блоковое строение. Сочетание меридиональных, субширотных и диагональных разломов образует здесь веерообразный рисунок, приблизительно оконтуренный 8-балльной изосейстой. Вследствие этого Дагестанское землетрясение являло собой сложное сейсмическое событие, реализованное тремя последовательно образующимися субочагами, развивающимися с востока на запад [Арефьев и др., 2004].

Дагестанское землетрясение запустило процесс разрядки напряжений и самоорганизации среды разломной зоны северного участка Дагестанского клина – субширотного участка Пшекиш-Тырныаузского разлома на многие десятилетия, что выражено в особенностях сейсмического режима данной территории.

Афтершоковая деятельность Дагестанского землетрясения продолжалась более двух лет. В настоящее время, по прошествии более пятидесяти лет, очаговая область активна – в год здесь регистрируется от пятидесяти до ста и более событий, магнитуда которых не превышает фоновых значений. После заполнения водохранилища Чиркейской ГЭС в непосредственной близости от очага этого землетрясения фиксировались 6–7-балльные события, которые с уверенностью можно назвать индуцированными. 31 января 1999 года произошло Кизилюртское землетрясение $M = 5.7$ с координатами 42.80º с.ш., 46.8º в.д., глубина гипоцентра $H = 15$ км, которое также рассматривается как индуцированное, но в подготовленной тектонической обстановке.

Ранее исследовалась фоновая сейсмичность области, окружающей эпицентр Дагестанского землетрясения [Пономарева, Ахмедова, 2015]. Установлено, что подавляющее большинство очагов слабых землетрясений с $M \leq 3$ находится в сильно раздробленном слое осадочной толщи на глубинах не более 8 – 17 км, что отражено в численном значении коэффициента угла наклона графика повторяемости $b = 0.866 \pm 0{,}06$. Это значение мало меняется в последние годы. На исследуемой территории после 1999 года не наблюдалось значительных флуктуаций фоновой сейсмичности, землетрясения $M > 4.1$ не отмечены. Однако, значения сейсмической активности $A3{,}3 \approx 2{,}8$ для данного региона остаются стабильно высокими по сравнению с остальной

территорией Дагестана, так как Чиркейское водохранилище является перманентным сейсмогенерирующим фактором.

Заключение

Выполненный анализ сейсмогенерирующих структур Анапского (12.06.1966) и Дагестанского (14.05.1970) землетрясений позволил выявить как общие закономерности их тектонической приуроченности, так и существенные различия. Последние наиболее ярко проявляются в следующих особенностях: эпицентр Анапского (12.06.1966) землетрясения приурочен к одноименному высокоплотному блоку консолидированной земной коры, проявляющемуся в гравитационном поле Новороссийским локальным максимумом, а очаг расположен на большой глубине (55 км), в верхней мантии; эпицентр Дагестанского (14.05.1970) землетрясения расположен в пределах Терского блока, отражающегося одноименной отрицательной аномалией силы тяжести, а очаг локализован на глубине 12км, по-видимому, в низах верхнего слоя земной коры (при ее общей трехслойной модели). Выявленные особенности локализации очагов Анапского и Дагестанского землетрясений обусловлены, по-видимому, прежде всего различиями в реологическом строении земной коры и верхней мантии этих регионов, которые могут быть изучены на основе специализированных исследований.

Литература

1. *Арефьев С.С., Стасюк Е.И., Ривера Л.* Модель очага Дагестанского землетрясения 1970 г. // Физика земли. 2004. №2. С. 15–27.
2. Геологическая карта Кавказа. Масштаб 1:500000 / Гл. редактор *Д.В. Наливкин*. М.: НПО «Аэрогеология», 1978.
3. Гравиметрическая карта СССР. Масштаб 1:2500000 / Гл. редакторы *П.П. Степанов, М.А. Якушевич.* М.: ВНИИ «Геофизика», 1990.
4. Дагестанское землетрясение 14 мая 1970г. // Сейсмология. Геология. Геофизика. –М. Наука, 1980. – С. 161–165.
5. *Никонов А.А., Чепкунас Л.С.* Сильные землетрясения в низовьях реки Кубани // Геофизический журнал. 1996. Т. 18. № 3. С. 29−41.
6. *Пономарева Н.Л., Ахмедова М.М*. Исследование фоновой сейсмичности центральной части Дагестанского клина // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных. Обнинск. 2015. С. 268–272.
7. *Смирнова М.Н.* О внутреннем строении доюрского основания Терско-Каспийского прогиба // Геология и разведка. 1974. №3. С. 10–18.
8. *Стогний Г.А., Стогний В.В.* Сейсмотектоническая модель Северо-Западного Кавказа: геолого-геофизический аспект // Физика Земли. 2019. № 4. С. 124−132.
9. Стогний Г.А., Стогний В.В. Сейсмичность Большого Кавказа с позиции блоковой делимости земной коры // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества (ЧЭС). 2017. № 2. С. 86–95.
10. *Стогний В.В., Стогний Г.А.* Реологические модели в сейсмологических исследованиях Северо-Западного Кавказа // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Материалы VII Всероссийской НПК «Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа». 6-9 декабря 2017 г., г. Ессентуки. Том VII. Часть 2. М.: ИИЕТ РАН, 2017. С. 173−180.
11. *Стогний В.В., Стогний Г.А.* Сравнительная характеристика сейсмотектоники Ялтинского 11.09.1927 г. и Анапского 12.06.1966 г. землетрясений // Коллективная монография: Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том X. Ч. 2. М.: ИИЕТ РАН, 2020. С. 195−200.
12. *Шатский Н.С.* Геологической строение Черных гор и нефтяные месторождения «Миатлы» и Дылым» (Северный Дагестан) // Труды Государственного научно-исследовательского нефтяного института. 1928. №4. С. 154.

УДК 624.131.1:551.252 DOI:10.34708/GSTOU.2021.42.77.042

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ПОТЕРЬ ОТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЮГА СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

© [1]Фролова Н.И., [2]Габсатарова И.П., [3]Сущев С.П., [1]Малаева Н.С.

[1]ИГЭ им Е.М. Сергеева РАН, г. Москва
[2]ФИЦ «Единая Геофизическая Служба РАН», г. Обнинск
[3]МГТУ им. Баумана, г. Москва

Материалы статьи направлены на актуализацию информационного наполнения системы АИУС РСЧС МЧС РФ в целях повышения надежности результатов оценки потерь от землетрясений и как следствие обеспечения безопасности населения, проживающего в сейсмоопасных районах России. В качестве тестовой территории рассматривается Ставропольский Край. Уточнены параметры уравнения затухания макросейсмического поля для Невинномысской зоны ВОЗ на основе анализа умеренных событий с магнитудами в диапазоне M=3.3–4.5 с начала прошлого века по настоящее время. Для расчета последствий для курортных населенных пунктов, расположенных в южной части Ставропольского Края, применена система «Экстремум» и используются характеристики зон ВОЗ, полученные в рамках работ по ОСР-2016 и по ДСР, а также два сценарийных землетрясения. Анализируется влияние особенностей распространения сейсмического эффекта и параметров уравнения макросейсмического поля на результаты моделирования последствий сценарийных землетрясений. Особое внимание уделяется исследованию глубин сильных и умеренных событий в рассматриваемом районе Северного Кавказа. Отмечается целесообразность калибровки модели для оценки потерь в системе «Экстремум». Получены оценки возможного ущерба при сценарийных землетрясениях с M=7.0 и M=5.5 для отдельных крупных городов Кавминводской зоны. Результаты исследований могут быть использованы при разработке как планов превентивных мероприятий, так планов реагирования в случае возможных событий в регионе.

Ключевые слова: *Система «Экстремум», зоны ВОЗ, калибровка модели оценки потерь, макросейсмическое поле, сценарийные события, Ставропольский Край.*

Введение

Для повышения эффективности управления НЦУКС МЧС России (Национальный центр управления в кризисных ситуациях) внедряет Автоматизированную Информационную Управляющую Систему (АИУС), обеспечивающую значительное повышение качества принимаемых решений о планировании превентивных мероприятий и мероприятий по оперативному реагированию в случае сильного землетрясения. Для прогноза последствий землетрясений в заблаговременном и оперативном режимах используются методы математического моделирования и калибровка моделей для оценки потерь.

Краткое описание структуры АИУС и ее базы данных о событиях дано авторами ранее [3] и представлено на конференции прошлого года применительно к району Чеченской Республики.

Как правило, при оценке возможных потерь и ущерба от будущих землетрясений в качестве сценарийных событий выбирают ранее произошедшие сильные землетрясения в регионе или наиболее опасные события согласно картам зон ВОЗ, которые строятся при Общем сейсмическом районировании (ОСР) и более детально при детальном сейсмическом районировании (ДСР).

Авторами неоднократно показано, в том числе и на примерах Кавказского региона [3, 4, 14], что надежность оценок последствий обеспечивается систематической калибровкой системы «Экстремум». Особый подход необходим для повышения надежности заблаговременных и оперативных оценок потерь от землетрясений,

происходящих в зонах умеренной сейсмичности, к которым относится территория Ставропольского края. Он реализуется через калибровку системы за счет применения метода точечных сценарийных событий.

Сейсмический режим территории Ставропольского края

Территория Ставропольского края (СК) является частью умеренно сейсмоактивного Центрального Предкавказья и, следуя основным тематическим разделам системы АИУС РСЧС по зонированию территории, относится к зоне сейсмолинеаментов с *M*max=5.5, имеющих как кавказское направление и диагональное к нему, по ЛДФ (линеаментно-доменно-фокальная) - модели зон ВОЗ [8] (рис.1). По более детальным оценкам [13] некоторая часть территории СК относится к зонам ВОЗ (*M*max=6 и *M*max=7), центральная ее часть к (*M*max=5.5), а с юга и востока территории соседствуют зоны с *M*max=7 в соответствии с работами коллектива ИФЗ РАН, возглавляемого Е.А. Рогожиным (рис.1). Отметим, что зоны ВОЗ являются сейсмотектонической основой карт сейсмической опасности.

В тектоническом отношении рассматриваемый район расположен в пределах эпигерцинской Скифской плиты (молодой платформы) с интенсивно дислоцированным герцинским складчатым основанием и мезо-кайнозойским чехлом. На территории Центрального Предкавказья выделяются четыре крупные неотектонические структуры: Восточно-Кубанский прогиб, Ставропольский свод, Минераловодский выступ и Терско-Каспийский прогиб [11, 12]. Наиболее сейсмоактивным является район Кавказских Минеральных Вод [6, 7], где по оценкам сейсмического потенциала Кавказа по межрегиональному методу [10] с учетом палеосейсмологических и сейсмотектонических данных был выделен Кисловодский потенциальный очаг с M_{max} = 6.5÷7.0. Наиболее сильные землетрясения в XX веке в этом очаге семибалльные землетрясения: Усть-Джегутинское 18 апреля 1909 г. в 10^h45^m M=4.6, Пятигорское 4 июля 1912 г. с *M*=4.7±0.5 и I_0=VI-VII±0.5, Кисловодское 29 июня 1921 г. 11^h56^m с *M*=5.6 и Кавминводское 28 февраля 1978 г. 22^h58^m *M*=4.5 I_0= VII-VIII±0.5 (рис. 1). Установлено, что эпицентральные зоны и их вытянутость у перечисленных землетрясений соотносятся с зонами разломов соответственно СЗ и СВ простирания, которые в этих условиях естественно считать сейсмогенерирующими и потенциально опасными. Далее в расчетах последствий сценарийных землетрясений это будет учтено, будут взяты направления в ζ=40° и ζ=320°.

Уточнение уравнения макросейсмического поля для юга Ставрополького края

Учет региональных особенностей распространения сейсмического эффекта, выраженных в уравнениях макросейсмического поля, отношении большой и малой осей эллиптических изосейст высших баллов и угла, задающего ориентацию осей изосейст, чрезвычайно важен для повышения эффективности калибровки системы «Экстремум» для расчета потерь [15, 16].

Ранее для исследуемой области, как и для другой территории Северного Кавказа, применялись уравнения макросейсмического поля:

$I = 1.5M - 3.5 \log(r) + 3$ – среднее уравнение для всех регионов Северной Евразии;

$I = 1.6M - 3.1 \log(r) + 2.2$ – уравнение для Северного Кавказа [1] и уточненное в [16];

$I = 1.5M - 3.1 \log(r) + 2.23$ для восточной части Северного Кавказа.

В [9] показано, что для слабосейсмичных территорий ВЕП и Урала, применение традиционных методов с использованием радиусов изосейст «опорных» землетрясений практически невозможно из-за недостатка хорошо обследованных сильных землетрясений. Этот недостаток компенсировался объединения сведений о макросейсмических проявлениях в населенных пунктах по совокупности близко расположенных сейсмических событий. Такой подход был применен и в настоящем исследовании. Были собраны карты изолиний балльности и пункты-баллы 10-ти исторических и современных землетрясений (18.04.1909 с M=4.6; 01.06.1947 с M=3.5; 23.11.1947 с M=3.5; 30.01.1968 с M=4.0; 02.10.1971 с M=4.5; 22.07.2006 с M=4.1;

02.05.2012 с M=4.0; 15.12.2012 с M=3.8; 15.02.2015 с M=3.3; 03.11.2015 с M=4.1), произошедших в основном в Невинномысской зоне ВОЗ, определены по современным картам координаты населенных пунктов, рассчитана методом наименьших квадратов обобщенная зависимость интенсивности в баллах от гипоцентрального расстояния. Добавление пунктов-баллов сильнейшего в этой области Кавминводского землетрясения 28.02.1978 г. в 22^h58^m существенно не повлияло на результат, лишь ухудшало статистические оценки решения из-за большой разбросанности данных по площади.

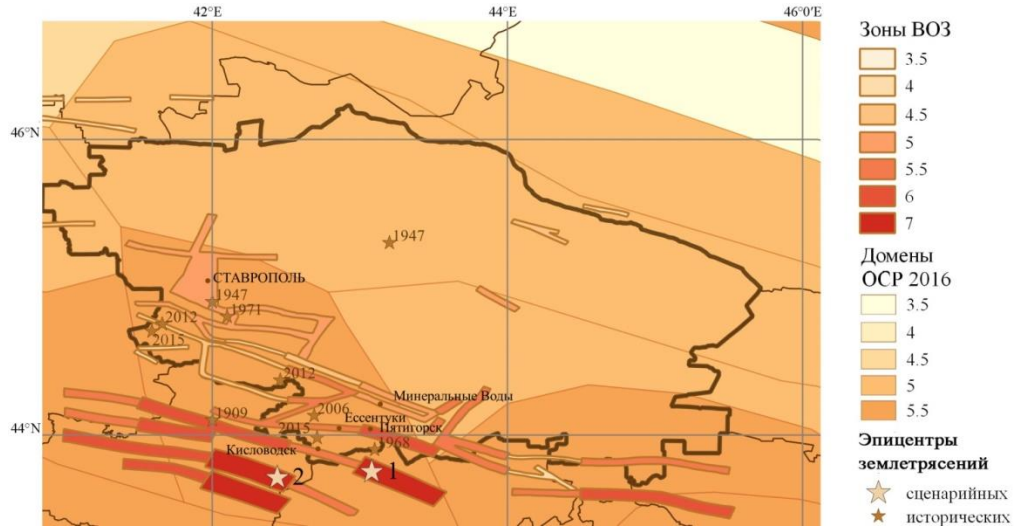


Рис. 1. Зоны ВОЗ для территории Ставропольского края по ОСР2016 [8] и по ДСР [13]; эпицентры исторических и сценарийных землетрясений

Получено уравнение: $I = 1.5M - 2.6\pm0.1 \log(r) + 1.6\pm0.2$, R=0.82, N=184, которое также будет использовано при оценке возможных потерь от сценарийных землетрясений в основных городах Кавказских Минеральных Вод. Уравнение характеризует более слабое затухание с ν=2.6, чем это принято для Северного Кавказа в целом. Это может быть объяснено тем фактом, что для расчета коэффициентов уравнения макросейсмического поля ранее использовались данные по землетрясениям на Большом Кавказе и прилегающих территориях, а территория Ставропольского края, в основном, объединяет переходную к платформенным структурам Предкавказскую моноклиналь и структуры Скифской платформы. Для платформенных зон и ранее было установлено более слабое затухание относительно средних значений [9].

Результаты расчета последствий сценарийных событий

Положение выбранных сценарийных событий показано на рис.1 цифрами «1» и «2», в таблице 1 приведены их параметры, как исходные данные для расчета потерь с учетом характеристик доменов по карте ОСР2016 и карте зон ВОЗ [13]. Положение сценарийных событий экспертно определено Е.А. Рогожиным относительно выделенных зон ВОЗ, магнитуда соответсвовала M_{max} зон ВОЗ и доменов ОСР 2016. Особо следует поговорить о возможной глубине события. Она оценена Е.А. Рогожиным как h=20 км в зонах ВОЗ и относится и к очагам №1 и №2. По мнению других геологов [5] в пределах Минераловодской сейсмоактивной зоны очаги землетрясений залегают на глубинах 13–17 км. Инструментальные данные о сильнейшем в этой зоне Кавминводском землетрясении, сообщенные в международном центре ISC определены при фиксированной глубине 10 км. Из статьи ежегодника «Землетрясения в СССР в 1978 г.» известно следующее: «28 февраля в районе Кавказских Минеральных Вод ощущалось землетрясение силой до 7–8 баллов. В результате землетрясения изменился режим минеральных источников и буровых скважин, отмечались световые явления. Очаг этого

землетрясения расположен в зоне пересечения глубинных разломов общекавказского простирания – Невинномысского и Черкесского с поперечным Эльбрусским. При балльности в эпицентре I_0 = 7 ÷ 8 и M_{LH} = 4,5 h_{IM} = 5 км, h_I = 12 км». Можно предположить, что при подготовке землетрясения с большей магнитудой, как у сценарийного события с M=7.0, будут задействованы гораздо более глубокие слои. Однако наши знания о землетрясениях близкой магнитуды на Кавказе (Спитакское 1988 г. и Рачинское 1991 г.), позволяют предположить и другие значения глубин для сценарийных землетрясений, а именно не глубже 15 км. Поэтому расчеты проведены с разными значениями глубин от 5 км до 20 км.

Расчеты возможных последствий выполнялись для различных коэффициентов уравнения макросейсмического поля Н.В. Шебалина [17]: коэффициенты по умолчанию, предложенные Н.В. Шебалиным для Северного Кавказа [18], уточненные авторами коэффициенты для Северного Кавказа [16] и полученные в настоящей работе. Использовалось значение коэффициента сжатия эллипса k=2, как это было получено для ряда землетрясений в этой зоне [2].

Таблица 1

Параметры сценарийных событий

№ варианта	Параметры события	Параметры уравнения макросейсмического поля	ζ
1а	43.75º N; 43.08º E; M=7; h=20 км	b=1.6; ν=3.1; c=2.2 [18]	40°
1б	43.75º N; 43.08º E; M=7; h=20 км	b=1.5; ν=3.1; c=2.23 [16]	40°
1в	43.75º N; 43.08º E; M=5.5; h= 8.25км	b=1.5; ν=3.1; c=2.23 [16]	40°
1г	43.75º N; 43.08º E; M=7; h=20 км	b=1.5; ν=2.6; c=1.6	320º
1д	43.75º N; 43.08º E; M=5.5; h=5км	b=1.5; ν=2.6; c=1.6	320º
1е	43.75º N; 43.08º E; M=5.5; h=10 км	b=1.5; ν=2.6; c=1.6	320º
1ж	43.75º N; 43.08º E; M=7; h=15км	b=1.5; ν=2.6; c=1.6	320º
1з	43.75º N; 43.08º E; M=7; h=10 км	b=1.5; ν=2.6; c=1.6	320º
2а	43.71º N; 42.44º E; M=7; h=20 км	b=1.6; ν=3.1; c=2.2 [18]	40°
2б	43.71º N; 42.44º E; M=7; h=20 км	b=1.5; ν=3.1; c=2.23[16]	40°
2в	43.71º N; 42.44º E; M=5.5; h= 8.25 км	b=1.5; ν=3.1; c=2.23 [16]	40°
2г	43.71º N; 42.44º E; M=7; h=20 км	b=1.5; ν=2.6; c=1.6	320º
2д	43.71º N; 42.44º E; M=5.5; h=5км	b=1.5; ν=2.6; c=1.6	320º
2е	43.71º N; 42.44º E; M=5.5; h=10км	b=1.5; ν=2.6; c=1.6	320º
2ж	43.71º N; 42.44º E; M=7; h=15 км	b=1.5; ν=2.6; c=1.6	320º
2з	43.71º N; 42.44º E; M=7; h=10 км	b=1.5; ν=2.6; c=1.6	320º

На рис. 2 показаны результаты расчета средних степеней повреждения застройки отдельных курортных городов Ставропольского края. В случае сценарийного события с магнитудой M=7 при использовании в расчетах уравнения Н.В. Шебалина [18] для Северного Кавказа (вариант 1а) (рис.1, табл.1) наивысшие средние степени повреждения застройки от d=3 до d=4 получены для городов Пятигорск, Кисловодск, Ессентуки и Минеральные воды. При использовании уточненного уравнения для Северного Кавказа [16] средние степени повреждения застройки этих городов d изменяются от d =2.2 до d 2.9 (вариант 1б). Однако, если использовать коэффициенты уравнения, полученные в настоящей статье и такую же глубину h=20 км (вариант 1 г) эффект по степеням повреждений практически идентичен в городах Ессентуки и Кисловодск, и несколько (почти на единицу) ниже чем в Пятигорске и Минеральных Водах. Равенства с вариантом 1а степеней повреждений в г. Пятигорск и Минеральные Воды не достигается

и при уменьшении глубины источника до 5, 10 и 15 км. Это наводит на мысль о получении завышенных оценок в г. Пятигорск и Минеральные Воды при коэффициентах b=1.6; ν=3.1; c=2.2 [18] в уравнении макросейсмического поля. С другой стороны, оценки в г. Ессентуки и Кисловодске естественным образом увеличиваются при уменьшении глубины (варианты 1д–1з). Однозначно можно сказать, что M_{max}=5.5 и h= 8.25 км (среднее из интервала глубин) из доменной структуры ОСР 2016 в варианте 1 в дает самые низкие оценки средних степеней повреждений во всех городах Кавказских Минеральных Вод, что не соответствует оценкам максимальной балльности для этих городов по ОСР 2016 (A, B, C).

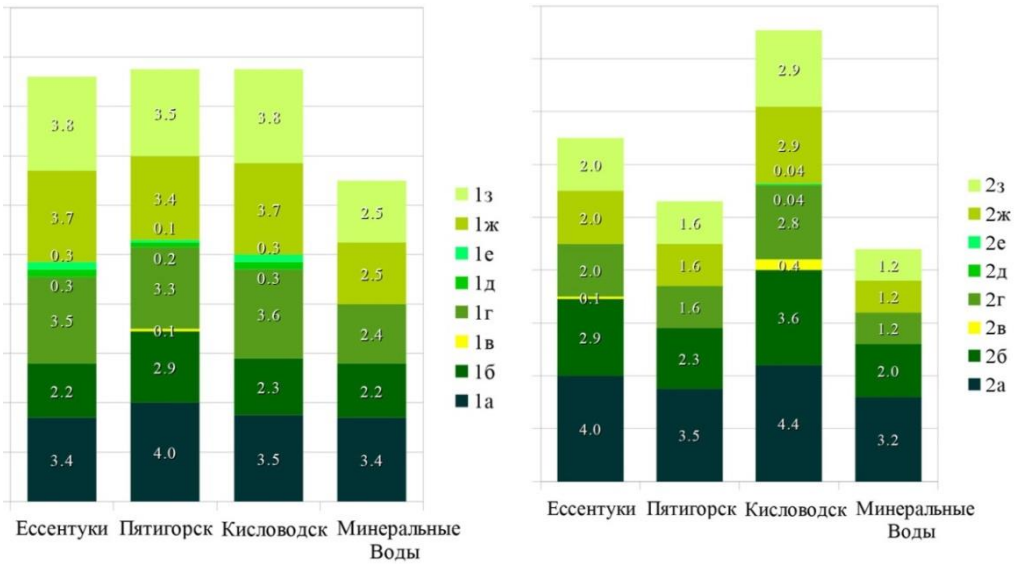
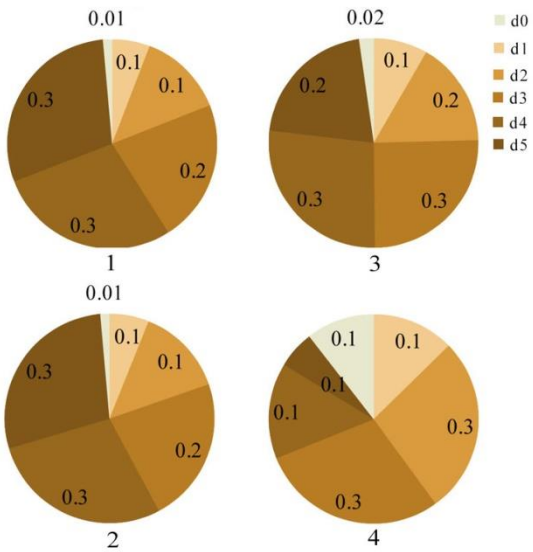


Рис. 2. Средние степени повреждения $d_{среднее}$ в курортных городах Ставропольского края при разных сценарийных событиях (рис.1, табл.1)



для городов 1- Кисловодск,2 – Ессентуки, 3 – Пятигорск,4 – Минеральные воды

Рис. 3. Распределение возможных степеней повреждений для отдельных курортных городов Ставропольского края при сценарийном событии 1г

Для сценарийного события №2 (рис.1, табл.1) наибольшие значения средних степеней повреждения получены для Пятигорска для вариантов 2а и 2б (рис.1, табл.1).

Использование в расчетах параметров уравнения поля, полученных авторами для Минераловодской зоны, дает более низкие оценки средних степеней повреждения (варианты 1г и 2г). Изменение глубины очага сценарийного события с h=20 км (вариант 1г) до h=10-15 км (варианты ж и з в табл.1) приводит к увеличению значений возможных средних степеней повреждений d= 3.4-3.7 в городах Пятигорск, Кисловодск, Ессентуки.

Для подготовки планов превентивных мероприятий и в случае реагирования на сильное событие важно знать не только средние степени повреждения по населенному пункту, но и вероятность или процент зданий, которые могут получить разные степени повреждения по шкале MMSK-86 [19]. На рис. 3 приведено распределение степеней повреждений для отдельных городов Ставропольского края в случае реализации события по сценарию 1г.

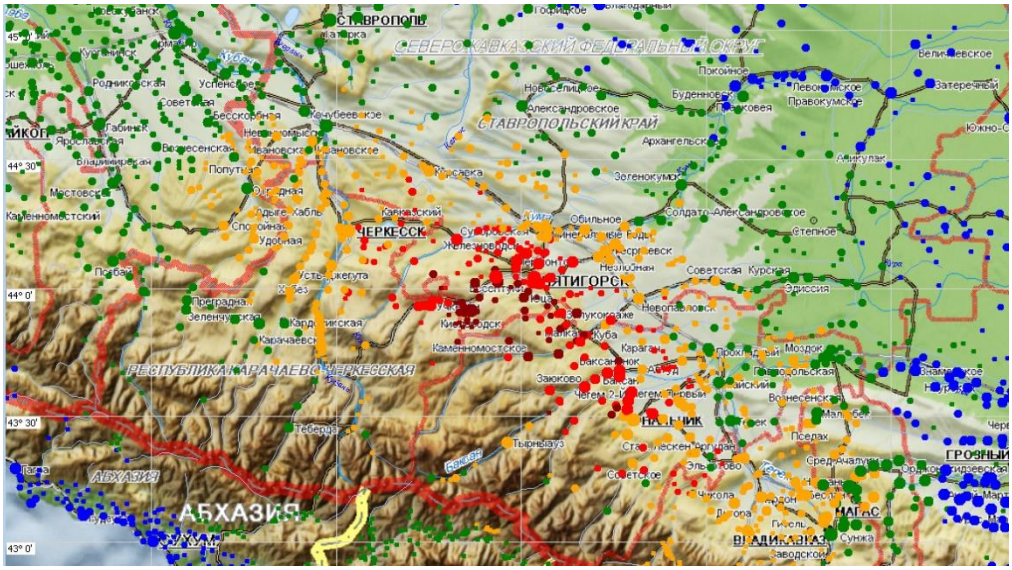


Рис. 4. Возможные последствия сценарийного события 1г (рис.1, табл.1)

На рис. 4 показаны результаты моделирования последствий сценарийного землетрясения с M=7 и h= 20 км (вариант 1г, рис.1, табл.1).

При расчете последствий использованы параметры закона затухания для Минераловодской зоны, полученных авторами в настоящей работе.

Значками разного размера показаны города с разной численностью населения, цвет значка – степень повреждения застройки: зеленый $d_{средняя}$ =1; оранжевый $d_{средняя}$ =2; красный $d_{средняя}$ =3; бордовый $d_{средняя}$ =4; черный $d_{средняя}$ =5; синий цвет – нет повреждений.

На рисунке 4 видно, что большая часть населенных пунктов в эпицентральной зоне в случае события 1г может получить средние степени повреждения от «умеренных» d=2 (оранжевый цвет) до «частичных обрушений» d=4 (бордовый цвет).

Заключение

Территория Ставропольского края в тектоническом плане, относящаяся к переходным к платформе и платформенным структурам Скифской плиты, в современное время обладает в основном умеренной сейсмичностью (M≤5.5). Однако на юге края по оценкам экспертов на основе геологических данных возможны землетрясения с M=7. Это использовалось в сценарийных землетрясениях, положение которых было

заимствовано у Е.А. Рогожина. На основе анализа землетрясений умеренной силы с магнитудами в диапазоне 3.3-4.5 с начала прошлого века по настоящее время откалиброваны параметры уравнения макросейсмического поля для южных районов Ставропольского края. Выполнены расчеты последствий сценарийных землетрясений из наиболее опасных зон ВОЗ с использованием откалиброванных параметров поля. Сравнительный анализ результатов моделирования последствий землетрясений с использование параметров поля по умолчанию и откалиброванных значений показывает эффективность калибровки системы «Экстремум» как для оперативных, так и заблаговременных оценок потерь от будущих событий.

Предполагается использование результатов настоящего исследования в рамках АИУС РСЧС в целях повышения безопасности населения в сейсмоопасных районах Ставропольского края и Северного Кавказа в целом.

Статья подготовлена в рамках выполнения государственного задания ИГЭ РАН по теме НИР №г.р. АААА-А19-119021190077-6, государственного задания ФИЦ ЕГС РАН № 075-00576-21 и проектов МГТУ им. Баумана №075-01304-20, № 075-11-2019-087 от 18.12.2019.

Литература

1. II б. Кавказ 50–1974 гг., M≥4.0, I0≥5 / *Бабаян Т.О., Кулиев Ф.Т., Папалашвили В.Г., Шебалин Н.В., Вандышева Н.В.*// Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. М.: Наука, 1977. С. 69–170.
2. Землетрясения Заветненское 2 мая 2012 г. с K_P= 11.2, Mwрег= 4.3, I_0= 5 и Воровсколесское-II 15 декабря 2012 г. с K_P= 10.8, Mwрег= 4.2, I_0= 4 (Ставропольский край) / *Габсатарова И.П., Королецки Л.Н., Иванова Л.Е., Селиванова Е.А.* // Землетрясения Северной Евразии. Вып. №21. 2012. Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2018. С. 323–331.
3. Повышение надежности оперативных оценок потерь от землетрясений на территории Чеченской Республики / *Ларионов В.И., Фролова Н.И., Угаров А.Н., Габсатарова И.П., Сущев С.П., Малаева Н.С.* // Коллективная монография. Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Том X. Часть 2. М.: ИИЕТ РАН, Москва. 2020. С. 145-155.
4. Управление сейсмическим риском в рамках АИУС РСЧС: на примере Северного Кавказа / *Ларионов В.И., Фролова Н.И., Угаров А.Н., Габсатарова И.П., Сущев С.П., Малаева Н.С.* // Труды Института Геологии ДНЦ РАН. 2020. № 2 (81). С. 32-46.
5. Новейшая геодинамика Эльбрусско-Минераловодской области Северного Кавказа / *Милановский Е.Е., Расцветаев Л.М., Кухмазов С.У., Бирман А.С., Курдин Н.Н., Симако В.Г., Тверитинова Т.Ю. //* Геодинамика Кавказа. М.: Наука, 1989. С. 99–105.
6. *Никонов А.А.* Значительные землетрясения и сейсмический потенциал района Кавказских минеральных вод (по макросейсмическим данным) // Физика Земли. 1994. № 2. С. 10–18.
7. *Никонов А.А., Рейснер Г.И.* Оценка сейсмического потенциала Кавказа с учетом палеосейсмологических и сейсмотектонических данных // Катастрофические процессы и их влияние на природную среду. Том 2. Сейсмичность. М.: Региональная общественная организация Ученых по проблемам прикладной геофизики, 2002. С. 381–400.
8. Общее сейсмическое районирование территории Российской Федерации. Пояснительная записка к комплекту карт ОСР-2016 и список населенных пунктов, расположенных в сейсмоактивных зонах. Инженерные изыскания. 2016. С. 49-121.
9. *Петрова Н.В., Дягилев Р.А., Габсатарова И.П.* Особенности затухания сейсмического эффекта землетрясений Русской платформы и Урала. Вопросы инженерной сейсмологии. 2020. № 47(4). С. 5–25.
10. *Рейснер Г.И., Иогансон Л.И., Рейснер М.Г., Баранов Ю.Е.* Типизация земной коры и современные геологические процессы. М.: ИФЗ, 1993. 207 с.
11. *Рогожин Е.А., Нечаев Ю.В., Солодилов Л.Н., Исмаил-заде Т.А.* Тенденция развития сейсмичности Кавказа и сейсмогенерирующие зоны Ставрополья // Разведка и охрана недр. 1998. № 2. С. 23–27.
12. Эндогенные опасности Большого Кавказа / *Рогожин Е.А., Овсюченко А.Н., Лутиков А.И., Собисевич А.Л., Собисевич Л.Е., Горбатиков А.В.* М.: ИФЗ РАН, 2014. 256 с.
13. Составление карты сейсмогенерирующих зон сейсмотектоническим внерегиональным методом / *Соболев Г.А., Рогожин Е.А., Богачкин Б.М., Иогансон Л.И., Нечаев Ю.В., Рейснер*

Г.И., Сидорин А.Я. // Отчет ОИФЗ РАН Составление карты детального сейсмического районирования территории Ставропольского края. Том 3. Москва. 1996. 87 с.

14. *Фролова Н.И., Габсатарова И.П.* Использование макросейсмических данных для повышения надежности оперативных оценок потерь на примере Курчалойского землетрясения // Анализ, прогноз и управление природными рисками в современном мире: матер. 9-й Междунар. научно-практ. конф. "Геориск-2015". М.: РУДН, 2015. Т. 2. С. 391–399.
15. *Фролова Н.И., Угаров А.Н.* База знаний о сильных землетрясениях как инструмент повышения надежности оперативных оценок потерь // Геоэкология. 2018. № 6. С. 1–18.
16. Влияние особенностей затухания сейсмической интенсивности на надежность оперативных оценок потерь от землетрясений / *Фролова Н.И., Габсатарова И.П., Н.В. Петрова, Угаров А.Н., Малаева Н.С.* // Геоэкология. 2019. № 5. С. 23–37.
17. *Шебалин Н.В.* Методы использования инженерно-сейсмологических данных при сейсмическом районировании // Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968. С. 95–121.
18. *Шебалин Н.В.* Опорные землетрясения и уравнения макросейсмического поля // Новый Каталог сильных землетрясений на территории СССР (с древнейших времен до 1975 г.) М.: Наука, 1977. С. 20–30.
19. Улучшенный вариант шкалы сейсмической интенсивности (MMSK-86) на базе шкал MSK-64 и МСССС-73 (заключительный отчет) / *Шебалин Н.В., Ершов И.А., Шестоперов Г.С., Гехман А.С.* М.: МСССС. ИФЗ, 1986. 61 с.

УДК: 550.8.053 DOI:10.34708/GSTOU.2021.15.74.043

ПЕРЕИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ГИС: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В МИРЕ И СОБСТВЕННЫЙ ОПЫТ

© Эзирбаев Т.Б.

КНИИ РАН, г. Грозный
ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный

Выполнен обзор наиболее известных отечественных и зарубежных технологий и методик оцифровки, детальной обработки и комплексной интерпретации каротажных данных, записанных с целью литологического расчленения разреза и выявления продуктивных пород – коллекторов по материалам имеющейся в открытом доступе зарубежной и отечественной научной литературы, а также на основе собственных исследований выполнен. Полученные конечные результаты и сопоставление их с данными лабораторного анализа кернов дает основание сделать вывод, что обработка и интерпретация данных ГИС с помощью современных цифровых технологий и методик дает возможность более детально и достоверно оценить геологические параметры и характер насыщенности вышеуказанных отложений. В основной части работы приводятся фактические результаты дообработки и переинтерпретации данных ГИС, полученные по разным месторождениям ряда стран, результаты собственных исследований (оцифровка, обработка и переинтерпретация данных ГИС), полученные на фактическом материале по карбонатным и терригенным отложениям верхне- и нижнемелового комплексов а также Караган-Чокракских отложений Терско-Сунженской нефтегазоносной области с использованием системы Gintel.

Ключевые слова: *каротаж, обработка, интерпретация, переинтерпретация, пористость, проницаемость, коллектор, нефть, газ, месторождение.*

Введение

Переинтерпретация на основе современных автоматизированных систем обработки и интерпретации данных ГИС, с применением более совершенных методик, алгоритмов и математических моделей позволит более детально расчленить разрезы, выявить продуктивные пропластки которые были упущены по ряду причин: неоптимальность комплекса ГИС и технологии исследований, недостатки метрологического обеспечения, методики индивидуальной и комплексной обработки и интерпретации данных ГИС. Обширный объем геолого-геофизической информации, получаемой при современной более детальной интерпретации данных ГИС позволяет обосновать наиболее подходящую технологию геологического моделирования, которая дает возможность увидеть максимально полную картину фактической геологической неоднородности пород, которые потенциально могут содержать запасы углеводородов.

Помимо всего сказанного масштабная оцифровка фондовых геофизических материалов, обработка и создание базы данных позволят привлечь полученные скважинные данные и результаты интерпретации для разработки геоинформационных технологий комплексного мониторинга природных ресурсов, т.е. полученные результаты могут быть использованы для создания конкретных цифровых карт и каталогов в среде геоинформационных систем, что в дальнейшем позволит вести систематический мониторинг разных природных и техногенных процессов, которые могут происходить из-за длительной разработки месторождений в нефтегазоносных районах [4].

Методы исследования

Среди программных комплексов обработки и интерпретации данных ГИС больше распространены и применяются на международном уровне пакеты: Petrel Schlumberger, Techlog Schlumberger, Interactive Petrophysics, Roxar, SONATA, Prime, Gintel, Geophysics

Office, Tigress, GeoPoisk, LogPWin Neftegaz-Geofizika LLC. Из этих программных продуктов как наиболее распространенные на территории РФ можно отметить следующие комплексы: «Gintel», «Прайм», «Камертон», «ГеоПоиск», Techlog, LogPWin, «СОНАТА». LogPWin имеет различные модули для обработки специализированных геофизических методов, но привязан только к оборудованию ООО «Нефтегазгеофизика». Платформа Techlog, состоит из множества различных модулей, что позволяет использовать ее для обработки практически любых данных ГИС, однако комплекс, содержащий так много модулей и способный решать задачи разного уровня сложности и специфики, не может не стоить дорого, в силу этого и применяется в РФ исключительно крупными нефтяными и сервисными компаниями, а также имеет ограничение на поддержку ряда отечественных аппаратурных комплексов.

Система Gintel обеспечивает высокоэффективную массовую обработку и интерпретацию данных ГИС в открытом стволе скважины при решении широкого спектра геологических задач поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа.

Библиотека обрабатывающих программ системы Gintel содержит компоненты, обеспечивающие настройку вычислительных процессов на геологические особенности изучаемого разреза, особенности решаемой геологической задачи, состояние скважины при проведении геофизических работ, а также информационно-измерительную систему каротажа (ИИСК).

Интерпретацияданных ГИС в системе Gintel выполняется в попластовом или поточечном вариантах как по традиционным для нефтегазовой отрасли методикам, так и по произвольным алгоритмам пользователя, включающим формулы, петрофизические связи и палетки, системы уравнений, а также эвристические схемы обобщения и принятия решений (экспертные системы).

Автоматизированная система обработки и интерпретации данных ГИС Gintel функционально предполагает возможность дополнения линейкой авторских методик интерпретации данных ГИС, позволяющих более обоснованно решать задачи разведки и разработки месторождений [2].

Результаты

Переинтерпретация данных каротажа в восточной части бассейна Галилеи Австралийского Квинсленда, была проведена по материалам из 585 разведочных скважин, 224 из которых пересекают отложения Галилейской котловины.

Необходимость переинтерпретации была вызвана несоответствием некоторых данных интерпретации, установленной и принятой стратиграфии изучаемого бассейна. Проблема этого несоответствия усугублялась тем, что на данном участке проведением каротажа занимались несколько разных подрядчиков.

Пересмотренные стратиграфия и контуры месторождения основаны на дополнительной обработке данных ГИС и корреляции их с данными наиболее представительных скважин Towerhill 1 и Koburra 1. Так, например, результаты интерпретации данных из скважины Solomon 1-1A коррелировали с данными скважин Koburra 1 и Towerhill 1, как было сказано выше.

Как итог, результаты переинтерпретации каротажного материала выявили несоответствия представления о стратиграфии изучаемого района и размерам месторождения, которые были приняты ранее и опубликованы по бассейну Галилеи. Эти несоответствия наиболее выражены в восточной части бассейна Галилеи. Это основной район предлагаемых разработок в области добычи угля и разведки CSG [12].

Совместная переинтерпретация проведенного ранее стандартного комплекса каротажа с результатами электрического каротажа высокого разрешения Weatherford Compact MicroImager (CMI) была проведена в газоразведочной скважине, расположенной на севере Молдавской платформы – Румыния.

Обработка и интерпретация были проведены с использованием программного обеспечения LR Senergy Interactive Petrophysics (IP).

Для количественной оценки пласта с точки зрения литологии и флюидонасыщения, традиционные каротажные данные были интерпретированы с использованием вероятностного метода Mineral Solver, модуль интегрирован в программное обеспечение IP.

В итогое исследования помимо прочего было выявлено несколько потенциальных газоносных пластов, где основной газоносный пласт расположен в интервале 456,5–464,0 м. (рис. 1.) [15].

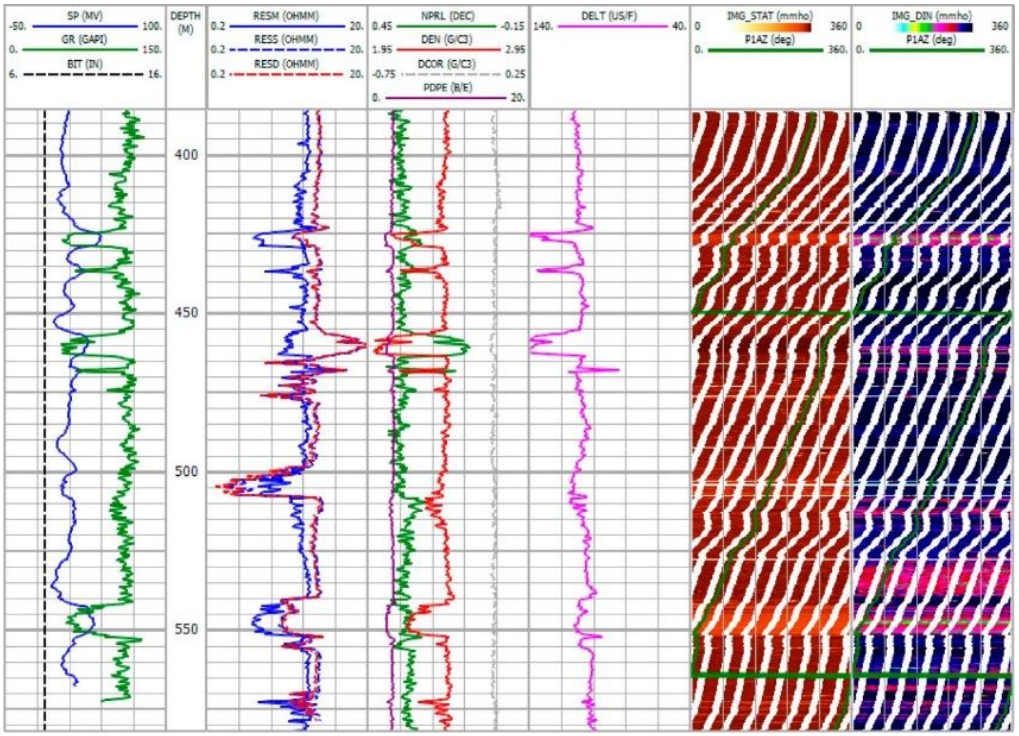


Рис. 1. Стандартный набор каротажных диаграмм, записанных напротив сарматских отложений и интерпретированный в комплексе с данными CMI (статическая и динамическая нормализация – последние два поля)

В Индии на месторождении Чандмари была проведена переинтерпретация данных ГИС из шести скважин с моделированием упругих свойств горных пород для более точного определения характера насыщения коллекторов.

После тщательного анализа всех предварительных данных было установлено, что большинство скважин имеют аномальные отклонения по показаниям, кавернометрии, что могло бы привести к искажению данных микрозондов.

Для того, чтобы минимизировать влияние скважины на показания микрозондов, данные кавернометрии и профилеметрии были продифференцированы уравнением и с помощью автоматических систем обработки были построены так называемые синтезированные кривые.

На рисунке 2 приведены конечные результаты интерпретации данных скважины Well-A [13].

В своей работе под названием «Application of conditioning, curvesyn the sizing and quality control of well logdata's» команда исследователей из Инженерно-технологического колледжа JCT по вышеописанной методике провела обработку и интерпретацию данных каротажа из пяти скважин месторождения National Petroleum Reserve Alaska (NPRA) США, Аляска.

Переинтерпретация позволила дать оценку типа жидкости и ее количества, определить глубину залегания и контуры месторождения [16].

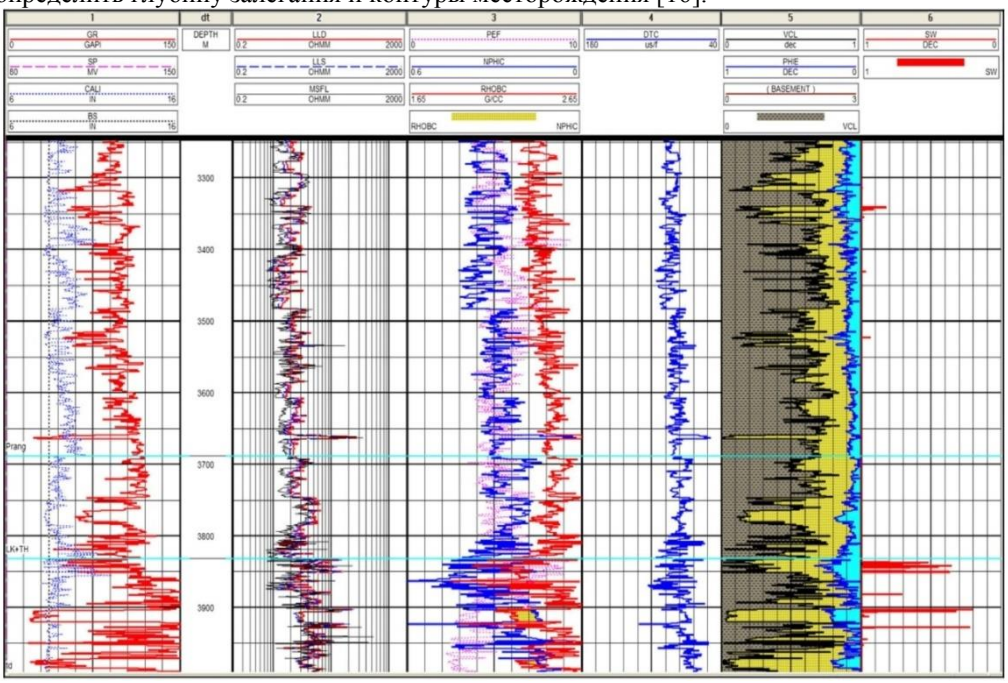


Рис. 2. Окончательные результаты интерпретации по данным скважины Well-A

При исследовании газоносных сланцев бассейна реки Сычуань Китайские ученые из университета China University of Petroleum провели обработку и интерпретацию результатов стандартного набора методов ГИС, который утвержден и является обязательным в данном районе в комплексе со специальными дополнительными методами ГИС: элементная спектроскопия ECS – позволяет изучать минералогию, литологию, содержание глины, плотность материнской породы, количество поглощенного и свободного газа; ядерно-магнитно-резонансный каротаж (NMR), кросс-дипольный акустический каротаж, телеметрия LWD/MWD – решают задачи расчета и помогают изучать естественные трещины и трещины, вызванные бурением, которые позволили дать качественную характеристику сланцевым коллекторам (рис. 3) [18, 17, 19].

В своей магистерской диссертации Aziz Mennan, (университета науки и техники Миссури), приводит результаты исследования на тему «Интерпретация каротажа скважин и 3D сейсморазведки для изучения свойств пласта с целью моделирования месторождения Maui-B, месторождения Таранаки, Новая Зеландия.

В этом исследовании обобщение результатов интерпретации данных сейсморазведки и каротажа скважин позволило определить глубину залегания и толщину углеводородных коллекторов месторождения.

Для оценки пористости, которая показала величины 15–25%, использовался метод матричного отождествления (MID). Кроме того, была оценена проницаемость. Достоверность всех полученных результатов была подтверждена путем калибровки с использованием имеющихся данных керна. Также, по результатам данных удельного сопротивления и данных керна была оценена водонасыщенность – от 9% до 40%.

Наконец, были оценены запасы нефти и газа на исследуемом месторождении [14].

Особенно важен и целесообразен процесс оцифровки и переинтерпретации геофизических данных в скважинах месторождений Терско-Сунженской нефтегазоносной области, каротаж и интерпретация данных ГИС в которых были

проведены еще в конце 80- годов XX века когда техника и технология каротажа а также методы интерпретации были только на заре цифровой записи и обработки. [1, 2, 5, 8].

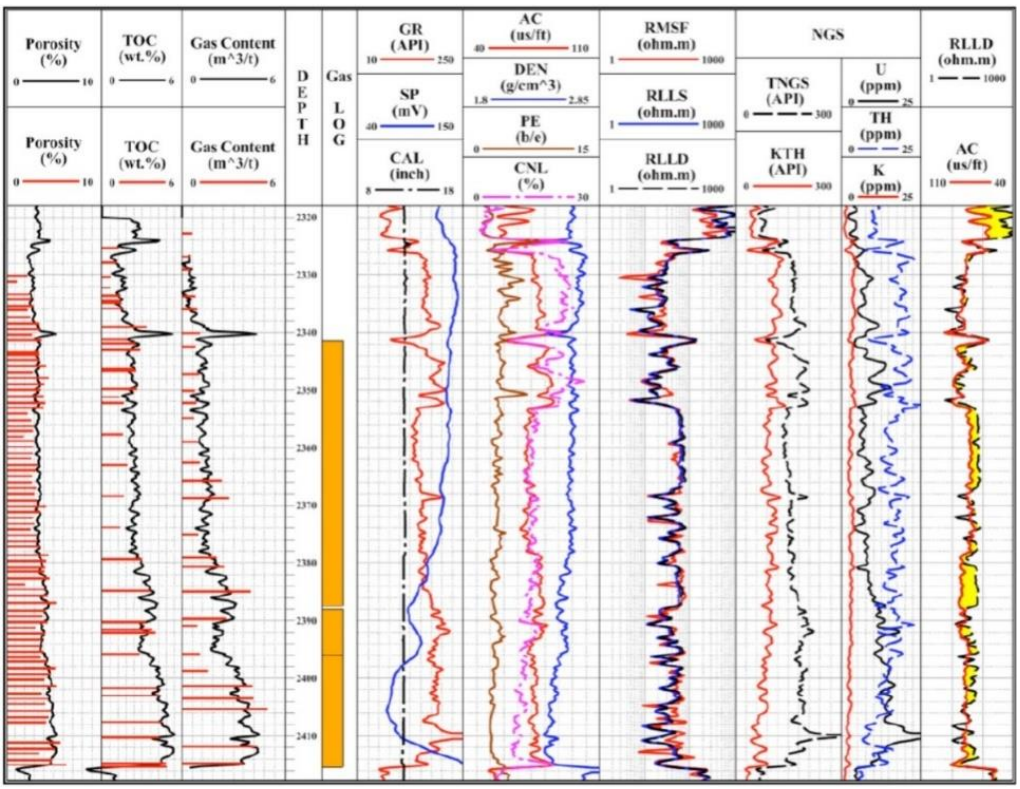


Рис. 3. Результат предварительной обработки данных ГИС
в разрезе с содержанием сланцевого газа, Сычуань

По вышеуказанной территории с использованием технологии ESKS, методик TABC, CARB и TERRA были обработаны материалы ГИС порядка 15 скважин ряда месторождений Терско-Сунженской нефтегазоносной области, пробуренных на верхний, нижний меловые и караган-чокракские отложения, выполнена отборка и автоматизированная обработка данных лабораторного анализа керна, полученного из более 60 скважин исследуемого района. Оцифровка аналоговых каротажных диаграмм, их автоматизированная обработка и переинтерпретация на начальном этапе выполнялись на базе ООО “Геоинформационные технологии и системы” (г. Москва). На основе оцифрованных данных результатов ГИС, лабораторного анализа керна и имеющихся результатов испытаний скважин была сформирована определенная база геофизических данных по изучаемому району в системе Gintel. Обоснованы системы петрофизических связей по данным керна на основе обработки данных керна и ГИС в системе Gintel [6, 10].

При переинтерпретации материалов каротажа по скважинам были получены объективные данные, свидетельствующие о высокой достоверности разработанного алгоритма обработки данных ГИС, в составе методик TABC и CARB.

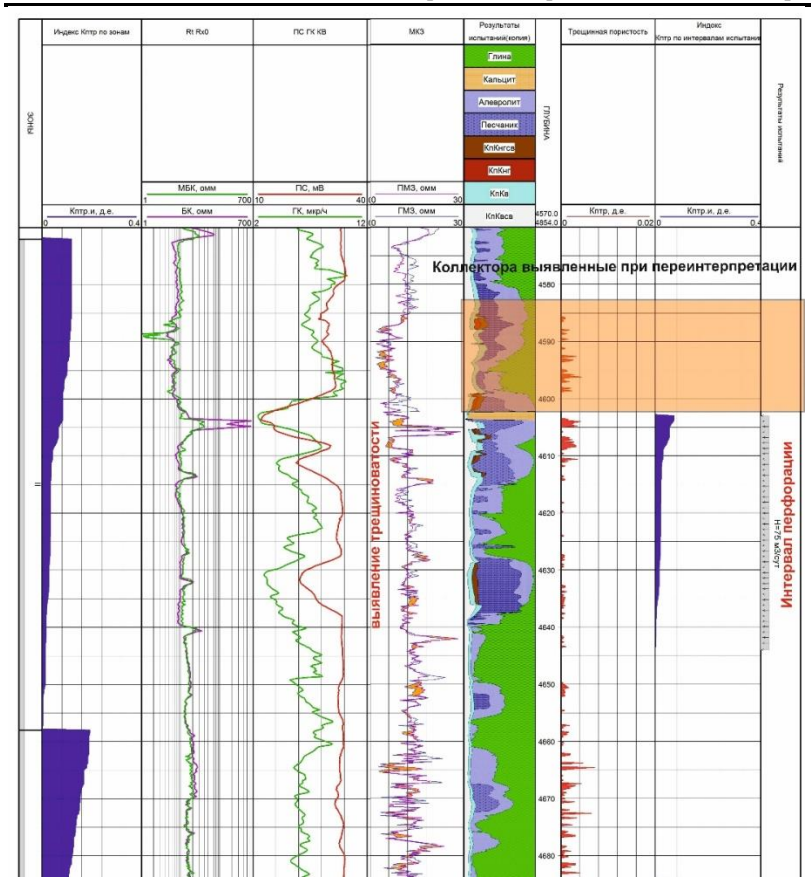


Рис. 5. Планшет с результатами интерпретации данных ГИС, (нижний мел) Старогрозненское месторождение

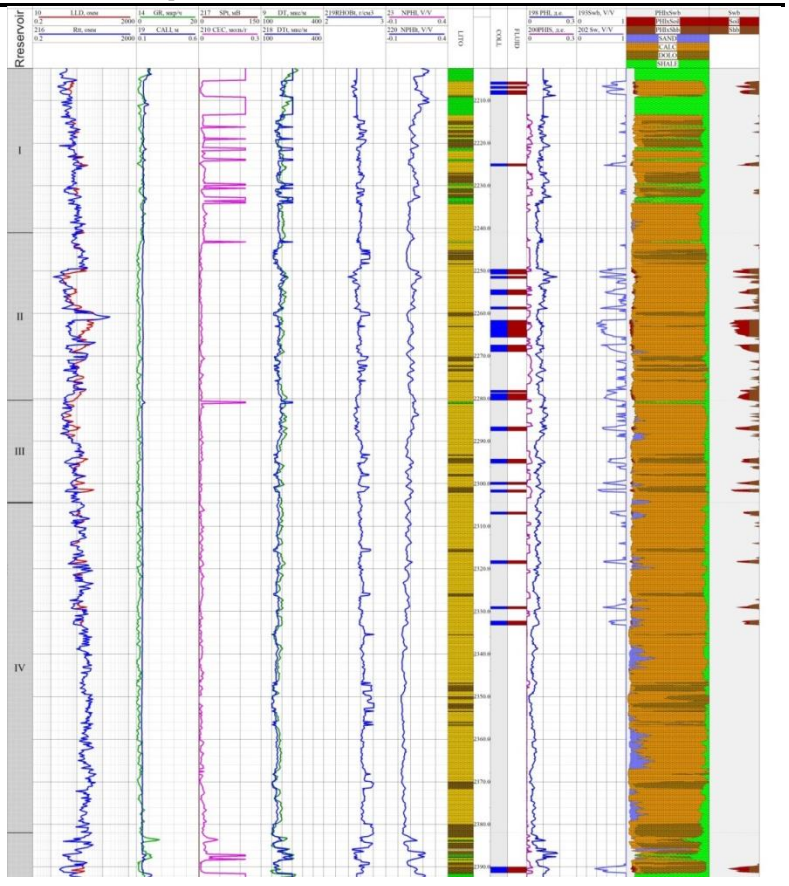


Рис. 6. Планшет с результатами интерпретации данных ГИС, (верхний мел) Карабулак-Ачалукское месторождение

Наглядно эффективность и целесообразность переинтерпретации фондовых материалов и повторного каротажа (при возможности) отображают результаты, представленные на рисунках 4 и 5. На планшете результатов интерпретации данных ГИС по нижнему мелу (рис. 4.) можно наблюдать интервал перфорации скважины, где соответственно напротив отображаются пласты-коллекторы и видно, что выше вышеуказанного участка отобразились пласты, в которых по данным переинтерпретации по вышеописанной методике сосредоточены углеводороды. Также можно наблюдать, что основной нефтегазоносный интервал представлен глинистыми алевролитами. Коллектора имеют повышенную пористость, изменяющуюся в диапазоне 8–15%. При этом толща неколлекторов имеет низкую пористость. На рисунке 5 приведен результат переинтерпретации данных ГИС, полученных напротив карбонатных отложений верхнего мела изучаемого района, на котором также были выявлены продуктивные пропластки, которые ранее были пропущены по тем или иным причинам [3, 11].

Данные, представленные на планшетах, показывают, что знание структурно-минералогического строения карбонатных и терригенных отложений является определяющим фактором выделения в разрезе мелового комплекса интервалов-коллекторов.

Выводы

Анализ, проведенный в ходе данного обзора, показал эффективность и актуальность приемов доинтерпретации и переинтерпретации каротажных материалов как фондовых, так и текущих исследований независимо от географии и страны проведения исследований. Из представленных результатов выполненных автором исследований видно, что данные о структурно-минералогическом строении пород, которые были получены при интерпретации данных ГИС с помощью алгоритма в составе методики ТАВС, разработанного автором, в полной мере отражают геологическую неоднородность толщи пород, из этого следует что они могут быть использованы для создания методики выделения в разрезе алевролитов и алевритовых песчаников, которые могут содержать остаточные запасы нефти. Такими телами могут быть участки разреза, характеризующиеся повышенным содержанием алевритового компонента, в которых при сохранении пористости происходит ухудшение структуры порового пространства, приводящее к увеличению доли связанной воды в коллекторе и к уменьшению его абсолютной проницаемости. В этих условиях для извлечения нефти из локальных залежей в таких геологических телах требуется дополнительная энергия воздействия на них [7, 9].

Литература

1. Этапы изучения карбонатных коллекторов сложного порового строения верхнемеловых отложений Восточного Предкавказья / *Александров Б.Л., Хасанов М.А., Эльжаев А.С., Алексеев А.А.* // Межрегиональный Пагуошский симпозиум. Тезисы докладов. Грозный. 2010. С. 261–263.
2. *Афанасьев В.С.* Система автоматизированной визуальной интерпретации результатов геофизических исследований скважин Gintel // Руководство пользователя. М.: ООО ГИФТС, 2009. 1074 с.
3. *Афанасьев С.В., Хасанов М.А., Эзирбаев Т.Б.* Обоснование модели электропроводности для аптских отложений Терско-Сунженской нефтегазоносной области // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2011. № 8. С. 41–43.
4. Разработка геоинформационных технологий комплексного мониторинга природных ресурсов Чеченской Республики / *Булаева Н.М., Гайрабеков И.Г., Керимов И.А., Минцаев М.Ш., Эзирбаев Т.Б.* // Мониторинг. Наука и технологии. 2020. №4(46). С. 48–55.
5. *Гацаева С.С.А., Хасанов М.А., Чимаева Х.Р.* История геолого-геофизической изученности палеозойских отложений Восточного Предкавказья // История науки и техники. 2012. № 7. С. 45-48.
6. *Керимов И.А., Петров А.В., Абубакарова Э.А.* Применение программного комплекса "Коскад 3D" для анализа потенциальных полей Терско-Каспийского прогиба // Известия Дагестанского

государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2018. № 3. Т. 12. С. 88-96.
7. *Керимов И.А., Эзирбаев Т.Б., Эльжаев А.С.* Анализ методик выделения коллекторов в альб-аптских отложениях Терско-Сунженской нефтегазоносной области // Геология и геофизика Юга России. 2019. Т. 9. №4. С. 28–37.
8. *Рыбников А.В., Волк Е.* ПК Гинтел-интерпретация данных ГИС для решения задач детального геологического и геомеханического моделирования. // Комплексное моделирование и оценка нефтегазовых активов в условиях неопределённости. XVII Конференция пользователей программного обеспечения и технологических решений компании Roxar, Россия и страны СНГ. Сочи. 2017. 35 с.
9. *Эзирбаев Т.Б.* Обзор технологий комплексной обработки переинтерпретации данных геофизических исследований скважин для детального расчленения разреза и переоценки запасов углеводородов // Геология и геофизика Юга России. 2021. Т.11. №2. С. 118– 136.
10. *Эзирбаев Т.Б., Коньков А.И., Абубакарова Э.А.* Исследование типа коллектора в альб-аптских отложениях Терско-Сунженской нефтегазоносной области // Инженерный вестник Дона. 2017. № 2. С. 65.
11. *Эльжаев А.С.* История изучения трещинных коллекторов верхнемеловых отложений западной части Терско-Каспийского прогиба // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная научная конференция. 2019. С. 471–473.
12. Hansen J., Uroda A. Reinterpretation of Wire-line Log Data in the Eastern Galilee Basin, Queensland: Stratigraphical and Hydrogeological Implications. // 1st Australasian Exploration Geoscience Conference – Exploration Innovation Integration. ASEG Extended Abstract. 2018. Т. 1. Pp. 1–8. doi.org/10.1071/ASEG2018abT4_2H.
13. Kumar M., Dasgupta R., Singha D.K., Singh N.P. Petrophysical evaluation of well log data and rock physics modeling for characterization of Eocene reservoir in Chandmari oil field of Assam-Arakan basin, India. // Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2018. Vol. 8. Pp. 323–340.
14. Mennan A. Well log interpretation and 3D reservoir property modeling of Maui-B field, Taranaki Basin, New Zealand. // Masters Theses. Missouri University of science and technology. 2017. 69 p.
15. Niculescu B.M., Ruse C.M., Gina A. Petrophysical, depositional environment and tectonic information obtained by integration of conventional and imaging borehole geophysical data. // National Symposium of Geology and Geophysics "GEO 2015". Bucharest. 2015. Pp. 1–6.
16. Nishanth G., Aravindh N., Mahendran G., Venkatesh S. Application of conditioning, curve synthesizing and quality control of well log data's. // International Journal of Advanced Research (IJAR). 2019. Vol. 7(5). Pp. 4–11.
17. Wei Y., Jinbo W., Shuai L., Kun W., Yinan Z. Logging identification for the Longmaxi mud shale reservoir on the Jiaoshiba area, Sichuan Basin. // Natural Gas Industry. Sichuan. 2014. Vol. 34(6). Pp. 230–236.
18. Xiaoling Z., Xiaolizhi, X. Ranhong, Heng W., Yang G. Petrophysical workflow for shale gas evaluation. // Progress in Geophysics. 2013. Vol. 28. Pp. 1962–1974.
19. Yuanzhong Zhang, Sicheng Jin, Hao Jiang, Yuwei Wang and Pengyu Jia Review of Well Logs and Petrophysical Approaches for Shale Gas in Sichuan Basin, China. The Open Petroleum Engineering Journal, 2015. № 8 (Suppl 1: M9). Pp. 316-324.

III. ГЕОЭКОЛОГИЯ. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

УДК 504.4.054 DOI:10.34708/GSTOU.2021.26.38.044

УРОВНИ СОДЕРЖАНИЯ И СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЕКАХ ТЕРЕК, МАЛКА И БАКСАН

© Атабиева Ф.А., Геккиева С.О.

Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик

В рамках экологического мониторинга проведен ситуационный анализ водных ресурсов КБР на основании многолетних данных (2005-2018 гг.). Дана оценка содержания и сезонная изменчивость соединений тяжелых металлов в воде рек предгорной зоны Центрального Кавказа - Терек, Малка и Баксан. Целью исследования была оценка уровня содержания соединений тяжелых металлов (Cr, Ni, Mo, Mn, Zn, Pb) в воде рек. При анализе использовали атомно-абсорбционный метод с применением электротермического атомизатора «МГА-915М». Уровень содержания соединений тяжелых металлов в воде рек оценивали по таким характеристикам, как среднемноголетнее и медианное значения концентраций, диапазон колебаний концентраций, частота случаев превышения $ПДК_{рыб}$. Анализ многолетних данных показывает, что в большей степени загрязнение воды рек соединениями тяжелых металлов происходит в летний дождевой паводок и имеет природный характер, за исключением реки Баксан. Выявленные уровни содержания соединений тяжелых металлов в воде рек за исследуемый период, а также частота случаев превышения $ПДК_{рыб}$ иллюстрированы таблицей и графиками.

Ключевые слова: *Водные ресурсы КБР, Центральный Кавказ, мониторинг, предгорная зона, речные воды, концентрация, тяжелые металлы, изменчивость, загрязнение, качество воды.*

Введение

При оценке качества воды в речных системах выделяют так называемые приоритетные загрязняющие вещества, которые обладают высоким токсичным воздействием и представляют особую опасность для различных экосистем. Наряду с установлением концентраций загрязняющих веществ в водных объектах особое значение приобретает изучение общих закономерностей их распределения по отдельным участкам водных объектов в различные фазы водного режима. Кабардино-Балкария (КБР) является одним из водообеспеченных регионов Российской Федерации. Структуру водных ресурсов республики составляют реки, озера, каналы и ледники.

Несмотря на экологические резервы и девственную природу республики, хозяйственная деятельность человека постепенно приводит ее к загрязнению. Недостаточно развитая канализационная сеть (в сельских населенных пунктах ее практически нет) значительная часть стоков сбрасывается в выгребные ямы и на рельеф местности. При очистке стоков в естественных условиях используются так называемые поля орошения, но при этом загрязняются почвы, грунтовые воды и атмосферный воздух. Кроме того, сточные воды, прошедшие очистку через очистные сооружения не всегда соответствуют нормативам качества (ПДС, ПДК) и в таком недостаточно очищенном виде сбрасываются в реки.

Сельское хозяйство и содержание домашнего скота тоже вносит свою лепту в загрязнение рек. Здесь большая доля воды идет на поливку и содержание животных. Стоки сельского хозяйства являются опасными для человека. Они содержат химические вещества, которые считаются губительными для живого. Также очень опасны сбросы животноводческих и птицеводческих предприятий. Очень часто отходы сливают недоочищенными, либо разбрасывают на полях. Грунт загрязняется, фекалии впитываются в грунтовые воды и дальше уходят в реки и водоемы.

Прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод составляют 5142,6 тыс.м^3/сут (на 01.01.2004г.), что в 18 раз превышает перспективные потребности КБР, а утвержденные запасы по 27 месторождениям достигают более 946 тыс.м^3/сут с

высокими показателями качества питьевой воды. Однако из указанного количества месторождений пресной воды только 7 надежно защищены с поверхности земли от загрязнения, остальные находятся под угрозой вредного воздействия загрязняющих веществ из-за слабой структуры естественной защитной кровли над водоносными пластами [1, 2].

На фоне целого ряда перегруженных водных объектов страны водные ресурсы КБР находятся в относительно лучшем экологическом состоянии, хотя и не без проблем и недостатков. Целью данной статьи является представление обобщающих исследований, затрагивающих бассейновые особенности распределения соединений тяжелых металлов в речных водах предгорной зоны Центрального Кавказа за период 2005-2018 гг.

Методы и принципы исследования

Объектом исследования являлись реки КБР: Терек, Малка и Баксан.

Река Терек. Берёт начало на склоне Главного Кавказского хребта в Трусовском ущелье, из ледника горы Зилга-Хох на высоте 2713 м над уровнем моря. Бассейн Терека относится к Каспийскому водосборному пространству. Длина реки Терек составляет 623 км, площадь водосборного бассейна – 43200 км^2. Средний уклон реки Терек 4,4 м/км. В низовьях, распадаясь на ряд протоков, река Терек впадает в Каспийское море и Аграханский залив.

Река Малка - самый большой левобережный приток Терека; длина 200 км, площадь водосбора 10500 км^2. Река берет начало из ледников северного склона Эльбруса и имеет горный характер течения. Площадь оледенения в бассейне реки достигает 593 км^2, что составляет около 6% от общей площади водосбора.

Река Баксан. Длина реки – 169 км, площадь её водосборного бассейна - 6800 км². Баксан берёт своё начало из ледников в районе Эльбруса. Имеет множество притоков, наиболее крупными из которых являются реки Черек и Чегем, которые впадают в неё чуть выше слияния с Малкой.

Отбор проб воды проводился в постоянных пунктах. При отборе проб воды фиксировались температура воздуха, воды и прозрачность. Для определения уровня содержания растворенных форм тяжелых металлов, пробы воды фильтровали через фильтры с диаметром пор 0,45 мкм. Полученный фильтрат консервировался азотной кислотой HNO_3 из расчета 0,1 мл на 100 мл пробы. Определение растворенных форм металлов проводили методом атомно-абсорбционным спектроскопии с применением атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией «МГА-915М» [4].

В работе использованы многолетние данные об уровне содержания тяжелых металлов в воде 3 рек, в 3 пунктах наблюдений, расположенных в предгорной зоне Центрального Кавказа, за период с 2005 по 2018 годы. Уровень загрязнения речных вод опасными тяжелыми металлами оценивали по повторяемости превышения ПДК.

При оценке загрязненности поверхностных вод использованы «Нормативы качества водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [5]. Для математико-статистической обработки данных применялась программа Excel. «Общая теория статистики» [6].

Результаты и их обсуждение

Многолетняя (2005-2018 гг.) изменчивость уровня содержания в воде рек соединений тяжелых металлов показана по таким характеристикам, как среднемноголетнее и медианное значения концентраций, а также по диапазону колебаний концентраций (табл.1).

Как видно (табл. 1), диапазон колебаний концентраций соединений металлов в летний дождевой паводок выше, чем в зимнюю межень, исключение составляет диапазон колебаний Mo**.** В воде реки Малка диапазон колебаний концентраций Mo в

летний дождевой паводок ниже, чем диапазон колебаний в зимнюю межень. Содержания остальных анализируемых соединений металлов, таких как Cr, Ni и Cd были существенно ниже $ПДК_{рыб.}$, поэтому они в табл.1 не представлены. В стационарных условиях во всех отобранных пробах измерялись величина pH, концентрации тяжелых металлов (Cr, Ni, Mo, Pb, Zn, Mn, Cd). В реках в период зимней межени величина pH изменялась от 7,92 до 8,54 ед., в летний дождевой паводок от 8,41 до 8,68 ед.

Таблица 1

Среднемноголетние данные об уровнях содержания соединений металлов (мкг/л) в воде исследуемых рек за 2005-2018 годы в основные фазы водного режима

Элемент	Зимняя межень			Дождевой паводок		
	$X_{ср}$	X_{50}	$X_{мин}$-$X_{макс}$	$X_{ср}$	X_{50}	$X_{мин}$-$X_{макс}$
р. Терек						
Mo	0,17	0,10	0,10-0,91	0,32	0,19	0,10-1,10
Mn	5,21	3,30	0,10-19,09	12,42	11,83	0,87-30,66
Zn	10,59	3,96	1,5-70,0	19,8	13,85	1,50-43,48
Pb	1,84	1,06	0,10-6,66	9,46	3,36	0,10-57,01
р. Малка						
Mo	0,21	0,10	0,10-1,10	0,30	0,27	0,10-0,64
Mn	1,28	0,21	0,10-12,01	7,61	3,69	0,10-47,83
Zn	3,17	1,50	1,16-14,16	4,35	2,93	1,50-11,21
Pb	0,63	0,10	0,10-3,32	1,19	0,33	0,10-4,72
р. Баксан						
Mo	1,27	0,85	0,17-5,06	2,59	2,14	0,32-8,30
Mn	1,72	0,31	0,10-14,65	9,15	3,47	0,10-55,90
Zn	2,29	1,50	0,88-7,49	6,47	4,43	1,50-22,54
Pb	1,01	0,18	0,10-8,57	3,31	0,47	0,10-12,66

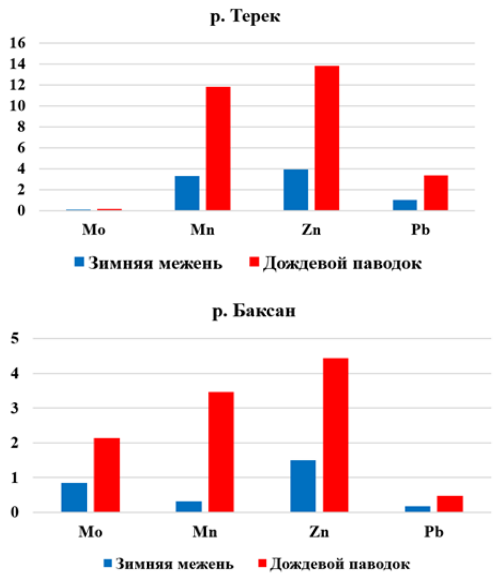


Рис. 1. Уровень соединений металлов в воде рек Терек, Малка и Баксан в зимнюю межень и в дождевой паводок

По соединениям Mn наибольшая повторяемость превышения $ПДК_{рыб}$ наблюдается в воде реки Терек. В зимнюю межень она составляет 20%, в летний дождевой паводок около 60%. Наибольшая повторяемость случаев превышения $ПДК_{рыб}$ по соединениям Zn наблюдается в летний дождевой паводок в воде реки Терек (52%); в зимнюю межень повторяемость случаев превышения $ПДК_{рыб}$ значительно меньше. Для соединений Pb максимальная повторяемость случаев превышения $ПДК_{рыб}$ (50%) наблюдается в воде реки Терек в летний дождевой паводок. Доля проб, в которых за период исследования наблюдалось превышение $ПДК_{рыб}$ по соединениям тяжелых металлов, в речных водах предгорной зоны Центрального Кавказа не превышала 34,5%.

Таким образом, наибольшее загрязнение воды рек Терек, Малка и Баксан наблюдается в период летних дождевых паводков, когда происходит таяние снежного покрова и смыв обломочного материала с прилегающих территорий. Доля повторяемости превышения $ПДК_{рыб}$ за исследуемый период в зимнюю межень составляет 10,1%, в летний дождевой паводок – 24,4%.

В естественных условиях ионы металлов поступают в поверхностные воды в основном за счет выветривания, выщелачивания, растворения минералов и пород, слагающих водосборный бассейн, в связи, с чем микроэлементный состав воды исследуемых рек в значительной мере определяется степенью взаимодействия воды с горной породой [7].

Вертикальная зональность территории, многообразие подстилающих горных пород и почв водосборных площадей предопределяют повышенное содержание тяжелых металлов в воде рек Центрального Кавказа ледникового происхождения, т.е. загрязнение воды рек соединениями тяжелых металлов имеет в основном природный характер. В результате проведения мониторинга и анализа полученных данных предполагается в основном природный фактор загрязнения воды исследуемых рек соединениями тяжелых металлов за исключением р. Баксан.

В загрязнении реки Баксан тяжелыми металлами немалую роль играет хвостохранилище ликвидированного ОАО «Тырныаузский горно-обогатительный комбинат». Хвостохранилище расположено на берегах рек Гижгит и Баксан (притоком Малки, впадающей в р. Терек) в Эльбрусском районе КБР на высоте 1210-1234 м над уровнем моря. Этот район считается сейсмоопасным, а объекты находятся в аварийном состоянии. Огромное количество отходов, содержащие не только полезные (недоизвлеченные) компоненты, но и немало токсичных веществ, которые в случае прорыва дамбы хвостохранилища, могут нанести как экологический, так и материальный ущерб в значительных масштабах [8].

Заключение

В работе представлены результаты исследования изменчивости уровня содержания и сезонной изменчивости наиболее приоритетных для данной водосборной территории соединений тяжелых металлов в воде рек предгорной зоны Центрального Кавказа в основные фазы водного режима за многолетний период (2005-2018 гг). Результаты исследования показали, что наибольшее загрязнение воды рек предгорной зоны Центрального Кавказа наблюдается в период летних дождевых паводков. Это объясняется тем, что происходит таяние снежного покрова и смыв обломочного материала с прилегающих территорий. Доля повторяемости превышения $ПДК_{рыб}$ за исследуемый период (2005-2018 гг) в зимнюю межень составляет 10,1%, в летний дождевой паводок – 24,4%.

Загрязнение реки Баксан тяжелыми металлами в дождевой паводок составляет Mo – 8,30 мкг/л, Mn – 55,90 мкг/л, Zn – 22,54 мкг/л, Pb – 12,66 мкг/л. Основным загрязнителем является хвостохранилище ликвидированного ОАО «Тырныаузский горно-обогатительный комбинат».

Принятие бассейновых допустимых концентраций (БДК) по некоторым соединениям тяжелых металлов будет способствовать качественно улучшить решение водохозяйственных проблем с учетом бассейновых особенностей.

Литература

1. Кабардино-Балкарская Республика // https://water-rf.ru/ Регионы России/2544/ (дата обращения 25.08.2020).
2. Ресурсы поверхностных вод суши. Том 8. Северный Кавказ / Под ред. канд. геогр. наук *В.В. Куприянова*. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 448 с.
3. ПНД Ф 14.1:2.253-09. Методика выполнения измерений массовых концентраций Al, Ba, Be, V, Fe, Cd, Co, Li, Mn, Cu, Mo, As, Ni, Sn, Pb, Se, Sr, Ti, Cr, Zn в природных и сточных водах методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией «МГА-915». М., 2009.
4. Перечень нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [Текст] // Приказ Росрыболовства от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (с изменениями на 12 октября 2018 года).
5. *Елисеева И.И., Юзбашев М.М.* Общая теория статистики. М.: Финансы и статистика. 2001. 480 с.
6. *Атабиева Ф.А., Геккиева С.О.* IOP // IOP Science.iop.org/artile/10.1088/1757-899x/913/5/052055: Seasonal variability of the content of heavy metal compounds in the water of rivers in the foothills of the Central Caucasus. 2020.
7. *Реутова Т.В., Дреева Ф.Р., Реутова Н.В.* Природное и антропогенное загрязнение молибденом водных объектов Центрального Кавказа и его биоиндикация // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2018. № 2. С. 51-60.

УДК 911.3:711.4 DOI:10.34708/GSTOU.2021.24.71.045

ЭКОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ДАГЕСТАНА И СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ: ОБЩЕЕ И ОСОБЕННОЕ

© Бадов А.Д., Бадов О.А.

СКФУ, г. Ставрополь

Северный Кавказ занимает площадь 290 тыс. кв. км. Это всего лишь 1,9% от территории всей страны. Однако в пределах Северного Кавказа наблюдаются весьма разнообразные природные и социально-экономические условия. Вся «палитра» заболеваний населения подтверждает факт разнообразия природных и социально-экономических условий, географических факторов заболеваемости, генетики, развития системы здравоохранения, уровня загрязнения окружающей среды и т.д.

Ключевые слова: *Северный Кавказ, Северная Осетия, Дагестан, здоровье, население, заболеваемость, регионы.*

Республики Дагестан и Северная Осетия-Алания расположены на Северном Кавказе. Это во многом придает обоим регионам сходные черты как в образе жизни, так и по многим другим показателям. Есть и некоторые существенные различия. Так, Северная Осетия расположена в центре Кавказа, Дагестан – в его восточной части. На востоке Дагестан омывает Каспийское море, у Осетии моря нет. Обе республики состоят из горной и равнинной частей (доля гор в Осетии 48%, в Дагестане – 56%). Площадь Дагестана (50,2 тыс. кв. км) в 6,3 раза больше площади Северной Осетии (8,0 тыс. кв. км), численность населения – в 4,4 раза больше. Большая часть населения Северной Осетии проживает в городских поселениях, Дагестана – в сельской местности. Несмотря на близость Каспийского моря климат в Дагестане более сухой, чем в Северной Осетии. Это обусловливает повышенную заболеваемость легочными заболеваниями населения Северной Осетии. Кроме того, последняя расположена (большей частью) в котловине, окаймлённой горами. Вследствие этого продуваемость территории республики крайне низкая, штили и ветры менее 5 м/с повторяются более 70% в год. Естественно, практически все выбросы остаются в республике и экологическая обстановка на территории весьма напряженная.

Среди множества публикаций о состоянии здоровья населения двух республик, мы выбрали лишь несколько десятков, имеющих особый интерес для наших собственных исследований.

Весьма интересные исследования были представлены в Государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году» (далее ГД) [12].

Таким образом, главный метод, который применялся в данной работе – литературный обзор ГД, публикаций северокавказских ученых в области заболеваемости населения. В ряде работ исследователей Дагестана и Северной Осетии рассматривались общие вопросы заболеваемости населения в отдельных регионах.

Состояние атмосферного воздуха – важнейший фактор, влияющий на состояние здоровье населения. География распределения субъектов РФ, входящих в северокавказский регион по доле проб (%) атмосферного воздуха с содержанием загрязняющих веществ, превышающих ПДК в общем довольно однообразна: лишь в двух регионах наблюдается превышение среднероссийского показателя – в Северной Осетии в 1,5 раза, в Дагестане – от 1,1 до 1,4 раза [12, С. 11].

Тем не менее, в 2018 г. (ноябрь) именно в Северной Осетии пошли на радикальный шаг по оздоровлению экологической ситуации – закрыли главное предприятие-загрязнитель – «Электроцинк», хотя проблемы с загрязнением атмосферного воздуха остаются открытыми.

В республике Дагестан на протяжении долгого времени наблюдается весьма сложная ситуация с санитарным состоянием источников централизованного питьевого водоснабжения. Так, в 2018 г. в республике 96,7% источников не соответствовали санитарно-эпидемиологическим требованиям. В Дагестане 65,6% эксплуатируемых водопроводов не соответствовали требованиям санитарного законодательства. В Северной Осетии только 0,17% проб воды из распределительной централизованного водоснабжения не соответствовали гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям. В тоже время в Дагестане этот показатель составлял 32,69% [12, С. 28]. Гигиенические нормативы по санитарно-химическим показателям в 1,5 раза и более превышали среднероссийский показатель [12, С. 29]. Основное превышение в Дагестане наблюдалось по хлору [12, С. 30]. В Дагестане гигиенические нормативы по микробиологическим показателям превышали среднероссийский уровень в 1,5 раза и более [12, С. 31].

Превышений гигиенических нормативов по санитарно-химическим показателям загрязнения почвы не было отмечено в РД, ЧР и РА. В тоже время в РСО-Алания 19,8% проб почв были с превышениями нормативов [12, С. 36-37]. Паразитарного загрязнения почв не было выявлено в Дагестане и Чечне. В Северного Осетии 6,7% проб почв не соответствовали гигиеническим нормативам по паразитологическим показателям [12, С. 37]. В Северной Осетии 17,8% проб почв не соответствовали гигиеническим нормативам в селитебной зоне по санитарно-химическим показателям [12, С.38]. В этой же республике 24,3% проб почв в селитебной зоне превышали гигиенические нормативы по содержанию тяжелых металлов, 24,3% - по свинцу и 21,5% - по кадмию [12, С.39]. Северная Осетия выделялась и по паразитологическим показателям (3,45% проб почв) [12, С.40].

Больше всего рискуют заболеть паразитарными (аскаридоз, трихиуриаз, анкилостомоз, некатороз, стронгилоидоз, токсокариаз и пр.) и инфекционными (брюшной тиф, бактериальная и амебная дизентерия, холера, сальмонеллез, гепатит А, энтеровирусные инфекции, полиомиелит, Коксаки, ECHO и пр.) заболеваниями дети дошкольного и школьного возрастов [12, С.40]. В 2018 г. в Северной Осетии 16,8% проб почв на территории детских учреждений не соответствовали гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям [12, С. 41].

На здоровье детского населения значительное влияние оказывает охват детей горячим питанием. Однако, в ряде республик Северного Кавказа этот показатель на весьма низком уровне: Ингушетия (23,5%) и Дагестан (47,8%) [С.54]. Еще ниже был охват детей двухразовым горячим питанием (Адыгея – 14,4%, Дагестан – 2,3%, Ингушетия 1,8%) [12, С.55].

Таким образом, есть некоторые сходные черты и существенные различия между республиками Дагестан и Северная Осетия-Алания. Главная «ахиллесова пята» Дагестана крайне некачественная питьевая вода, поставляемая населению. Основная проблема Северной Осетии – загрязнение тяжелыми металлами и гельминтозами почв селитебных территорий.

В 2018 г. уровень общей заболеваемости населения Республики Дагестан был в 1,1 раза выше, чем в Северной Осетии, несколько выше среднероссийского показателя и в 1,2 раза выше, чем в среднем по СКФО. Так, Дагестан является лидером в СКФО (или одним из лидеров) по таким заболеваниям, как некоторые инфекционные и паразитарные болезни, болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекающие иммунный механизм; болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ, болезни нервной системы; болезни глаза и его придаточного аппарата; болезни органов пищеварения; болезни кожи и подкожной клетчатки; болезни мочеполовой системы. Северная Осетия опережает Дагестан по таким заболеваниям, как новообразования (население Северной Осетии значительно «старше» населения Дагестана); болезни глаза и его придаточного аппарата; болезни уха и сосцевидного отростка; болезни системы кровообращения; болезни органов дыхания; болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани; врожденные аномалии

(пороки развития), деформации и хромосомные нарушения; травмы, отравления и некоторые другие последствия внешних причин.

В.Б. Брин, А.Н. Довголис и О.Г. Бериев выявляли медико-демографические проблемы устойчивого развития города Владикавказа [4]. Тенденции в структуре смертности населения Северной Осетии исследовали Ж.А. Шавлохова, З.А. Бадоева и Т.Т. Аликова [22]. Ими было определено, что среди всех причин в Северной Осетии наибольший удельный вес занимают болезни органов кровообращения (64,8), новообразования (13,8%), внешние причины (7,5%), болезни органов дыхания (2,0%). Данное распределение характерно также для России в целом. К.Д. Салбиев, В.Б. Брин и И.А. Габараева исследовали демографические и медико-биологические проблемы устойчивого развития Республики Северная Осетия-Алания и города Владикавказа [33]. Они отмечали, что в Республике и Владикавказе на тот период сложилась критическая демографическая ситуации: значительный рост смертности и существенное снижение рождаемости. Отмечалось, что среди причин смертности населения на первом месте стоят новообразования, особенно рак органов дыхания. Значительно выросла смертность от болезней эндокринной системы, в т. ч. сахарного диабета; от психической заболеваний, причем не связанных с хроническим алкоголизмом [14].

Во Владикавказе наибольший уровень младенческой смертности был отмечен в самом экологически неблагоприятном – Промышленном районе. Здесь же были зарегистрированы более высокие показатели врожденных аномалий развития у детей, смертности взрослого населения от злокачественных лимфом [14]. Влияние качества и безопасности питьевой воды на состояние здоровья населения исследовали И.В. Кесаев и М.Р. Ногаев [9]. Тенденции в структуре заболеваемости населения РСО-Алания за 1999-2003 гг. были исследованы Ж.А. Шавлоховой, З.Р. Аликовой и А.Н. Довголис. Был выявлен заметный рост уровня общей заболеваемости населения. При этом прирост наблюдался по всем классам болезней [22]. З.Р. Аликова, Ж.А. Шавлохова и З.А.Бадоева провели сравнительный анализ заболеваемости городского и сельского населения Северной Осетии [1].

Значительное число работ посвящено онкологическим заболеваниям. Т.М. Ахполов, У.С. Хутиев, В.А. Кабисов и Д.В. Огоева выделили три группы факторов, вызывающие рак кожи экзогенной и эндогенной природы: 1) факторы внешней среды; 2) хронические специфические и неспецифические воспалительные процессы; 3) некоторые патологические состояния генетического (конституционального или возрастного характера) [3]. К факторам внешней среды были отнесены: физическая травма, инсоляция, ионизирующее излучение, вещества химической природы (продукты перегонки нефти, уголь, деготь, смолы, термические ожоги и т.д. Туберкулез кожи, красная волчанка, сифилис, длительно заживающие и трофические язвы, рубцы остеомиелитические, парарентальные свищи относят к хроническим воспалительным процессам [9]. Пигментация ксеродерма, болезнь Коуэна, эритроплазма Кейра (облигатные формы предрака) относят к генетическим или возрастным изменениям кожи. Практическая деятельность врачей [3] показывает взаимодействие наследственности и факторов внешней среды: рак кожи у негров-альбиносов; рак кожи головы и лица под воздействием солнца у рыжеволосых и т.д. Исследования [3] показали, что заболеваемость раком кожи в Северной Осетии был несколько выше (39,6) чем в среднем по РФ (33,1). Имеет тенденцию к росту и уже занимает первое место среди всех онкозаболеваний. Доля РК составляет примерно 15,4%. Другой важный вывод: несоответствие общепринятым утверждениям, литературным источникам и реальным показателям. Оно заключается в том, что заболеваемость РК во Владикавказе выше, чем в сельских районах. Видимо влияние канцерогенов окружающей среды значительно существеннее, чем влияние солнечных лучей. Внутри города наибольший уровень заболеваемости наблюдается в зонах обслуживания поликлиник №3, 4, 5 (соответственно 70,3‰; 55,3‰; 55,0‰) – Промышленный район, 34-35-й микрорайоны и проспект Коста в районе завода «Разряд». Совпадение это или нет, но в этих же районах Владикавказа повышен уровень сердечно-сосудистых заболеваний. Среди районов

республики самые высокие показатели наблюдались в Алагирском (42,9‰), Ирафском (36,9‰) и Моздокском (35,9‰). Особую группу РК составляют пигментные опухоли-меланомы. Это самые агрессивный тип рака кожи [9]. На долю меланом приходится большая часть случаев смерти всех новообразований кожи [9]. Заболеваемость меланомой растет как в России в целом, так и в Северной Осетии, в частности. И там, и там заболеваемость растет за счет городских поселений. Так, в среднем за 1999-2003 гг. Показатель заболеваемости меланомой кожи в республике равнялся 4,1 на 100 тыс. населения, во Владикавказе - 4,9, а в районах – 3,3.

Региональные особенности показателей здоровья населения Республике Северная Осетия-Алания исследовали Т.М. Бутаев, И.В. Кесаев, Э.С. Доева. В Северной Осетии сохраняется напряженная эпидемиологическая обстановка по особо опасным и природно-очаговым инфекциям [5]. Республики граничат с крупными природными очагами чумы (Центрально-Кавказский, Дагестанский горный, Терско-Сунженский), которые часто проявляют эпидемиологическую активность. Кроме того, сохраняется опасность заноса эпидемии на Северный Кавказ с сопредельного Казахстана и т.д. [15].

Основные тенденции изменения заболеваемости населения РСО-Алания в начале 21 в. [15] исследовали К.Д. Салбиев, В.Б. Брин и М.Р. Бузоева. Хрономониторинг здоровья населения РСО-Алания (сравнительный анализ за 1900-1993 и 2000-2003 гг.) провели К.Д. Салбиев, Л.Г. Хетагурова и Л.Т. Урумова [16]. Возрастной индекс смертности от рака легкого в горах Республики Дагестан исследовали Дж. Г. Гасаев и Дж. Г. Хачиров [6]. Онкозаболеваемость населения в Кабардино-Балкарской Республике за период 1999-2003 гг. [17] исследовали Х.С. Тлапшоков и М.Ж. Кантоев. Распространенность дисплазии и рака шейки матки в различных климато-географических районах Северной Осетии исследовали М.Э. Тохтиева, С.М. Козырева и К.М. Козырев [18]. Ими был выявлен тренд повышения уровня заболеваемости с движением с востока республики на запад. Так, самый низкий уровень заболеваемости дисплазией и раком шейки матки был зарегистрирован в Пригородном районе, а самый высокий – в Ирафском.

В.А. Нидюлин, Г.М. Борликов, В.А. Бананова и А.С. Утяшова [11] показали роль экологических и этнических факторов в развитии рака органов пищеварения. Ими была установлена высокая степень корреляционной зависимости между химическим составом почв и питьевых вод и заболеваемостью раком органов пищеварения. Была также рассмотрена этническая составляющая в распространенности онкозаболеваний пищеварения, раком пищевода и печени. В частности, была выявлена обратная связь заболеваемости раком печени с гумусом почв, суммой и отдельными элементами поглощающего комплекса почв, кислотностью воды и содержанием в ней хлоридов. Повышенная заболеваемость раком пищевода, желудка наблюдается в районах с наиболее высоким содержанием гумуса, а также содержащих воды повышенной минерализации и жесткости, имеющих щелочную реакцию [11]. Влияние качества окружающей среды на заболеваемость населения раком исследовали Ц.С. Хутиев, Э.Р. Кундухова, и Е.К. Ревазов [20]. Уже давно доказано причинно-следственная связь между многими формами рака и факторами окружающей среды. По данным ВОЗ, причиной возникновения рака у 80% больных являются канцерогены окружающей среды. Так или иначе, наиболее высокая заболеваемость наблюдается у населения городов промышленно развитых стран. Ц.С. Хутиев, Дз. В. Огоева и В.А. Кабисов исследовали [21], что одной из причин возникновения и роста заболеваемости меланомой кожи в РСО-Алания является напряженность экологической системы в результате интенсивного загрязнения ее химическими и физическими канцерогенами. Возникновению и росту заболеваемости меланомой кожи способствует ряд факторов, имеющих экзогенный и эндогенный характер. Так, у блондинов и рыжеволосых меланома кожи встречается чаще и протекает хуже. Имеет значение наличие веснушек и родинок, их число и расположение, реакция кожи на ультрафиолетовые лучи. Большое значение имеет радиационный баланс. Чем он больше, тем выше риск заболеваемости раком кожи. Так радиационный баланс в районе Норильска колеблется в пределах 15 ккал/кв. см/год, а во

Владикавказе – более 59 ккал/кв. см/год. Особенно высокий риск заболеваемости меланомой кожи возможен в горной местности, где весьма сильна солнечная радиация. Однако, жители южных регионов нашей страны больше адаптированы к высоким значениям радиационного баланса. Серьезные проблемы могут возникнуть в том случае если жители северных регионов переезжают на постоянное место жительства в южные части страны. Подобные переезды встречаются в нашей стране довольно часто. Таким образом, северные мигранты повышают уровень заболеваемости меланомой кожи на юге страны.

Мониторинг врожденных пороков развития в Республике Северная Осетия-Алания [10] провели Ф.К. Лагкуева, С.О. Кусова и С.А. Какабадзе. Хотя исследования проводились по мониторингу за 1999-2003 гг., уже в тот период в Северной Осетии наблюдались самые высокие показатели частоты врожденных пороков развития (ВПР) по сравнению с другими регионами России. В первую очередь это касается пороков развития нервной системы, расщелин губы и неба, пороков развития почек и мочевыделительной системы [27]. Наблюдалась и существенная территориальная дифференциация в показателях случаев ВПР в пределах Северной Осетии. Так, наибольшая частота ВПР (более 34 на 1000 родившихся) наблюдалась во Владикавказе, Кировском и Правобережном районах. Вторая группа со средними показателями (24-34‰) – Алагирский, Ардонский и Пригородный районы. Третья группа с низкой частотой случаев ВПР (менее 24‰) – Ирафский, Моздокский и Дигорский районы [10]. Существенных различий в частоте рождения детей с пороками развития в группах женщин молодого и зрелого репродуктивного возраста исследователи не получили. Однако, были подтверждены данные о том, что с возрастом у женщин возрастает риск рождения детей с синдромом Дауна [10].

О.Н. Гурциев, В.К. Казак и З.Р.Алимова дали социологическую оценку причин экстренной госпитализации. Результаты их исследований позволили сделать вывод о том, что решение проблем, связанных с охраной здоровья населения возможно при улучшении качества жизни, обеспечении политической стабильности, социального и экологического благополучия [7]. Ю.М. Дзокаева, Т.В. Заалишвили и К.М. Козырев выявили региональные особенности сенильного амилоидоза. Исследование показало, что в высокогорных районах РСО-А сенильные локальные амилоидные висцеропатии встречались значительно реже, им на равнине [8]. З.Р. Тутаева, П.З. Хамзалатова и К.М. Козырев исследовали влияние внешней среды на возникновение и прогрессирование различных форм шизофрении [19]. Согласно проведенным исследованиям во всем мире около 650 млн. чел. страдают от психического заболевания, либо расстройства психики. Самая распространенная в этой группе заболеваний – шизофрения – тяжелое психическое расстройство, часто приводящее к физической и психической деградации личности с комплексом соматических поражений. Определено, что это заболевание прогрессирует по своим масштабам и связано с ростом различного рода факторов, таких как наследственность, семейное положение, стресс, миграция, социальные неурядицы, экологическая обстановка. Рост числа больных шизофренией чаще всего объясняется теорией социального дрейфа, когда больные в начале заболевания опускаются в более низкие социальные слои. Это, в свою очередь, приводит к обострению заболевания. В условиях нищеты, депривации и социальной дезорганизации на первый план выходит гипотеза социальной дезорганизации. В этом случае шизофрению провоцируют стрессы и страхи. Случаи шизофрении чаще встречаются у мигрантов.

Таким образом, судя по исследованным публикациям, были выявлены как общие черты, так и существенные различия в экологической ситуации, таки в состоянии здоровья населения Северной Осетии и Дагестана.

Литература

1. *Аликова З.Р., Шавлохова Ж.А., Бадоева З.А.* Сравнительный анализ заболеваемости городского и сельского населения Республики Северная Осетия-Алания за 1999-2003 гг. Влияние

акклиматизации к высокогорному климату на реактивность организма // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования: Материалы V Международной конференции 21-23 сент. 2004. Владикавказ: Изд-во «Терек» СКГМИ(ГТУ), 2004. 688 с. С. 382-384.

2. *Анисимова В.Н., Моисеенко В.М., Хансона К.П.* Рак у пожилых. СПб.: ООО «Изд-во Н-Л.», 2004. 336 с.
3. Онкоэпидемиологические аспекты взаимосвязи экзогенных и эндогенных факторов в патогенезе рака кожи в РСО-Алания / *Ахполов Т.М., Хутиев У.С., Кабисов В.А., Огоева Д.В.* // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования: Материалы V Международной конференции 21-23 сент. 2004. Владикавказ: Изд-во «Терек» СКГМИ(ГТУ), 2004. С. 385-387.
4. *Брин В.Б., Довголис А.Н., Бериев О.Г.* Медико-демографические проблемы устойчивого развития города Владикавказа // Устойчивое развитие горных территорий: тезисы докладов участников III Международной конференции 21-26 сентября 1998 г. Владикавказ: Иристон, 1998. С. 493-495.
5. *Бутаев Т.М., Кесаев И.В., Доева Э.С.* Региональные особенности показателей здоровья населения Республике Северная Осетия-Алания // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования: Материалы V Международной конференции 21-23 сент. 2004. Владикавказ: Изд-во «Терек» СКГМИ(ГТУ), 2004. С. 390-391.
6. *Гасаев Дж.Г., Хачиров Дж.Г.* Возрастной индекс смертности от рака легкого в горах Республики Дагестан // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования: Материалы V Международной конференции 21-23 сент. 2004. Владикавказ: Изд-во «Терек» СКГМИ(ГТУ), 2004. С.395-396.
7. *Гурциев О.Н., Казак В.К., Алимова З.Р.* Социологическая оценка причин экстренной госпитализации // Устойчивое развитие горных территорий: тезисы докладов участников III Международной конференции 21-26 сентября 1998 г. Владикавказ: Иристон, 1998. С. 495 – 497.
8. *Дзокаева Ю.М., Заалишвили Т.В., Козырев К.М.* Региональные особенности сенильного амилоидоза // Устойчивое развитие горных территорий: тезисы докладов участников III Международной конференции 21-26 сентября 1998 г. Владикавказ: Иристон, 1998. С. 500-502.
9. *Кесаев И.В., Ногаев М.Р.* Болезни экологического риска в связи с приоритетными факторами среды обитания // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования: Материалы V Международной конференции 21-23 сент. 2004. Владикавказ: Изд-во «Терек» СКГМИ(ГТУ), 2004. С. 365-366.
10. *Лагкуева Ф.К., Кусова С.О., Какабадзе С.А.* Мониторинг врожденных пороков развития в Республике Северная Осетия-Алания// Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования: Материалы V Международной конференции 21-23 сент. 2004. Владикавказ: Изд-во «Терек» СКГМИ(ГТУ), 2004. С. 401-407.
11. Связь экологических и этнических факторов в развитии рака органов пищеварения в Калмыкии / *Нидюлин В.А., Борликов Г.М., Бананова В.А., Утяшова А.С.* // Сборник материалов III Кавказского экологического форума: Экология, здоровье и образование в XXI веке. Глобальная интеграция современных исследований и технологий. Грозный. 2017. С. 187-190.
12. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. М.: ФСН в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2019. 254 с.
13. *Песунок А.А., Хамерзокова Р.Ю., Шаповалова В.Р.* Оценка состояния здоровья населения Майкопского района // Сборник материалов III Кавказского экологического форума Экология, здоровье и образование в XXI веке. Глобальная интеграция современных исследований и технологий. Грозный. 2017. С. 205-209.
14. *Салбиев К.Д., Брин В.Б., Габараева И.А.* Демографические и медико-биологические проблемы устойчивого развития Республики Северная Осетия-Алания и города Владикавказ(а) // Устойчивое развитие горных территорий: тезисы докладов участников III Международной конференции 21-26 сентября 1998 г. Владикавказ: Иристон, 1998. С. 74-78.
15. *Салбиев К.Д., Брин В.Б., Бузоева М.Р.* Основные тенденции изменения заболеваемости населения РСО-Алания в начале 21 в. // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования: Материалы V Международной конференции 21-23 сент. 2004. Владикавказ: Изд-во «Терек» СКГМИ(ГТУ), 2004. С. 409-414.
16. *Салбиев К.Д., Хетагурова Л.Г., Урумова Л.Т.* Хрономониторинг здоровья населения РСО-Алания (сравнительный анализ за 1900-1993 и 2000-2003 гг.) // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования: Материалы V

Международной конференции 21-23 сент. 2004. Владикавказ: Изд-во «Терек» СКГМИ(ГТУ), 2004. С. 415-419.

17. *Тлапшонов Х.С., Кантоев М.Ж.* Онкозаболеваемость населения в Кабардино-Балкарской Республике за период 1999-2003 гг. // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования: Материалы V Международной конференции 21-23 сент. 2004. Владикавказ: Изд-во «Терек» СКГМИ(ГТУ), 2004. С. 419-420.
18. *Тохтиева М.Э., Козырева С.М., Козырев К.М.* Новые данные о распространенности дисплазии и рака шейки матки в различных климато - географических районах Республики Северная Осетия-Алания // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования: Материалы V Международной конференции 21-23 сент. 2004. Владикавказ: Изд-во «Терек» СКГМИ(ГТУ), 2004. С. 421-422.
19. *Тутаева З.Р., Хамзалатова П.З., Козырев К.М.* Влияние факторов риска внешней среды на возникновение и прогрессирование различных форм шизофрении // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования: Материалы V Международной конференции 21-23 сент. 2004. Владикавказ: Изд-во «Терек» СКГМИ(ГТУ), 2004. С. 422-423.
20. *Хутиев Ц.С., Кундухова Э.Р., Ревазов Е.К.* Окружающая среда и рак: состояние проблемы, перспективы развития основных направлений в Республике Северная Осетия-Алания // Сборник материалов III Кавказского экологического форума Экология, здоровье и образование в XXI веке. Глобальная интеграция современных исследований и технологий. Грозный. 2017. С. 435-442.
21. *Хутиев Ц.С., Огоева Дз. В., Кабисов В.А.* Роль факторов внешней и внутренней среды в патогенезе меланомы кожи в Республике Северная Осетия-Алания // Сборник материалов III Кавказского экологического форума Экология, здоровье и образование в XXI веке. Глобальная интеграция современных исследований и технологий. Грозный. 2017. С. 441-442.
22. *Шавлохова Ж.А., Аликова З.Р., Довголис А.Н.* Современные тенденции в структуре заболеваемости населения Республики Северная Осетия-Алания // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы и перспективы интеграции науки и образования: Материалы V Международной конференции 21-23 сент. 2004. Владикавказ: Изд-во «Терек» СКГМИ(ГТУ), 2004. С. 380-381.
23. *Шавлохова Ж.А., Бадоева З.А., Аликова Т.Т.* Общая смертность населения и ее тенденции в Республике Северная Осетия-Алания за1998-2005 гг. // Инновационные технологии для устойчивого развития горных территорий: Материалы Международной конференции VI. 28-30 мая 2007 г. Владикавказ. Изд-во «Терек», 2007. С. 381-382.

УДК 551.3 DOI:10.34708/GSTOU.2021.86.84.046

ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ: ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ

© Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Кануков А.С., Персаева З.В., Шманатов Г.В., Ревазов М.О.

Геофизический институт Владикавказского научного центра РАН

В работе рассмотрено проявление опасных экзогенных процессов на территории Республики Северная Осетия-Алания. Все данные формализованы в форме информационных слоев ГИС-системы. Для картирования потенциальной оползневой опасности выполнен расчет устойчивости склонов с помощью программы Scoops 3D. В результате выполнена комплексная оценка проявления экзогенных процессов. Меры по смягчению последствий (например, удержание развития вдали от находящихся под угрозой областей) является пространственным планированием, в некоторых странах важным для минимизации потенциального ущерба (например, Германия, Финляндия). Предложена рейтинговая экспресс-оценка потенциальной уязвимости территории, позволяющая производить быструю оценку на региональном уровне на примере территории РСО-Алания. В случае невозможности расположения объектов инфраструктуры вне зон повышенной опасности (Транскам, Военно-Грузинская дорога и др.) требуется вести инструментальный мониторинг с целью раннего предупреждения.

Ключевые слова: *лавины, оползни, сели, опасность, мониторинг.*

Введение

Территория Северной Осетии подвержена разрушительному воздействию практически всех известных типов опасных геологических процессов, которые могут привести к гибели людей и колоссальным материальным потерям, оказав существенное влияние на социально-экономическую обстановку и безопасность территории Республики.

Это обусловлено большим разнообразием геолого-морфологических, климатических и в целом ландшафтных условий преимущественно горной территории Северной Осетии. Яркими примерами служат: сход ледника Колка в 2002 г., обвал в районе Девдракского ледника в 2014 г., активизация Мацутинского оползня в 2019 г.

Расположение исследуемой территории в зоне альпийской тектономагматической активизации Большого Кавказа определяет свойственные областям альпийской складчатости сложные инженерно-геологические условия, вызванные разнообразием литологического состава пород, их интенсивной тектонической нарушенностью, активной неотектоникой и сейсмичностью, широким развитием современных экзогенных геологических процессов. [Гончаренко и др., 2008; Чотчаев и др. 2016, 2017, 2020]. Определяющим фактором методологической основы исследований является геоморфология, влияние которой на интенсивность формирования экзогенных процессов, зависит от способности элементов рельефа разрушаться и условий накопления формами рельефа эрозионного материала [Katharina Ktern et al., 2012].

Из экзогенных геологических процессов на территории распространены: выветривание, эрозионные, селевые и гравитационные (оползневые, обвальные), лавинные, солифлюкция, суффозия.

1. Селевые потоки

Горная Осетия является одним из наиболее селеопасных районов Центрального Кавказа. Сильно расчлененный рельеф, современное оледенение, высокая сейсмичность, огромные запасы рыхлообломочного материала и высокая увлажненность создают благоприятные условия для селеобразования. При этом наносится огромный ущерб

населенным пунктам, сельскохозяйственным угодьям и объектам, промышленным предприятиям, линиям связи и электропередач, спортивно-оздоровительным учреждениям и автомобильным дорогам.

2. Лавины

Одними из наиболее опасных природных явлений на территории республики являются снежные лавины. Внезапность и молниеносность – главная их особенность, опасность, как и их разрушительная сила. Высотная протяженность климатических областей (равнинной, предгорной и горной) на территории республики оказывает большое влияние на характер залегания и формирования снежного покрова. Зона действия лавин на территории республики охватывает обширный диапазон высот от 1200 до 3800 м н. у. м., со средней крутизной склонов от 15 до 76°. В республике к территориям с высокой вероятностью возникновения ЧС обусловленных лавинной опасностью относятся перевальная автодорога в районе Рокского тоннеля (ТрансКАМ) и горнолыжный центр «Цей». Опасными районами также являются автодорога Чикола-Мацута (Ирафский район) и Военно-Грузинская дорога (Владикавказ).

3. Оползни

В связи со значительной массой смещаемого материала оползни, обладают огромной разрушительной силой и представляют большую опасность для объектов экономики. Наиболее широко оползневые процессы распространены в горной части республики, особенно в зоне Северной Юрской межгорной депрессии, подэскарповой зоне Скалистого хребта, на участках Южной межгорной депрессии и Главного водораздельного хребта. Имеющиеся карты оползневой опасности РСО-Алания, представляют собой так называемые «inventory map», т.е. содержат описание известных оползневых участков. В связи с этим с целью картирования потенциальной опасности устойчивость склонов была оценена для всей территории Северной Осетии в масштабе 1:200 000. Использовалась программа Scoops 3D [Reid et al., 2000, 2006, 2015], которая позволяет оценивать устойчивость склонов в трехмерной постановке на основе цифровых моделей рельефа. Модель рельефа была построена на основе спутниковых данных SRTM. Участки, характеризующиеся наибольшей опасностью, расположены в районах – Цей, участки Унал-Садон и Бурон. Кроме того выделены отдельные точечные участки, которые в силу отдаленности от объектов инфраструктуры ранее не исследовались. Детальное изучение свойств горных пород и топосъемка позволят произвести более точную оценку их устойчивости.

Выбор инструментов и методов измерения или создание специальной системы мониторинга зависит от различных типов деформации, которые будут влиять на метод анализа устойчивости и, следовательно, на всю систему мониторинга деформации. Использование роботизированных тахеометров открывает возможности сбора трехмерной информации о местоположении для автоматического мониторинга деформации. Созданы системы мониторинга Луарского и Зинцарского ползня, а также техногенного оползня в районе с. Горный Дзуарикау. Для изучения структуры верхней части оползня выполнено геолокационное зондирование Георадаром ОКО-2 на частотах 150МГц. Проведены сейсморазведочные исследования. Использовалась система однократного и многократного наблюдения и записи встречных годографов продольных и поперечных волн.

4. Пульсирующие ледники

На территории республики пульсирующими ледниками являются Колка, Майли, Хардотчин и Зейгелан, находящиеся в бассейнах рек Геналдон, Гизельдон и Фиагдон; длина их – от 2,1 до 6,1 км, а площадь – 1,0-5,9 км^2. Время пульсации для различных ледников неодинаковое.

Сведений о пульсациях ледников Зейгелан, Хардотчин и Майли очень мало, и в основном они основываются на рассказах местного населения и следах наступания,

довольно четко прослеживающихся в долинах рек. Самым известным пульсирующим ледником в Северной Осетии является карово-долинный ледник Колка, расположенный на северном склоне Главного хребта к северо-востоку от горы Джимарайхох (4780 м). Площадь ледника 2,5-3 км^2, а наибольшая длина -3,2 км.

Как показывают исследования последних лет среди факторов активизации ледника Колка выявлены роль сейсмотектонического фактора, повышение тектоно-вулканического фактора (вулкан Казбек). Не меньшую роль играют воздействие глобальных климатических явлений [Заалишвили, Невская, 2003, 2004; Ледник Колка, … 2014]. В высокогорье Кавказа в последние годы отмечен резкий рост летних температур на фоне постоянно увеличивающейся зимней снежности. Это привело к усилению таяния ледников, росту числа и разрушительности опасных природных процессов, связанных с оледенением [Заалишвили, Воробьев, 2006]. Сход ледника Колка 20 сентября 2002 г. обвал в районе Девдоракского ледника 17 мая 2014 г. зафиксированы сетью сейсмических наблюдений Кармадонского параметрического полигона [Заалишвили и др., 2004, 2005, 2014а, б].

5. Рейтинговая оценка уязвимости территории

На основе метода экспертных оценок, была произведена оценка уязвимости территории. Согласно разработанному подходу, совокупность условий разделена на несколько уровней, каждому из которых соответствуют значения опасных факторов, формирующих уязвимость (сейсмичность, геологическое строение, рельеф). Далее каждому значению фактора присваивался его весовой рейтинг, также устанавливаемый из прошлого опыта. По результатам рейтинговой оценки можно выделить две урбанизированные зоны: Зона минимального воздействия – равнинная северо-восточная часть, центром которой можно считать город Беслан, являющийся в данном случае оптимальным районом для развития Республики. Крупнейший населенный пункт территории РСО-Алания – г. Владикавказ потенциально подвержен природным воздействиям в большей мере; горная часть с наличием исторических населенных пунктов и объектов, связанных с горным производством. Эта часть подвергается наибольшему уровню природного воздействия.

6. Обсуждение результатов

Анализ подходов к оценке рисков природных опасностей различной природы, используемых в мире, показал следующее. Подходы, основанные на нескольких опасностях, в основном не существуют: пространственное представление о стихийных бедствиях должно учитывать все виды опасностей с помощью подхода, основанного на множественных или множественных рисках, на всех пространственных уровнях. (региональный и местный). За некоторыми исключениями (Франция, Италия), подход с несколькими рисками не используется из-за различий в ответственности отделов отраслевого планирования за различные стихийные бедствия.

Процесс, обусловленный стихийными бедствиями: интенсивность внимания, уделяемого стихийным бедствиям, обычно зависит от опыта недавних катастрофических событий, а не от возникновения катастрофических событий в более отдаленном прошлом (сход ледника Колка в 2002 г, повторивший сценарий схода 1902 г). Вследствие этого оценка и управление рисками сосредоточены больше на частых опасностях (речные паводки, лавины, лесные пожары), чем на менее частых событиях. Это приводит к тенденции недооценивать опасность и риск, создаваемый экстремальными явлениями.

Доминирование детерминированных подходов: методы оценки опасности, которые часто используются, основаны только на основе детерминированных данных.

Меры по смягчению последствий являются пространственным планированием, в некоторых странах важным для минимизации потенциального ущерба (например, Германия, Финляндия). Предложена рейтинговая экспресс-оценка потенциальной уязвимости территории, позволяющая производить быструю оценку пространственного

распределения уровня опасности на региональном уровне на примере территории РСО-Алания.

В случае невозможности расположения объектов инфраструктуры вне зон повышенной опасности (Транскам, Военно-Грузинская Дорога и др.) требуется вести инструментальный мониторинг с целью раннего предупреждения [Адцеев и др., 2015].

Данные дистанционного зондирования способны предоставить важную информацию для картирования оползней и других объектов. Наземные технологии лазерного сканирования являются более быстрыми и точными способами получения плотных трехмерных наборов точек (облаков точек). Для приложений структурного мониторинга лазерное сканирование может считаться преимущественным по сравнению с геодезическими методами (например, GPS), которые могут воспринимать деформацию только в ограниченном количестве точек, тогда как сканер может измерять поверхность деформации. Применение роботизированных тахеометров позволяет увеличить число наземных точек – реперов, при этом вести мониторинг удаленно, без необходимости работать на теле оползня.

Постоянно действующие сети GPS регионального масштаба, такие как те, которые используются для мониторинга тектонического движения, могут обеспечить временные плотные и точные временные ряды данных трехмерной деформации при высоких затратах на установку и обслуживание. Периодические измерения могут быть более дешевой альтернативой, но они приводят к снижению точности и уменьшению временной плотности координатных временных рядов.

Геодезические методы позволяют осуществлять мониторинг только поверхности. Однако процессы, инициирующие движение масс могут возникать на глубине, без заметных изменений поверхности. Поэтому для мониторинга используются геофизические методы, такие как: георадарное зондирование, сейсморазведка, электроразведка.

7. Выводы

1. Рассмотрено развитие опасных экзогенных процессов на территории Северной Осетии.
2. Показано, что каждая геологическая опасность, характеризуясь определенными факторами воздействия, может быть учтена на основе экспертных оценок в интегральной оценке уязвимости территории.
3. Геоэкологическое состояние территории до проектных решений определяется активностью естественных природных процессов, практически без влияния, каких-либо техногенных и антропогенных факторов.

Литература

1. *Адцеев В.Г., Заалишвили В.Б., Мельков Д.А.* К вопросу создания единой системы наблюдений за катастрофическими явлениями // Геология и геофизика Юга России. 2015. № 4. С. 5-8.
2. *Гончаренко О.А., Заалишвили В.Б., Караев Ю.И., Никитин М.Ю.* Опасные геологические процессы Северного Кавказа // Труды I международной конференции « Опасные природные и техногенные геологические процессы на горных и предгорных территориях Северного Кавказа», Владикавказ, 20-22 сентября 2007, Владикавказ, 2008, С.160-166.
3. *Заалишвили В.Б., Невская Н.И.* Сход ледника Колка 20 сентября 2002 года и задачи информационных технологий изучения природных систем // Труды Международной конференции «Информационные технологии и системы: наука и практика» Т.2. Владикавказ, 2003, С. 175-180.
4. *Заалишвили В.Б., Невская Н.И.* Взаимосвязь различных факторов, в том числе, сейсмических событий со сходом ледника Колка 20 сентября 2002 г // Вестник Владикавказского научного центра. 2004. Т. 4. № 3. С. 51-56.
5. *Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Харебов А.К.* Анализ инструментальных записей схода ледника Колка по данным локальной сети сейсмических наблюдений // Вестник Владикавказского научного центра. 2004. Т. 4. № 3. С. 58-64.

6. *Заалишвили В.Б., Невская Н.И., Макиев В.Д., Мельков Д.А.* Интерпретация инструментальных данных процесса схода ледника Колка 20 сентября 2002 года // Вестник Владикавказского научного центра. 2005. Т. 5. № 3. С. 43-54.
7. *Заалишвили В.Б., Воробьев В.Г.* Мониторинг ледников и определение границ лавинной опасности горных территорий // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2006. № 6. С. 32-36.
8. *Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Симакин А.Г., Рыжанов О.Н.* Обеспечение работы телеметрической системы сейсмологических наблюдений в экстремальных климатических условиях высокогорья // Геология и геофизика Юга России. 2014а. № 4-2. С. 19-26.
9. *Заалишвили В.Б., Мельков Д.А., Дзеранов Б.В., Кануков А.С., Габараев А.Ф., Шепелев В.Д.* Сход каменно-ледовой лавины в районе ледника Девдорак 17 мая 2014 года по инструментальным данным // Геология и геофизика Юга России. 2014б. № 4. С. 122-128.
10. Ледник Колка, вчера, сегодня, завтра. Под редакцией *акад. Ю.Г. Леонова и докт. физ.-мат. наук проф. В.Б. Заалишвили*. ГФИ ВНЦ РАН: Владикавказ, 2014 г. 429 с.
11. Паспорт безопасности территории Республики Северная Осетия-Алания. Управление МЧС по РСО-Алания. Владикавказ, 2007.
12. *Чотчаев Х.О., Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б.* Влияние геодинамических процессов на геоэкологическое состояние высокогорных территорий // Геология и геофизика Юга России. 2020. №4. С. 70-100.
13. *Чотчаев Х.О., Оганесян С.М., Гончаренко О.А*. Опасные геологические процессы на территориях экономического освоения в горной части Республики Северная Осетия – Алания // Устойчивое развитие горных территорий. Том: 9 №: 3 (33). 2017 DOI: 10.21177/1998-4502-2017-9-3-195-210.
14. *Чотчаев Х.О., Невская Н.И., Невский Л.Н.* Генетические типы экзогенных геологических процессов, характерных для горных территорий Центрального Кавказа и состояние качества подземных пресных // Геология и геофизика Юга России. 2016. №2. С. 97-116. DOI: 10.23671/VNC.2016.2.20811.
15. Katharina Ktern, Gerhard Karl Lieb , Gernot Seier, Andreas Kellerer-Pirklbaue. Modelling geomorphological hazards to assess the vulnerability of alpine infrastructure: The example of the Großglockner-Pasterze area, Austria. Austrian Journal of Earth Sciences Volume 105/2 Vienna. 2012.
16. Reid, M.E., Brien, D.L., and Waythomas, C.F., 2010a, Preliminary slope-stability analysis of Augustine Volcano, in Power, J.A., Coombs, M.L., and Freymueller, J.T., eds., The 2006 Eruption of Augustine Volcano, Alaska: U.S. Geological Survey Professional Paper 1769, p. 321–332.
17. Reid, M.E., Christian, S.B., and Brien, D.L., 2000, Gravitational stability of three-dimensional stratovolcano edifices: Journal of Geophysical Research, v. 105, no. B3, p. 6043–6056.
18. Reid, M.E., S.B. Christian, D.L. Brien, and S.T. Henderson. 2015. Scoops3D-software to analyze three-dimensional slope stability throughout a digital landscape. Menlo Park: U.S. Geological Survey; Volcano Science Center.

УДК 911:550.4 DOI:10.34708/GSTOU.2021.52.21.047

ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

© Буркацкий О.Н., Шейков А.А., Иваншин С.О.

АО «Южморгеология», г. Геленджик

Ландшафтное районирование позволяет разделить акваторию на ряд участков, сходных по характеру поступления и распределения загрязняющих веществ. Это дает возможность оценить сложные взаимодействия естественных природных процессов и техногенных объектов в Каспийском море.

***Ключевые слова**: Каспийское море, ландшафты, трофические группировки, загрязняющие вещества.*

При проведении морских геологических и инженерно-технических работ, приходится решать экологические задачи на площадях, охватывающих от сотен до тысяч квадратных километров. Кроме того, идентификация происхождения загрязняющих веществ (ЗВ) на Каспии весьма затруднена, особенно то, что касается углеводородов, из-за наличия многочисленных антропогенных и природных источников. Последние включают нефтяные и газовые сипы на морском дне, а также поступление в морскую среду углеводородов, продуцируемых биотой, которой чрезвычайно богата именно северная мелководная часть моря. Применение ландшафтно-экологического районирование акватории позволяет более достоверно прогнозировать, выявлять и оценивать процессы переноса и накопления загрязняющих веществ. Так же, в комплектах Государственных геологических карт Российской Федерации масштабов: 1:200000 и 1:500000 обязательно должны быть эколого-геологические схемы составленные на ландшафтной основе [10].

При ландшафтном районировании акватории необходимы данные о геоморфологии, рельефе, донных отложениях, динамики вод, составе и трофической структуре донных сообществ. Для этого выполняются: анализ картографических материалов и данных дистанционного зондирования Земли, акустические исследования поверхности дна, отбор проб морской воды и донных отложений для литологических, химических и гидробиологических определений. На основании обработки и анализа результатов этих работ составляются ландшафтные основы для различных экологических карт. [4]. Для подготовки статьи использовались материалы, полученные в рамках выполняемых АО «Южморгеология» Государственных контрактов: по созданию геологической карты РФ – № 15-3/18-1 и мониторингу состояния геологической среды – № 28/01/60-2 и № 08/01/60-10 [1, 12]. Схему для рисунка в статью оформила Буркацкая Алиса Олеговна.

Структура современных ландшафтов северо-западной части Каспия закладывалась от неоплейстоценовых регрессий моря, когда этот район неоднократно осушался и продолжительное время находился под воздействием субаэральных или активных гидродинамических процессов. С повышением уровня моря в голоцене и по настоящее время основными ландшафтообразующими факторами исследуемой акватории являются: сгонно-нагонные колебания, волнения, стоковые и морские течения, речные наносы и активное осадконакопление. Техногенный фактор существенного значения не имеет.

По характеру преобладающих экзодинамических процессов на исследуемой акватории выделяются две морфоструктурные области: транспортировки и аккумуляции. В первой преобладают аккумулятивно-абразионные условиями в распределении и накоплении донных осадков, а в составе населения морского дна – гидробионты, по типу пинания относящиеся сейстонофам (фильтраторам). Во второй –

абразионно-аккумулятивные и аккумулятивные условия, а среди бентосных гидробионтов дейтритофаги. В соответствии с этим выделено пять ландшафтов (рис. 1).

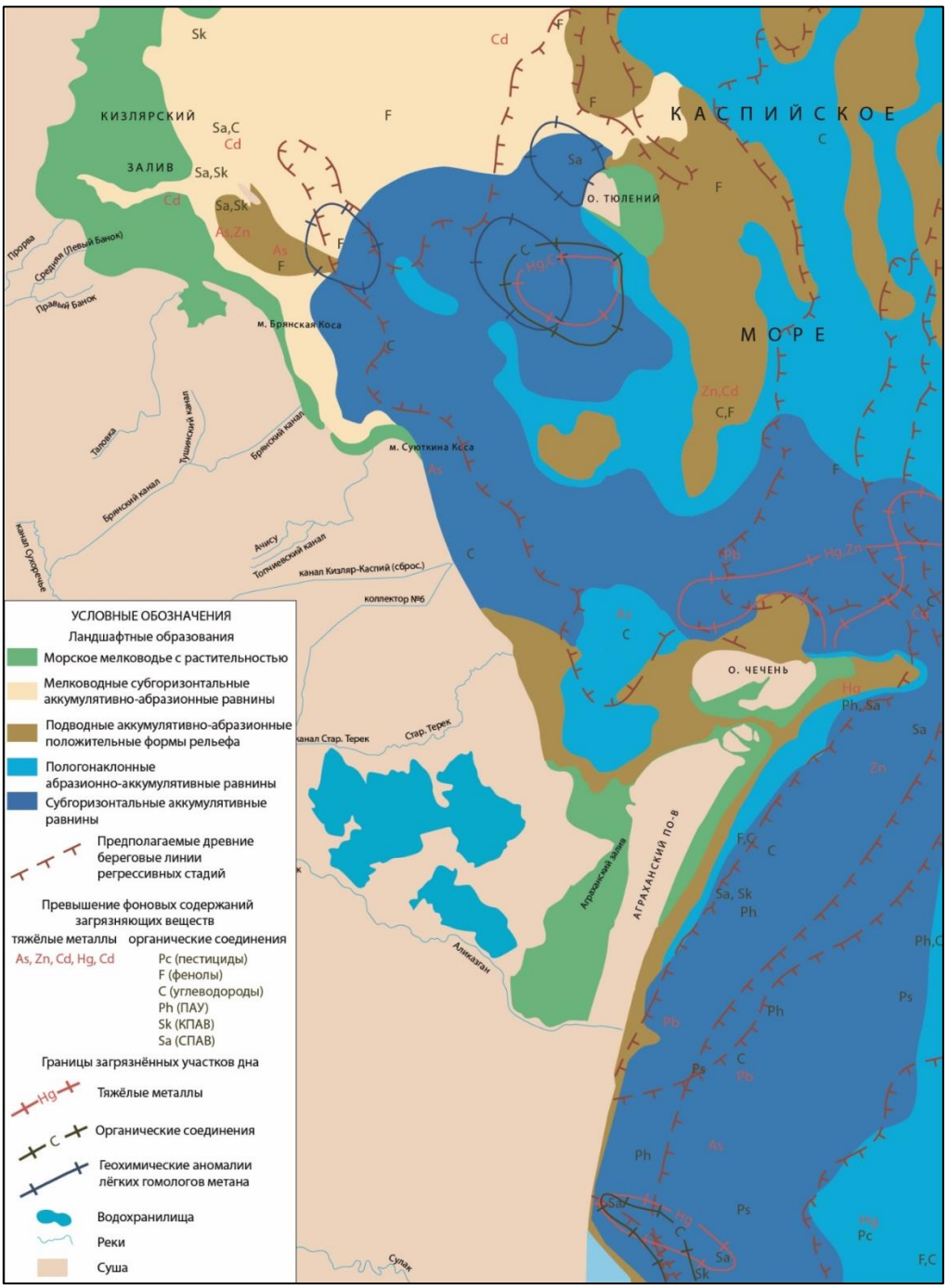


Рис. 1. Ландшафтно-экологическое районирование

*М*орское *мелководье с растительностью* занимает значительную часть наиболее мелководной, до 2м глубиной, акватории. Дно очень пологое с наличием обильной надводной и подводной растительности. От сплошных тростниковых зарослей у берега,

глубже переходящих в разреженные. Ландшафт в основном развит в Кизлярском и Аграханском заливов. Ограничением для его развития служат природные условия, препятствующие распространению водной растительности. Кроме увеличения глубины, к ним относятся: соленость морских вод более 12 ‰ и льдообразование [6, 9]. Преобладания аккумулятивных условий в формировании донных отложений, в основном, связано с плотностью растительного покрова. Водные растения способствуют осаждению взвеси, поэтому донные отложения представлены пелитом, алевритом, мелкозернистыми песками и большим количеством, до 50 % пробы, растительной органики [1, 2]. Избыток растительного органического вещества создает условия для зообентосных сообществ, относящихся по характеру обитания и способу потребления пищи к фитофагам и грунтоедам, приспособленным обитать в неустойчивых гидрологических условиях [13].

Мелководные субгоризонтальные аккумулятивно-абразионные равнины, занимают акваторию с глубиной не более 4 м, не распространяясь южнее мыса Суюткина Коса. Ландшафт находится в зоне действия волн, ветровых течений и колебаний уровня моря, поэтому, несмотря на поступление с материковым стоком взвешенных веществ активной аккумуляции тонкозернистого материала не происходит. Кроме этого, формирование достаточного мощного ледового покрова в зимнее время в условиях активной гидродинамики мелководья приводят к торошению, что способствует сглаживанию рельефа дна и ограничивает развитие многолетних растительных сообществ [3]. Донные отложения состоят из песков от чистых до алевритовых, с примесью ракуши до 50%. В таких условиях, особенно в мелководной части ландшафта, в зообентосных сообществах преобладают гидробионты, приспособленные к периодическим механическим воздействиям на поверхность дна. По условиям обитания и способу потребления пищи они относятся к живущим в толще донных осадков грунтоедам или обитающим на поверхности дна фильтраторам и детритофагам с короткими жизненными циклами и не большими индивидуальными размерами [2].

Подводные аккумулятивно-абразионные положительные формы рельефа (ландшафт 7): бары, валы и банки расположены на глубинах от 2 до 10 м. Часть из них является песчано-ракушечными барами – продолжениями берега Западного Прикаспия и Аграханского полуострова или островов: Тюленьего, Чеченя и других, остальные, полностью подводные формы [8]. По своему расположению и конфигурации этот ландшафт: с одной стороны соотносятся с направлением придонных и поверхностных морских течений, с другой – приурочены к древним береговым линиям регрессивных стадий. Особенно это выраженно в северо-восточной части акватории на глубинах более 6м. Банки здесь располагаются вдоль челекенских и мангышлакской древних береговых линий, имея вытянутую в меридиональном направлении конфигурацию, совпадающую с направлением преобладающих морских течений. Размыв придонными течениями приподнятых участков дна затрудняет отложение алевритовой и пелитовой фракций. По этой причине реликтовые валообразные формы покрыты преимущественно песками с примесью ракуши и её детрита, превышающей иногда 75%. Зообентосные сообщества разнообразны, в них преобладают пищевые группировки по типу питания относящиеся к подвижным и прикрепленным фильтраторам, которые предпочитают относительно активные гидродинамические и стабильные гидрохимические условия [2].

Пологонаклонные абразионно-аккумулятивные равнины располагаются по всей исследуемой акватории на глубинах более 2 м, как в прибрежной, так и в наиболее глубоководной юго-восточной частях. Одинаковые ландшафтные биотические и абиотические характеристики этих участков обусловлены влиянием динамики морских вод и рельефа дна на твердый речной сток. Среди ландшафтообразующих экзогенных процессов присутствует аккумуляция донных отложений, но движение водных масс ещё препятствует значительному накоплению в них пелитовых фракций. Поэтому из поступающего осадочный материал отлагаются алевриты, алевритовые и пелитовые пески с примесью ракуши, а более тонкозернистые пелиты транзитом перераспределяются на более пологие и защищенные от морских течений участки дна.

Зообентосные сообщества разнообразны, из них, по способу потребления пищи, преобладают прикрепленные фильтраторы и подвижные детритофаги, предпочитающие относительно активные гидродинамические и стабильные гидрохимические условия, но могут эпизодически переносить и неблагоприятные воздействия

Субгоризонтальные аккумулятивные равнины наиболее обширные среди ландшафтов исследуемой акватории. Они протягиваются с севера на юг широкой полосой между берегом и ландшафтами с более активной динамикой вод. Поступление морского и аллювиального осадочного материал и своеобразный рельеф дна, формирующий спокойные гидродинамические зоны, дают возможность активно накапливаться на поверхности дна алевритам и пелитам местами с незначительной примесью песка. Со второй половины 20 века в южной части ландшафта, в связи с образованием нового устья рек. Терек, эта тенденция усиливается. [5]. В бентосных сообществах преобладают детритофаги, приспособленные к жизни в илистых осадках. без активных гидродинамических воздействий и периодически возникающими неблагоприятными гидрохимическими условиями. [2].

Анализ результатов геохимических исследований на основе ландшафтной дифференциации акватории позволил выделить определённые закономерности в распределении ЗВ в донных отложениях. При этом использовались расчетные фоновые значения содержаний ЗВ, так как предельно допустимые концентрации (ПДК) для морских донных отложений не разработаны.

Исходя из того, что исследуемая акватория является прибрежной и на ней отсутствуют значимые техногенные объекты, непосредственное поступление ЗВ, приводящие к повышению их фоновых содержаний, связаны с пресноводным стоком. В меньшей степени оно зависит от эолового переноса, хотя в период низкого стояния уровня Каспийского моря его доля может увеличиваться. [11]. Это подтверждается превышениями (до восьми раз) фоновых содержаний тяжелых металлов и органических соединений в донных отложениях не далеко от устьев основных пресноводных водотоков речной системы Терека (рек. Таловка, Кизляро-Каспийский сбросной канал, новое и старое русла,) и рек. Самур. Волжские воды и тонкодисперсная взвесь по Волго-Каспийскому судоходному каналу достигают северной части исследуемой акватории и локально увеличивают в донных осадках мелководных субгоризонтальных аккумулятивно-абразионных равнинах, содержания Cd, углеводородов и поверхностно активных веществ. Источники поступающих ЗВ бывают природными и техногенными. Наиболее выраженный техногенный характер имеет As, чему способствуют его наличие в артезианских водах, доходящие в скважинах, расположенных на прилегающем побережье, до 30 ПДК [7].

В дальнейшем, посредством морских течений, ЗВ перераспределяются на субгоризонтальные аккумулятивные равнины, формируя в зонах активной аккумуляции донных осадков не только точечные, но и три обширных по площади участки дна с превышениями фоновых содержаний: Cu, Hg, Zn, Cd, фенолов и углеводородов. Один из них непосредственно зависит от Терского стока, другой от стока рек. Сулак. Оставшийся участок более удален от берега и причина увеличения ЗВ в донных осадках здесь не однозначна. В дополнении к перемещенному тонкодисперсному (пелитовому) материалу, от Терского и Волжского стоков и ландшафтов с более транзитными экзогеодинамическими процессами, здесь обнаружены геохимические аномалии легких гомологов метана. Возможно, они являются причиной повышенного фонового содержания углеводородов.

Применение ландшафтного районирования выполненного с учетом биотических и абиотических факторов позволяет оценить сложные взаимодействия природных и техногенных явлений, связанных с перераспределением и накоплением ЗВ в водоёмах.

Литература

1. *Алёшин Б.Н.* Отчёт по Государственному контракту № 08/01/60-10 Осуществление

государственного мониторинга состояния геологической среды на шельфах Азово-Черноморского и Каспийского бассейнов Российской Федерации // Кн. 1-3, папки 1-3. Фонды ГНЦ ФГУГП «Южморгеология». Геленджик. 2007.
2. Ландшафтный подход к экологическому районированию северо-западной части Каспийского моря / *Буркацкий О.Н., Курапов А.А., Чаленко В.А., Шельтинг С.К., Шейков А.А., Курганская В.В., Неводниченко С.П., Кузнецова Т.И.* // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2005. № 7. С. 69-80.
3. *Бухарицин П.И., Огородов С.А., Архипов В.В.* Воздействия ледяных образований на дно Северного Каспия в условиях колебаний и ледовитости // Вестник МГУ. Сер. 5. География. 2015. № 2. С. 101-108.
4. Временные методические рекомендации по ландшафтно-экологическому картированию при геологической съёмке шельфа // ПГО «Севморгеология». Л., 1989. 41 с.
5. Гидрология устьевых областей рек Терека и Сулака / *С.С. Байдин [и др.]; под.ред. С.С. Байдина* // Тр. Гос. океанограф. ин-та. М.: Гидрометеоиздат, 1971. Вып. 109. 198 с.
6. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР: Справочник. Т.2. Каспийское море. Вып. 1-3. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 286 с.
7. *Курбанов Л.М., Гусейнова А.Ш.* Экологические аспекты мышьковистого загрязнения Северо-Дагестанского артезианского бассейна // Аридные экосистемы. 2015. Том 21. №1 (62). С. 48-52.
8. *Леонтьев О.К., Маев Е.Г., Рычагов Г.И.* Геоморфология берегов и дна Каспийского моря. М.: Изд-во МГУ, 1977. 210 с.
9. *Лымарев В.И., Шилин М.Б.* Соленость как фактор, влияющий на процессы формирования береговых биотопов //Тр. Зоол. ин-та РАН. 2013. Прил. № 3. С. 229-231.
10. Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200000 (второго издания). Версия 1.4. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2019. 188 с.
11. *Синенко Л.Г.* Оценка составляющих стока взвешенных наносов устьевой области Волги // Гидрология южных морей (Каспийское море): межвед. сб. А.: Изд-во «КаспНИРХ», 2007. Вып. 3-4. С. 199-207.
12. *Шендеров В.Н.* Отчет по государственному контракту 28/01/60-2 Осуществление государственного мониторинга состояния геологической среды прибрежно-шельфовой зоны Азово-Черноморского и Каспийского бассейнов Российской Федерации // Фонды ГНЦ ФГУГП «Южморгеология». Геленджик. 2010.
13. *Яблонская Е.А.* Многолетние изменения биомассы разных трофических групп бентоса Северного Каспия. Биологическая продуктивность Каспийского моря // Труды ВНИРО. Т. CVIII. М.: Пищевая промышленность, 1975. С. 50-64.

УДК 502/504:551.311.21 DOI:10.34708/GSTOU.2021.90.36.048

СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ В РУСЛЕ САГАЕВСКИЙ ПРИТОКА Р. БАКСАН В КБР

© Гегиев К.А., Хаджиев М.М., Батчаев И.И., Анаев М.Т.

Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик

В работе приводится анализ натурных маршрутных обследований селевого русла Сагаевский, правого притока р. Баксан, для выявления угрозы завала селевыми выносами территории поселка Эльбрус и федеральной автодороги Прохладный-Баксан-Эльбрус. Приводятся условия формирования и схода селей, а также расчетные данные интенсивности дождевых осадков и метеорологической силы дождя, для подтверждения краткосрочного прогнозирования схода селя. Также приведены расчетные данные максимальных значений модуля стока и расхода воды дождевых осадков в день схода селевого потока, и сравнительный анализ с максимальными значениями модуля и расхода дождевого стока при суточных значениях дождевых осадков 1% обеспеченности. Даны рекомендации для комплексной защиты инфраструктуры и территории частных домовладений поселка Эльбрус.

Ключевые слова: *русло Сагаевский, селевые выносы, интенсивность дождя, метеорологическая сила, максимальный расход, модуль стока.*

Введение

Важнейшие факторы, влияющие на формирование максимального дождевого стока – это интенсивность дождя, его продолжительность, площадь водосбора, инфильтрация воды в почву, добегания поверхностных вод до русловой сети бассейна. Слой осадков зависит не только от продолжительности дождя, но и от площади, которую он охватывает. Чем больше площадь бассейна, тем менее часто она может полностью покрываться дождем, но даже при полном охвате площади слой осадков уменьшается с увеличением площади их распространения. На горных реках дождевые паводки проходят обычно очень быстро. В связи с этим с продолжительностью стояния паводков менее суток, максимальные расходы рассчитывают по мгновенным расходам воды, а при продолжительности стояния максимумов, равной суткам и более, по среднесуточным расходам [8].

По результатам собранных материалов (архивные, маршрутные обследования, метеорологические данные, космоснимки) и анализа ниже раскрываются основные условия формирования селевой ситуации в бассейне Сагаевский, а также причины вызвавшие сходы селей в 2021 г. и их негативные последствия. Приводятся данные интенсивности дождевых осадков и методы расчета максимальных значений модуля и расхода стока. Сделаны выводы и рекомендации по проведению защитных мероприятий.

Результаты обследования

Обследуемая территория суходол Сагаевский находится в верховьях долины р. Баксан, выходит к пос. Эльбрус, северная экспозиция бокового хребта горы Андырчи (рис. 1).

Русло Сагаевский является правым притоком р. Баксан площадью водосбора 3,2 км^2, длина реки 3,0 км, высота истока 3000м, устья 1740м над у.м., средний уклон русла 460‰. Генезис селевого режима дождевой, повторяемость селевых потоков 1 раз в 4-5 лет, объем максимального единовременного выноса 300 тыс. м^3 [3].

В результате проведенного натурного обследования бассейна русла Сагаевский выявлено, что на конусе выноса в зону поражения селевых потоков попадают федеральная автодорога Прохладный - Баксан – Эльбрус и приусадебные участки в юго-восточной части пос. Эльбрус.

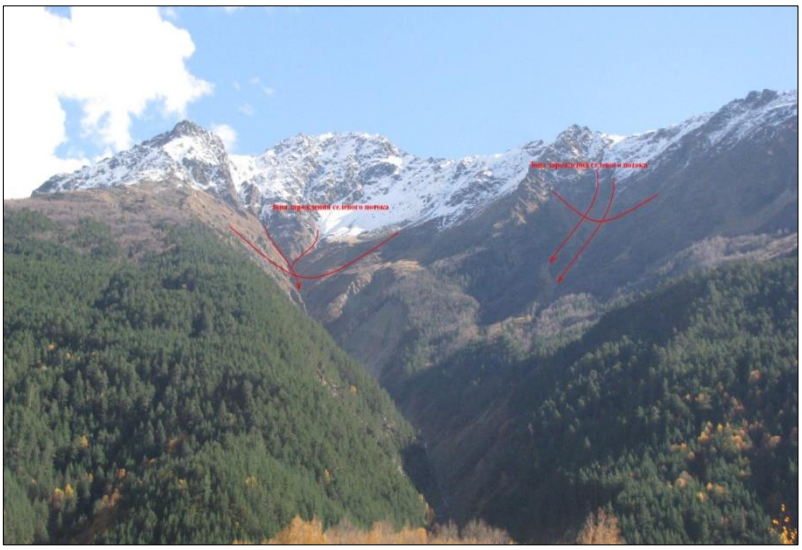


Рис. 1. Бассейн р. Сагаевский

Исследования зоны зарождения селевого потока в верховьях бассейна Сагаевский показали, что селевые потоки, формирующиеся в данном бассейне, имеют ливневый генезис. Сложную систему речной сети можно подразделить на три группы, с общими, в пределах допустимых отклонений, характеристиками селевого режима в каждой из них.

Твердая составляющая селевого потока в русло Сагаевский поступает в результате оползания грунтов с двух боковых склонов, расположенных на высоте от 2500 до 2600м н.у.м. Селеформирования по руслу Сагаевский зависят от скорости и объемов обрушающегося материала с боковых склонов в русло суходола (рис. 2).

Рис. 2. Зона транзита русла р. Сагаевский

Врезы в пределах скальных склонов заложены по многочисленным поверхностным разломам и трещинам в коренных породах. Это самый многочисленный и широко распространенный тип селеопасных водотоков, количество которых в десятки раз превышают число русел более высокого порядка. Русла водотоков на данном участке не выработаны, продольный профиль полностью повторяет очертания стока. Для него характерна беспорядочная ступенчатость и общая прямолинейность без тенденции выполаживания уклонов к устью. На крутых склонах нет условий для накопления значительного объема потенциального селевого массива. Высота от 2600 до 3200м над у. м. - это зона сбора жидкого составляющего для селеформирования. Склоновые сели являются самыми активными экзодинамическими процессами в верховьях рек. В V-образную балку при жидких осадках со всей площади верхней части бассейна стекают ручьи, образовывая мощный водный поток, а на оползневом участке подхватывается твердый материал и в лоткообразном русле, при высоком уклоне развивается селевой поток.

Ниже оползня на высоте 2320м над у. м. орографический по левому борту имеется селевой врез. Русло не имеет постоянного стока, вероятнее всего, сток образуется в зависимости от жидких осадков. Селеформирование по притоку суходола Сагаевский прямо пропорционально объему выпавших ливневых осадков.

Исследования показали, что сухая балка Согаевская в транзитной зоне заполнена сухой твердой фракцией – продукт гидрофизического процесса. Вероятность формирования селевого потока при ливневых осадках по руслу Сагаевская высокая.

В 2021 году по руслу суходола Сагаевский 5 и 27 июля дважды сошли селевые потоки, грунтовые массы которых завалили полотно федеральной автодороги Прохладный-Баксан-Эльбрус, полностью перекрыв движение по ней. Причем, селевой поток, сошедший 27 июля, по объему выноса был мощнее предыдущего (рис. 3).

Рис. 3. Селевые выносы на федеральной автодороге Баксан-Азау

По данным метеостанции (м.с.) «Чегет» в Эльбрусском районе в день схода 5 июля прошел сильный ливень, и выпало X_1=32мм осадков. А за предыдущие 14 дней в сумме выпало X_n=10,4мм осадков, в сумме за 15 дней 42,4мм. А в день схода второго селя 27 июля выпало X_1=52,9мм, и за предыдущий период в 14дней - X_n=27,1мм осадков, в сумме за 15 дней 80мм [7].

Интенсивность дождевых осадков при сходе 1 селевого потока 5 июля определяем по формуле:

$$i = \frac{X_1}{t} = \frac{32,0}{86,4 \cdot 10^3} = 0,37 \cdot 10^{-3} мм/сек \quad (1),$$

где X_1 – количество осадков в день схода селя, мм;

t – время за которое выпали осадки, с.

Метеорологическая сила дождя Δ *мм/сут*^{0,5}, которая служит дополнительным критерием оценки условий возникновения селевой опасности при наличии данных о дождевых осадках ($X_п$) за 15 дневный период (n=15) определяется по формуле, предложенной ФГБУ «ВГИ» [2]:

$$\Delta = 0,026\frac{X_n}{\sqrt{n}} = 0,026\frac{32,0+10,4}{\sqrt{15}} = 0,28 мм/сут^{0,5} \quad (2)$$

Интенсивность дождевых осадков при сходе 2 селевого потока 27 июля определяем по формуле:

$$i = \frac{X_1}{t} = \frac{52,9}{86,4 \cdot 10^3} = 0,61 \cdot 10^{-3} мм/сек$$

Метеорологическая сила дождя Δ *мм/сут*^{0,5} за 15 дневный период (n=15) будет равна:

$$\Delta = 0,026\frac{X_n}{\sqrt{n}} = 0,026\frac{52,9+27,1}{\sqrt{15}} = 0,54 мм/сут^{0,5}$$

Согласно разработанной ОЭИ ФГБУ «ВГИ» методики прогноза вероятного схода селя и усовершенствованного метода прогноза активизации селевых потоков дождевого генезиса (на примере Кабардино-Балкарской республики (КБР)) [2] по критерии значений осадков при сходе 1 селевого за 15 дней, включая день схода, X_{15}=42,4>27 мм и метеорологическая сила дождя $\Delta = 0,28 \geq 0,18$ мм/сут^{0,5}, относится к зоне средней селевой опасности. По критерии значений осадков в день схода 2 селевого потока за 15 дней, включая день схода, X_{15}=80,0>60 мм и метеорологическая сила дождя $\Delta = 0,54 \geq 0,40$ мм/сут^{0,5}, относится к зоне повышенной селевой опасности. Таким образом, заблаговременность предупреждения краткосрочного прогноза оправдывается [1, 2, 7].

Для вычисления максимальных параметров ливневого стока с горных склонов с оврагами и логами при площади водосбора F<60-80 км^2 нами предлагаются преобразованная формула Ишковского по зависимости в виде [4,5].

$$q_{max} = \frac{a \cdot h_{max} \cdot 10^6}{10^3 \cdot t} = \frac{0,61 \cdot h_{max} 10^6}{86,4 \cdot 10^3 \cdot 10^3} = 7 \cdot 10^{-3} h_{max} м^3/с \cdot км^2, \quad (3)$$

где: q_{max} - максимальный модуль стока, *м*^{3}*/с км*^{2};

a – коэффициент стока, равный 0,61 [4];

10^6 – переводной коэффициент от км^2 в м.;

10^3 - переводной коэффициент от м в мм;

t – время прохождения дождевого осадка за сутки, с;

h_{max} – слой осадков, выпавший за сутки, мм.

Максимальный расход дождевого стока определяем по формуле:

$$Q_{max} = q_{max} \cdot F = 7 \cdot 10^{-3} h_{max} \cdot F, \quad (4)$$

в которой F – площадь водосбора км^2.

Максимальное значение модуля и расход дождевого стока для селевого потока, сошедшего 27.07.2021 г.

$$q_{max} = 7 \cdot 10^{-3} \cdot 52,9 = 0,37 м^3/с \cdot км^2,$$

$$Q_{\max} = 0{,}37 \cdot 3{,}2 = 1{,}2 м^3/с$$

При выпадении же максимального количества суточных осадков 1% обеспеченности, значение которого для данного района 125 мм [6], то модуль и расход дождевого стока будут:

$$q_{\max} = 7 \cdot 10^{-3} \cdot 125 = 0{,}88 м^3/с \cdot км^2$$

$$Q_{\max} = 0{,}88 \cdot 3{,}2 = 2{,}8 м^3/с$$

Таким образом, при выпадении осадков 1% обеспеченности, расход дождевого стока увеличится более чем в 2 раза по сравнению с расходом, выпавшим 27 июля. Соответственно, расход селевого потока тоже будет гораздо мощнее и может причинить больше ущерба.

Выводы и рекомендации

Вследствии гидрологических процессов в течении ряда лет в русле и у подножия склона накопилось значительное количество рыхлообломочного скального материала. Спусковым механизмом схода селей явились стоки дождевых осадков.

Для безопасной эксплуатации объектов и защиты приусадебных участков в юго-восточной части пос. Эльбрус предлагается комплекс мероприятий:

1. Для защиты федеральной автодороги считаем целесообразным провести строительство дороги по периферии современного селевого конуса выноса, по мосту эстакадной конструкции с рядом высоких опор.

Возведение селенаправляющей стенки по левому борту от устья русла Сагаевский с поворотом на 12^0 от моста эстакадной конструкции до слияния с р. Баксан, которая, в сочетании с рельефом конуса выноса может дать большой эффект. Данное сооружение послужит защитой и от лавин в зимний период.

Литература

1. Усовершенствованный метод прогноза Активизации селевых потоков дождевого генезиса / *Амшоков Б.А., Гегиев К.А., Шерхов А.Х., Гергокова З.Ж.* // Известия Кабардино-Балкарского государственного университета им. В.М.Кокова. 2020. №4 (30). С. 36-41.
2. Методические рекомендации по обеспечению противоселевой безопасности объектов экономии / *Анахаев К.Н., Гегиев К.А., Анаев М.Т., Анахаев Х.А.* Нальчик. 2016. 52 с.
3. Кадастр селевой опасности юга европейской части России / Под ред. *Н.В. Кондратьевой*. М.: ООО «Феория», 2015. 144 с.
4. *Огиевский А.В.* Гидрология суши // Общая инженерия. М-Л. 1936. С. 370-387.
5. Сборник научных трудов Северо-Кавказского института по проектированию водохозяйственного и мелиоративного строительства. Пятигорск. 2003. Вып. 16. 155 с.
6. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров // Справочник по климату СССР. Выпуск 13. Часть 4. Л.: Гидрометеоиздат, 1968. 357 с.
7. ЦГМС по КБР данные об осадках за август – сентябрь по ГП Заюкова и м/с Баксан.
8. *Флейшман С.М.* Сели. Л. 1978. 312 с.

УДК 504.03 DOI:10.34708/GSTOU.2021.40.94.049

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

© Геккиева С.О.

Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик

В настоящее время актуальной проблемой является разработка комплексных мероприятий по преобразованию хвостохранилища ликвидированного ОАО «Тырныаузский горно-обогатительный комбинат» с целью минимизировать воздействие на окружающую среду; и увеличить его экономическую ценность, используя как вторичное сырье для дальнейшего производства. Укрепляя опыт в горнодобывающей промышленности путем внедрения социальных, экологических, местных экономических и технических условий необходимо охватить весь жизненный цикл хвостохранилища – от выбора площадки, проектирования и строительства, управления и мониторинга до стадии закрытия и периода после закрытия.

Ключевые слова: *хвостохранилище, экономика, экология, переработка вторичного сырья.*

По оценкам специалистов мировое потребление минерального сырья составляет около 12 млрд. т в год, а извлечение горных пород из недр составляет около 100 млрд. т в год. В целом по России добыча металлических руд составляет около 230 млн. т, что приводит к непрерывному увеличению объема техногенных отходов. В настоящее время только в России находится в отвалах и хвостохранилищах около 500 млрд. $м^3$ отходов переработки полезных ископаемых [1].

Одним из существенных источников загрязнения являются пылящие поверхности хвостохранилищ. Прибрежные пляжи хвостов из мелкодисперсных фракций являются мощным источником пыли, которая в летнее сухое время года легко поднимается в атмосферу воздушными потоками и затем переносится на значительные расстояния, оседая в городах, на полях и сельскохозяйственных угодьях. Экологический ущерб, наносимый пылевыми потоками на окружающую среду трудно переоценить. Очевидно, сформулированная научно-техническая проблема требует поиска кардинальных решений. Совершенствованию технологий формирования хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов и защиты окружающей среды посвящено множество научных исследований. Следует выделить достижения российских ученых Аксенова С.Г., Бересневича П.В., Гальперина А.М., Пашкевич М.А. и др., которые внесли большой вклад в теорию и практику экологически чистого функционирования хвостохранилищ [1].

В настоящей статье рассмотрены некоторые эколого-экономические аспекты недропользования на примере хвостохранилища ликвидированного ОАО «Тырныаузский горно-обогатительный комбинат».

Напомним, что хвостохранилищем называют комплекс сооружений для хранения отходов (хвостов), остающихся при добыче или обогащении полезных ископаемых. Хвосты обычно представляют собой измельченную горную массу, по гранулометрическому составу близкую к мелкозернистым или пылеватым пескам, зачастую очень токсичную или радиоактивную. Хвостохранилище, ликвидированного ОАО «Тырныаузский горно-обогатительный комбинат», расположено на берегах рек Гижгит и Баксан в Эльбрусском районе КБР на высоте 1210-1234 м над уровнем моря. Этот район считается сейсмоопасным, а объекты находятся в аварийном состоянии. По оценкам экспертов, при разрушении или нарушении работы хвостохранилища в зоне экологической катастрофы окажется территория площадью около 35 тыс. кв. км с населением более 2,5 млн человек [2]. Тырныаузский горно-обогатительный комбинат работал с 1940 по 2000 годы, и специализировался на обогащении вольфрамо -

молибденовых руд. Тырныаузское месторождение вольфрамо-молибденовых руд было открыто в 1934 году. Оно содержит почти 37% разведанных запасов на территории РФ. Развал Тырныаузского горно-обогатительного комбината - градообразующего для Тырныауза и всего региона – вызвал не только повальную безработицу, но и отток русскоязычного населения и молодежи из республики. В годы работы комбината в хвостохранилище по десятикилометровому трубопроводу поступали отходы обогащения вольфрамового, молибденового и медно-висмутового концентратов. Около 30 наименований химических соединений металлов (Mo, Cu, Pb, Zn, Mn, Ag, Bi), каждый из которых в сильных концентрациях смертельно опасен для здоровья человека и животных. По различным оценкам, с 1966 по 2001 год тут было захоронено от 25 до 118 млн. $м^3$ отходов. В настоящее время трубопровод демонтирован, но отходы остаются в озере. Уровень воды в нем поддерживается при помощи сбросного колодца для водопонижения и водоотведения, связанного с водоотводным каналом, соединяющим озеро с р. Баксан. Считается, что отходы на дне озера слиплись практически до состояния цемента.

Огромное количество отходов, содержащие не только полезные (недоизвлеченные) компоненты, но и немало токсичных веществ, которые в случае прорыва дамбы хвостохранилища Тырныаузского горно-обогатительного комбината, расположенного рядом с рекой Баксан (притоком Малки, впадающей в р. Терек), могут нанести как экологический, так и материальный ущерб в значительных масштабах. В некоторых научных исследованиях приводятся данные, что за десятки лет сброса отходов токсичная пульпа осела не только на пляже, но и на соседних склонах, используемых в качестве пастбищ. В двухтысячных годах намечалось значительное увеличение концентрации молибдена в молоке, шерсти и экскрементах животных [3,6]. В работе [6] представлено исследование эффектов долговременного воздействия промышленных отходов хвостохранилища на горные экосистемы. Установлено, что верхние слои хемозема на хвостохранилище содержат повышенные концентрации Mo, Cu, Pb, Zn, но уже в почвах импактной зоны содержание всех этих элементов в 4-6 раз ниже и приблизительно такое же, как в фоновом районе. Почвы в районе хвостохранилища щелочные, а хемоземы сильно щелочные, щелочную реакцию имеют и воды на территории хвостохранилища, что создает условия для водной миграции молибдена и вольфрама. Действительно, в дренажных водах, стекающих в р.Баксан, концентрации Mo достигают 17 мг/л, в водах р.Гижгит – 0,15 мг/л. Повышенные концентрации Mo, Cu и Pb периодически прослеживаются в р.Баксан на 45 км ниже по течению.

В работах [7, 8] представлены результаты исследования изменчивости уровня содержания и сезонной изменчивости тяжелых металлов в воде рек предгорной зоны Центрального Кавказа в основные фазы водного режима за многолетний период (2005-2018 гг). Загрязнение реки Баксан тяжелыми металлами в дождевой паводок составляет Mo – 8,30 мкг/л, Mn – 55,90 мкг/л, Zn – 22,54 мкг/л, Pb – 12,66 мкг/л. Основным загрязнителем является хвостохранилище ликвидированного ОАО «Тырныаузский горно-обогатительный комбинат».

Немалый интерес для развития экономики КБР представляет собой хвостохранилище ликвидированного ОАО «Тырныаузский горно-обогатительный комбинат». В процессе эксплуатации хвостохранилища приоритетное внимание на всех этапах его жизненного цикла является исключение любого возможного вреда людям и окружающей среде. Кроме того, требуется раскрывать соответствующую информацию для обеспечения публичной подотчетности. Мировой опыт показывает, что в начале XX века человечество извлекало из природы 20 элементов периодической системы, а в настоящее время более 92 элементов. Из добываемых элементов создается около 100 тыс. химических соединений, большинство из которых миллиардами тонн уходит в отходы и вредны для окружающей природы, их невозможно уничтожить путем сжигания, закапывания или сброса в океан. Производство 1 т меди порождает 110 т отходов, создание одного золотого обручального кольца требует 3т отходов. Из 100

млрд. т руды, горных веществ, стройматериалов, извлекаемых из Земли, 98-99% идет в отходы. К примеру, процветающие 20% стран использует 85% мировой древесины, 75% отработанных металлов и 70 % энергии. В Японии утилизация промышленных отходов уже в 80-е годы превысила 58,5% [4].

Цель этой статьи - проанализировать текущие знания в разных областях (экология, экономика, переработка вторичного сырья и т.д.) и интегрировать их в новый подход к эксплуатации или «переосмыслению» отходов горнодобывающей промышленности. Понимание потенциальной ценности хвостохранилищ возникло относительно недавно. Это связано с тем, что содержание в них ценных компонентов порой сопоставимо по качеству и конкурирует с новыми месторождениями, особенно в случаях, когда качество исходного сырья в них снижается. Хвосты обогащенной руды часто рассматриваются как отходы даже после завершения первоначальной добычи. Тем не менее, содержание полезного компонента в хвостах обогащения руд способно обеспечить вторичные запасы мирового уровня (техногенные месторождения) как для исходного добываемого металла, так и для металлов и/или минералов, которые ранее не принимались во внимание или отбраковывались. В результате повторной переработки хвостов предполагаемые отходы могут превратиться в ценный ресурс. Рассматривая хвосты как «потенциальную руду», а не как отходы, можно извлекать ценные компоненты, не открывая новые месторождения, и в сравнении с освоением новых месторождений существенно экономить при этом средства на дроблении и измельчении. Кроме того, переработка хвостов может (по крайней мере, частично) покрыть затраты на ликвидацию и/или перемещение хвостохранилищ по экологическим причинам и причинам безопасности. Главной задачей здесь является экономическое и эффективное извлечение потенциальных запасов таких полезных компонентов.

Такой подход должен включать пять ключевых областей: социальные аспекты, геоэкологические аспекты, геометрические характеристики, экономические возможности и правовые последствия для улучшения экологической ситуации в регионе, а также стремление к экономике замкнутого цикла (круговой экономики), который согласуются с 10 принципами Международного совета по горной и металлургической промышленности [5]. Применение принципа круговой экономики к отходам горнодобывающей промышленности дает большую возможность повысить ценность отходов, образующихся в результате операций по добыче и переработке. Круговая экономика является экономической системой, направленной на ликвидацию отходов и постоянное использование ресурсов. Циркулярные системы используют повторное и совместное использование, ремонт, реконструкцию и переработку для создания замкнутой системы, сводящей к минимуму использование ресурсов и образование отходов. Целью экономики замкнутого цикла является продление срока использования продуктов, оборудования и инфраструктуры, тем самым повышая производительность этих ресурсов. Все «отходы» должны стать «пищей» для другого процесса: либо побочным продуктом, либо регенерированным ресурсом для другого промышленного процесса, либо в качестве восстанавливаемого ресурса для природы (например, компоста). Этот восстановительный подход отличается от традиционной линейной экономики, в которой используется модель производства «взять, создать, продать». Круговые бизнес-модели могут быть такими же прибыльными, как и линейные, что позволяет потребителям продолжать пользоваться аналогичными продуктами и услугами.

Воздействие токсичности металлов на здоровье человека и окружающую среду будут иметь решающее значение для определения безопасности продуктов, изготовленных из отходов горнодобывающей промышленности (например, строительных материалов). Новый подход, основанный на стремлении к экономике замкнутого цикла и устойчивого развития, при соблюдении принципов максимальной ценности ресурсов, поможет повысить экономическую ценность хвостохранилища. В частности, экономические выгоды от переработки отходов – это высококачественная

продукция, создание рабочих мест и инфраструктуры, улучшение экологической обстановки в регионе и т.д.

Заключение

1. Обрушение дамбы хвостохранилища при выходе из строя систем управления хвостохранилищами может привести к дорогостоящим катастрофическим последствиям для КБР.

2. На основе изучения научных исследований хвостохранилища выявлено, воздействие складирования в горной экосистеме с малым запасом прочности техногенных химических веществ, причем в формах существенно отличающихся от природных. Сроки посттехногенного воздействия уже значительны, и выявлена уникальная ассоциация загрязнителей, отличающихся исключительной биологической активностью, включая генотоксичность [6].

2. Для республики одним из главных факторов ее экономического развития в первую очередь является интенсификация производства, т.е. процесс развития общественного производства, основанный на всё более полном и рациональном использовании технических, материальных и трудовых ресурсов на базе научно-технического прогресса. Улучшение и максимальное повторное использование отходов хвостохранилища с помощью циклических систем и инновационных технологий; сотрудничество с производственным сектором для разработки конкурентоспособной высококачественной продукции; хорошая маркировка материалов и сплавов для облегчения идентификации по окончании срока службы.

3. Осуществление мероприятий, касающихся использования отходов хвостохранилища с внедрением экологичных технологий и обезвреживающего оборудования на производственных предприятиях недропользования требует значительные материально-финансовые средства и время. Необходимо отметить, что наибольший эффект в обеспечении экологизации района при одновременном его экономическом развитии будет достигнут только в осуществлении комплексных мероприятий. Из-за нестабильной работы многих предприятий КБР, финансовых трудностей (республика является дотационной с начала 1990-х годов, в 2005 г. дотации составляли 72%) значительная часть экономически активного населения вынуждена выезжать в поисках работы за пределы республики. Существующая экономическая обстановка в республике – это результат не только общекризисных явлений в экономике страны в 1990-е годы и падение технологической дисциплины, но и следствие накопленных структурных деформаций хозяйства, также неумелого недропользования и слабого развития малого бизнеса в КБР. Особенности социально-экономических процессов, происходящих в КБР, существенным образом влияют на динамику численности населения, показатели естественного движения и миграционной подвижности населения. Вне связи с этими процессами не могут быть объективно оценены экономический потенциал республики и пути ее дальнейшего развития.

Литература

1. *Немировский А.В.* Разработка метода формирования намывного хвостохранилища, устойчивого к ветровым потокам. М. 2016. С. 2.
2. https://glava.kbr.ru/kbr-events/news/meeting/13113-i-r.html (дата обращения 15.09.2020).
3. https://zen.yandex.ru/media/artemspec/ozero-smerti-v-gorah-kavkaza (дата обращения 15.09.2020).
4. *Гостев Р., Гостева С.* Глобализация и устойчивое развитие. М. 2006. С. 495-496.
5. Re-Thinking Mining Waste through an Integrative Approach Led by Circular Economy Aspirations by Maedeh Tayebi-Khorami [OrcID], Mansour Edraki, Glen Corder and Artem Golev Centre for Mined Land Rehabilitation, Sustainable Minerals Institute, The University of Queensland, St Lucia QLD 4072, Australia. Minerals 2019. 9(5). 286 p. https://doi.org/10.3390/min9050286.
6. *Черняк М.М.* Исследование химическими и биологическими методами эффектов долговременного воздействия промышленных отходов на горные экосистемы на примере хвостохранилища Тырныаузского вольфрамо-молибденового комбината (ТВМК). 2004.
7. *Геккиева С.О., Атабиева Ф.А.* Уровни содержания и сезонная изменчивость соединений

тяжелых металлов в реках предгорной зоны Центрального Кавказа // Международный научно-исследовательский журнал. International Research Journal Issn 2303-9868 printissn 2227-6017 online. 2020. No. 12(102). Ч.2. С. 84-91.

8. *.Атабиева Ф.А, Геккиева С.О.* Seasonal variability of the content of heavy metal compounds in the water of rivers in the foothills of the Central Caucasus. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/913/5/052055

УДК: 55.551.5:556 DOI:10.34708/GSTOU.2021.40.16.050

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ВОЗМОЖНОГО ПОРАЖЕНИЯ СЕЛЕВЫМИ ВЫНОСАМИ ТЕРРИТОРИИ ГОРНОГО СЕЛЕНИЯ БУЛУНГУ (БАССЕЙН РЕКИ ЧЕГЕМ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАВКАЗ)

© Гергокова З.Ж.

Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик

В данной работе представлены результаты исследования, целью которого являлось установление зон возможного поражения селевыми выносами территории горного населенного пункта Булунгу, Чегемского района Кабардино-Балкарии. Зоны возможного поражения определялись на основе анализа предыдущих селепроявлений путем сопоставления расчетных критических объемов селевых выносов с морфометрическими параметрами рельефа территории, прилегающей к транзитным участкам русел селевых водотоков, мостовых переходов, водо- и селепропускных сооружений. Результаты проведенного исследования показывают, что состояние и современное положение транзитных русловых трактов на территории сел может оказаться неадекватным реальной селевой энергетике. Селевые риски и опасности в данном районе не только останутся актуальными в обозримом будущем, но и, по всей вероятности, возрастут, их следует учитывать и от них необходимо защищаться.

Ключевые слова: *селевой поток, конус выноса, безопасность жизнедеятельности, высокогорная зона.*

Введение

Потепление климата в последнее время несёт значительные перемены в плане зарождения, развития и масштаба опасных склоновых и русловых процессов в высокогорной части северного склона Центрального Кавказа. С повышением границы нивальной зоны увеличиваются площади образования рыхлообломочного материала, возрастает количество осыпей, обвалов и оползней, способствующих появлению новых очагов селеобразования [1]. Обстановка усугубляется повышением частоты и интенсивности ливневых осадков в высокогорной зоне, а также опорожнением внутриледниковых полостей и озерных новообразований моренно – ледниковых комплексов.

Возникает необходимость внесения корректив в современное понимание вопросов обеспечения безопасности жизнедеятельности в горной и высокогорной зонах ввиду прогрессирующего увеличения факторов селевого риска. Определение участков селитебных территорий, находящихся под угрозой возможного негативного воздействия опасных склоновых и русловых процессов является важным аспектом решения данной задачи.

Материалы приведенные в настоящей статье, получены в ходе маршрутных обследований, проведенных сотрудниками ФГБУ «ВГИ» в июле 2020 г. по заказу Местной Администрация Чегемского муниципального района Кабардино-Балкарской Республики, с целью установления участков, подверженных природным опасностям, в том числе оползневым и селевым процессам, на территории сельского поселения Верхне-Чегемское.

Определение зон возможного поражения проводилось на основе анализа предыдущих селепроявлений (архивные фото и видеоматериалы, литературные источники, космоснимки) путем соотнесения расчетных критических объемов селевых выносов с высотными отметками рельефа транзитных участков на территории сельских поселений и с учетом морфометрических параметров русел водотоков, водо- и селепропускных сооружений и мостовых переходов.

Территорию н. п. Булунгу, входящего в состав сельского поселения Верхне – Чегемское, выходя с прилегающих склонов правого борта Чегемского ущелья,

пересекают русла селеносных рек Булунгусу и Сылыксу. Гидроморфологические характеристики указанных рек [2, 3] приведены в таблице 1.

Таблица 1

Гидроморфологические характеристики селеносных водотоков проходящих по территории н. п. Булунгу, сельского поселения Верхне – Чегемское

Река	Генезис селя	Тип селя	Площадь водосбора, км^2	Длина реки, км	Абсолютная высота истока, м	Средний уклон, ‰	Макс. объем разового выноса, м^3	Повторяемость, лет	Даты наиболее разрушительных селепроявлений, гг
Булунгу су	ледниково-дождевой и дождевой	грязе-каменный и водо-каменный	42,2	10,4	3358	150	300000	7-13	1927; 1940; 1940; 1953; 1966; 1977; 1983; 2007.
Сылык су	дождевой	грязе-каменный	12,3	5,5	3040	270	50000	10	1927; 1940; 1953; 1977; 1995, 2010.

Р. Булунгусу, правый приток р. Чегем, берет начало от слияния двух рек ледникового происхождения р. Кору и р. Ракыт и протекает в верхней части с. Булунгу.

Анализ результатов проведенного обследования, с учетом морфометрических параметров местности и данных предыдущих селепроявлений, показывает, что селевые потоки, периодически сходящие по руслу р. Булунгусу, зачастую не вмещаются в природное русло реки и, выплескиваясь, заваливают часть территории селения, нанося значительный ущерб частным домовладениям. Площадь территории, заваливаемая селевыми выносами – 0,063 км$^{2.}$ Согласно расчетам, проведенным в соответствии с «Инструкцией по определению расчетных характеристик дождевых селей ВСН 03-76» [4], максимальный расход селя вероятностью превышения 1% обеспеченности для русла р. Булунгусу может достигать 499 м^3/с. При таком развитии событий объем единовременного выноса может достигать 600000 м^3, а площадь пораженной территории селения будет значительно увеличена, примерно до 0,12 км^2, соответственно ущерб, наносимый домовладениям сельчан, будет существенно выше, представляя опасность жизнедеятельности людей.

Ситуация усугубляется возможностью перекрытия р. Булунгусу оползневым массивом пород, расположенным на юго – западной окраине села, в вершине конуса выноса при выходе из ущелья и находящегося в нестабильном состоянии [5].

Сложность в оценке зон поражения по руслам рек, проходящим по территории сельских поселений, заключается в том, что образование затора по пути транзита селевого потока или перекрытие им подмостового сечения, может сместить селевой поток в сторону. То есть, любая глыба поперечником до 3-4 м, которая остановится в

русле, может перенаправить селевой поток так, что селевые массы будут выходить непосредственно на подворья жителей села. Таким образом, существует вероятность поражения селем практически любого участка конуса выноса.

На рисунках ниже, красным цветом обозначены участки территории села, подвергавшиеся негативному воздействию селепроявлений в прошедшие годы и признанные опасными для жизнедеятельности. Желтым контуром обозначены зоны потенциальной опасности, определяемые с учетом приведенных критических расчетных параметров селевых потоков для каждого русла - т.е. зоны возможного поражения. Последние, в свою очередь, можно считать лишь приблизительными в силу многофакторности явления и с учетом рисков мгновенного изменения текущей обстановки в момент прохождения селевого потока по данным руслам.

В зонах поражения и возможного поражения селевыми потоками по правую сторону р. Булунгусу на территории села Булунгу (рис. 1) находится несколько десятков частных домовладений, приусадебных участков, жилых и нежилых построек расположенных по улицам Мизиева, Кулиева, Гемуева и переулку Кюнлюм.

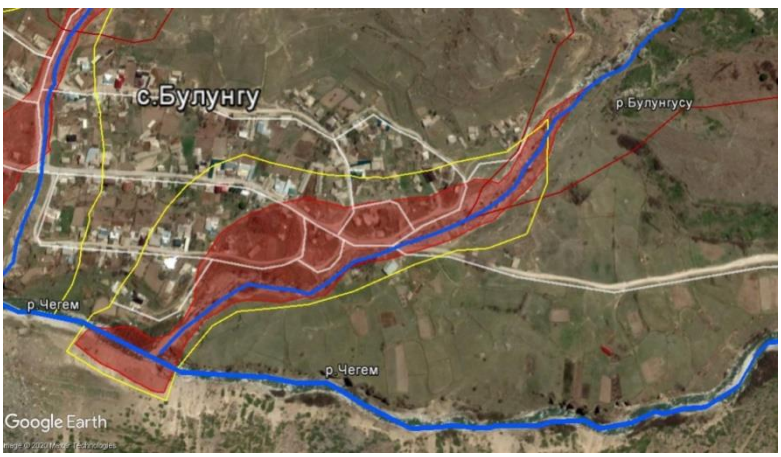


Рис. 1. Схема расположения зон поражения н. п. Булунгу селями р. Булунгусу: красным цветом выделена актуальная зона поражения, желтым – зона возможного поражения. Космоснимок Google Earth

Р. Сылыксу является правым притоком р. Чегем и протекает в срединной части н. п. Булунгу. Анализ результатов проведенного обследования, с учетом морфометрических параметров местности и данных предыдущих селепроявлений, показывает, что селевые потоки, регулярно сходящие по руслу р. Сылыксу, периодически заваливают часть территории селения, нанося значительный ущерб частными домовладениям. Площадь территории, заваливаемая селевыми выносами – 0,015 км^2. Согласно расчетам, проведенным по «Инструкции по определению расчетных характеристик дождевых селей ВСН 03-76» [4] максимальный расход селя вероятностью превышения 1% обеспеченности для русла р. Сылыксу может достигать 263 м^3/с. При таком развитии событий объем единовременного выноса может достигать 300000 м^3, а площадь пораженной территории селения будет значительно увеличена, примерно до 0,152 км^2, соответственно и ущерб, наносимый домовладениям сельчан будет существенно выше, представляя опасность жизнедеятельности людей.

В настоящее время на участке селения, который пересекает р. Сылыксу возведено селезащитное сооружение типа селепропускного лотка (рис. 2). Однако длина лотка и поперечное сечение могут оказаться недостаточными для пропуска всей селевой массы р. Сылыксу. Так, площадь поперечного сечения лотка составляет порядка 17 м^2, а площадь сечения расчетных максимальных расходов селевого потока, приведенных

выше, порядка 37 м^2, т.е. превысит реальную более, чем в два раза. При этом, еще до лотка селевой поток может выйти или в левую, или в правую сторону и оказать разрушительное воздействие на строения и участки н. п. Булунгу.

Рис. 2. Селепропускной лоток в русле р. Сылыксу

Трубный переход под автодорогой, пересекающей реку выше селевого лотка (рис 3), явно неспособен пропустить устьевые расходы селевых потоков. Вследствие его затора, с учетом малого перепада высот уровня домов и русла реки, селевые массы неизбежно выплеснутся на территорию прилегающих домовладений.

Рис. 3. Трубный переход в русле р. Сылыксу, расположенный выше селепропускного лотка, на территории с. Булунгу

В зонах поражения и возможного поражения селевыми потоками по правую и левую стороны р. Сылыксу на территории села Булунгу так же находится несколько десятков частных домовладений, приусадебных участков, жилых и нежилых построек, расположенных по улицам Мизиева, Кулиева, Гемуева и переулкам Ачы, Думала и Эльтюбинский (рис. 4).

Рис. 4. Схема расположения зон поражения с. Булунгу селями р. Сылыксу: красным цветом выделена актуальная зона поражения, желтым – зона возможного поражения. Космоснимок Google Earth

Помимо селеносных рр. Булунгусу и Сылыксу на северо-восточной окраине села через трубу под автодорогой в р. Чегем впадает р. Камсу. Она так же несет в паводок грязекаменный материал, который периодически забивает водопропускное отверстие. Жилых построек в настоящее время вблизи нет, но инфраструктурные сети и полотно автодороги могут подвергаться разрушению (рис.5).

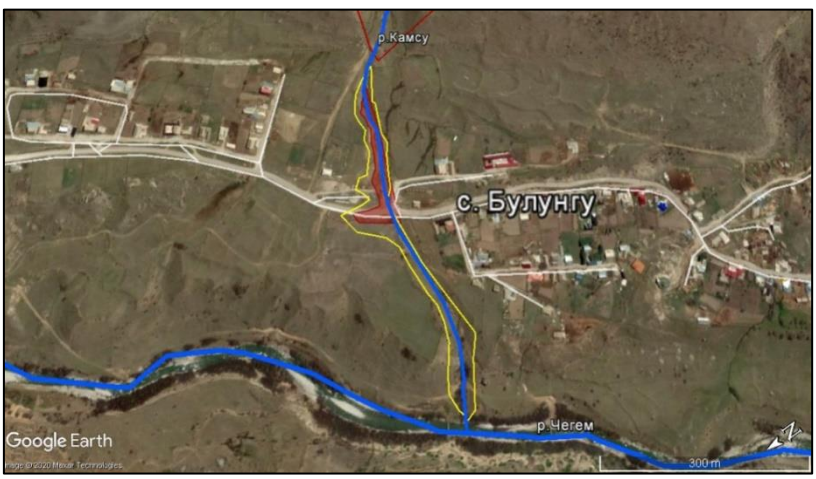


Рис. 5. Схема расположения зон поражения с. Булунгу селями р. Камсу: красным цветом выделена актуальная зона поражения, желтым – зона возможного поражения. Космоснимок Google Earth.

Заключение

Результаты проведенных обследований, с учетом морфометрических данных местности, анализа следов предыдущих селепроявлений, а также расчетов критических значений основных параметров селевых потоков по рассматриваемым руслам, подтверждают наличие зон, подверженных негативному воздействию селевых процессов на территории указанных населенных пунктов.

В связи с изменяющейся, в результате потепления климата, гляциальной обстановкой в верховьях рек Булунгусу и Сылыксу, протекающих по территории села Булунгу, сельского поселения Верхне-Чегемское, селевые риски в данном районе не только останутся актуальными в обозримом будущем, но и, по всей вероятности, возрастут. Согласно обследованиям, проводившимся ранее Э. В. Запорожченко и др., основные составляющие р. Булунгусу – рр. Ракыт и Кору в связи с изменяющейся в результате потепления климата гляциальной обстановкой в верховьях становятся крайне селеопасными. При том, что характер процессов ведущих к возникновению условий для развития водного потока по селевому сценарию по этим руслам различен, угроза срабатывания очагов в их верховьях остается высокой [6].

Результаты проведенного исследования показывают, что состояние и современное положение транзитных русловых трактов на территории села Булунгу может оказаться неадекватным реальной селевой энергетике. Это следует учитывать при определении зон, находящихся под угрозой возможного поражения.

Литература

1. *Докукин М.Д. и др.* О селях 2011 года на Северном склоне Центрального Кавказа // Геориск. 2012. № 7. С. 30 – 40.
2. *Кондратьева Н.В. и др.* Кадастр селевой опасности Юга Европейской части России. М. Н.: «Феория». 2015. 148 с.
3. Кадастр лавинно-селевой опасности Кабардино-Балкарской Республики / Под общ. ред. *Залиханова М.Ч., Разумов В.В., Кюль Е.В. и др.* С-Пб.: Гидрометеоиздат, 2001. 54 с.
4. Инструкции по определению расчетных характеристик дождевых селей ВСН 03-76 // Гидрометеоиздат. Ленинград. 1972. 28 с.
5. Результаты наземного обследования рр. Ц. Ракыт и Кору 16 – 20.08.2010 г. Докладная по результатам обследования ОАО «Севкавгипроводхоз» от 23.08.2010 г., исх. № 01/2386 от 28.09. 2010 г.
6. *Запорожченко Э.В. и др.* Селевые процессы на современном этапе деградации горного оледенения // Вестник ВНЦ. 2009. Том 9. №1. С. 44-49.

УДК 502:911.2 DOI:10.34708/GSTOU.2021.86.59.053

ДИНАМИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ И ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРОВА ГОРНЫХ РЕГИОНОВ МИРА

© Гуня А.Н.

Институт географии РАН, г. Москва

В статье анализируется динамика землепользования и изменение земельного покрова (LULCC) в горных ландшафтах мира с акцентом на выявление локальных трендов и их глобально значимых результатов. На основе анализа большого объема опубликованной в последнее время литературы по данной теме, выделены пять трендов в использовании земель и девять в изменении земельного покрова. Региональные сочетания этих двух трендов характеризуют разнообразие изменений землепользования и земельного покрова в горах мира.

Ключевые слова: *горные территории, горные ландшафты, динамика землепользования, земельный покров, изменение земельного покрова.*

Введение

Изучение изменений окружающей среды, проявляющихся в ландшафте, началось очень давно. Однако настоящий бум исследований произошел с использованием данных дистанционного зондирования (ДДЗ). Именно специфика использования ДДЗ привела к комбинации land use / land cover change - LULCC (изменение использования земель/изменение земельного покрова). Изменения земельного покрова, который относится к физическим характеристикам (например, лес, незадернованная поверхность и др.), связаны с тем, как люди используют землю. Например, земельные ресурсы, относящиеся к конкретному земельному покрову, могут влиять на характер использования земли, и их использование, в свою очередь, может быть прямым фактором изменения земельного покрова. Таким образом, под землепользованием понимается деятельность человека на конкретном участке земли, а под земельным покровом понимаются свойства поверхности этого участка [2]. Землепользование обычно не видно непосредственно на снимке, в то время как, земельный покров формирует поля яркости на снимках за счет свойств горных пород, растительности, почво-грунтов, вод, ледниковых и снежных масс, а также искусственных сооружений, покрывающих поверхность земли.

Изменения земельного покрова под воздействием антропогенной деятельности и природно-обусловленных факторов вносят важный вклад в глобальные изменения климата и состояние регионально-локальных экосистем [3]. Земельный покров является важным индикатором глобальных изменений, поэтому изучение его динамики стало одним из ключевых направлений в исследованиях изменений экосистем разного масштаба [4]. LULCC является основным фактором глобальных изменений окружающей среды в горах и как выражение связи социальных и физических процессов. Изменение землепользования и земельного покрова является результатом социально-экономических и биофизических явлений, зависящих от пространственного положения, масштаба и существующих условий землепользования. В целом, изменение ландшафтов человеком можно наблюдать через появление или исчезновение землепользования, рост или сокращение землепользования, а также диффузные или кластерные пространственные модели распределения землепользования. Изменение климата влияет на землепользование и земельный покров, изменив характер нарушения, изменив распределение видов и изменив пригодность земли для конкретных видов землепользования [6]. Для оценки LULCC требуется интегративный подход, при котором ландшафтно-экологические исследования должны быть связаны с

исследованиями в области социальных наук, направленными на изучение причин динамики землепользования.

Горы характеризуются особыми свойствами изменчивости окружающей среды. Люди взаимодействуют с ландшафтом на сравнительно мелких пространственных выделах – конкретных ареалах со своими особенностями культурного и исторического опыта землепользования. Поэтому опыт изучения LULCC в конкретном горном районе не всегда может быть перенесен на другие горные регионы и ландшафты. Понимание «горного почерка» LULCC требует междисциплинарных исследований. Формальное следование данным ДЗЗ, на которых основано большинство работ, не отражает всей специфики изменений в горах. Горные районы с их расчлененностью и высокой динамикой ландшафтов резко ограничивают использование многих видов данных дистанционного зондирования. Ограниченные технические возможности снимков (разрешение и охват) в сочетании с сезонными и погодными ограничениями часто побуждают исследователей упрощать классификацию типов земельного покрова. Сравнение данных из разных регионов затруднено, так как выявленные типы земельного покрова по-разному понимаются [1] и слабо связаны с ландшафтами. Тем не менее, ДДЗ были и остаются основным источником информации о LULCC, технологии их применения стремительно улучшаются.

Цель статьи - изучить основные закономерности LULCC в горах, определить возможности сравнительного анализа.

Материалы и методы

Был проведен анализ литературы, опубликованной за последнее десятилетие об изменении использования земель и изменениях в земельном покрове в горах. Основной упор был сделан на три журнала, специализирующихся на горных регионах: Mountain Research and Development (Швейцария), Journal of Mountain Science (Китай), Устойчивое развитие горных территорий (Владикавказ, Россия). После предварительного просмотра более 400 статей для углубленного анализа были отобраны 49 статей, посвященных LULCC в странах Европы, Азии и Африки (статьи по американскому континенту и Австралии не учитывались на данном этапе исследования). При этом мы руководствовались принципами, согласно которым статьи должны быть ориентированы на анализ динамики на основе созданных карт за разные периоды. Большинство карт в статьях содержали упрощенную легенду о типах растительного покрова: лес, урбанизированные территории, пашня, голые участки, лед и снег, луга, кустарники. Как правило, статьи ограничивались анализом динамики периодом в 20-30 лет (наиболее доступные данные дистанционного зондирования). В некоторых статьях использовались архивные данные аэрофотосъемки за более длительный период (около 50 лет).

Результаты и дискуссия

Анализ распределения количества статей в зависимости от региона и охвата показал, что лишь две статьи ориентированы на глобальный уровень. Они посвящены глобальным аспектам забрасывания земель в горных регионах и содержат некоторые региональные примеры. Большинство статей посвящено горным районам восточной Азии, включая Пакистан, Индию, Таиланд. Вместе со статьями по западной Азии (Турция, Иран, Ливан, Азербайджан) и Китаю получается около половины всех публикаций. Это может отражать степень остроты проблем, вызванных изменениями в использовании земель и земельном покрове. На втором месте стоят европейские исследования (всего 13 работ). 7 статей представляют Африку.

На основании анализа статей было выделено пять основных трендов в использовании земель: от условно неизменяющегося использования к сильному изменению. Распределение статей по указанным типам трендов показано на рис. 1. Землепользование не поменялось в труднодоступных горных районах, где сохранилось экстенсивное землепользование или же горные ландшафты не использовались вообще. Таких случаев мало (например, [5]). Во многих горных регионах происходит

забрасывание земель; горные жители перестают использовать пастбища, а горные селения обезлюдиваются вследствие миграции населения на равнины и крупные центры. В ряде регионов забрасывание не тотальное, а сопровождается небольшим ростом освоения в некоторых ареалах и отраслях, например, туризме на фоне снижения сельскохозяйственной деятельности. Увеличение освоения и нагрузки на ландшафты наблюдается в двух типах трендах. Селективное увеличение наблюдается в отдельных отраслях, в основном, в сельском хозяйстве, а также при смене стратегии использования. Рост использования земель преобладает и описывается в 20 случаях. Он сопровождается освоением «вглубь», в основном за счет увеличения урбанизированных ареалов с интенсификацией использования уже освоенных территорий. Исходя из имеющихся случаев, можно сказать, что горные территории характеризуются поляризацией освоения: на одном полюсе идет увеличение освоения вглубь, а на другом – забрасывание земель.

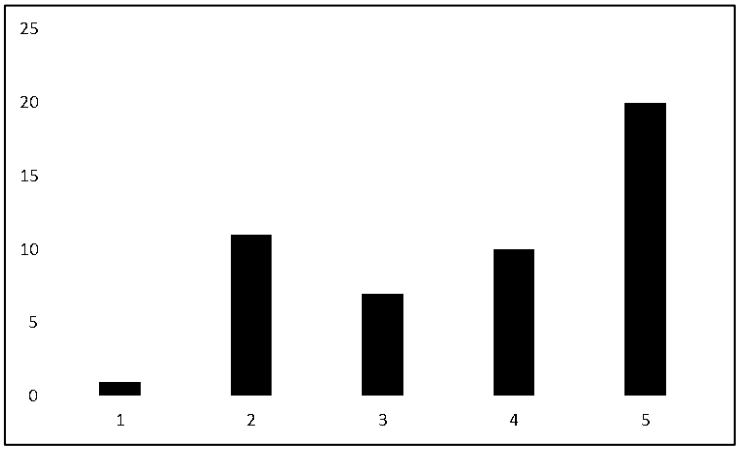


Рис. 1. Распределение количества статей
в зависимости от тренда в использовании земель.
Тренды в использовании земель
1 – не меняется, 2 – забрасывание, 3 – забрасывание при отдельных очагах развития, 4 – усиление использования в отдельных отраслях, 5 –повсеместное увеличение использования

Африка и Восточная Азия переживают тренды увеличения нагрузки на ландшафты, в то время как Европа, Россия – уменьшение. Наибольшую нагрузку испытывают территории, где идет рост населения: Эфиопия, Индия, Таиланд, Малайзия и др. Забрасывание земель наблюдается в большинстве европейских горных стран, особенно, в Восточной Европе и России. Забрасываются в основном сельскохозяйственные земли, в некоторых случаях также и под лесозаготовками и горными разработками (как например, на Урале).

Как и в случае с использованием земель статьи были проанализированы в контексте изменения земельного покрова. На основе анализа материала статей выделен спектр трендов в изменении земельного покрова: от увеличения земельного покрова в результате расширения наиболее антропогенных типов (урбанизация) к изменению в сторону природных ландшафтов. Всего выделяются 9 типов трендов. Наиболее глубокие изменения в земельном покрове (тип 1) связаны с урбанизацией в регионах с интенсивным сельским хозяйством, где урбанизация идет в основном за счет сельскохозяйственных полей, реже – за счет лесных площадей. Урбанизация, которая идет вместе с продвижением интенсивного сельского хозяйств за счет снижения площадей экстенсивных типов (пастбищ) и лесных угодий, характеризует второй 2 тип.

Как в первом случае, так и во втором этого требует рост населения. Процессы урбанизации, которые сопровождаются уменьшением сельскохозяйственных полей и некоторым увеличением лесов, относятся к третьему типу. В основном речь идет о попытках государства компенсировать экологические последствия урбанизации за счет охраны и восстановления лесов. Типичным для многих развивающихся стран является тренд увеличения агрополей за счет леса (4 тип). Уменьшение лесов сопровождается также неравномерным уменьшением его породного состава за счет выборочного сельскохозяйственного использования. Близок к этому типу тренд уменьшения лесных площадей и их фрагментация за счет лесозаготовок, выборочных рубок и гарей (5 тип). Наиболее распространен 6 тип тренда (10 работ), характеризующийся разнонаправленными процессами в отдельно взятом регионе. Так в горах Средиземноморья наблюдается поляризация трендов: на севере наблюдается забрасывание полей, занятых фруктовыми деревьями, на юге - интенсификация и расширение посадок фруктовых деревьев. Часто разнонаправленные тренды возникают с проникновением и распространением новых типов использования, например, туризма. В одной и той же горной долине могут наблюдаться урбанизация и увеличение площадей леса. Такие трансформационные процессы нередко сопровождаются увеличением площадей природных ландшафтов вследствие поляризации освоения внутри отдельных горных регионов и долин (7 тип). Типичным примером является облесение верхних этажей ландшафтов, в то время как нижние этажи испытывают пресс урбанизации, высокогорное население сползает и осваивает нижние части, в которых уменьшаются площади природных экосистем. Процесс увеличения природных ландшафтов за счет увеличения лесов характеризует 8 тип. В основном увеличение леса связано с забрасыванием или снижением активности использования. В некоторых случаях восстановление природного земельного покрова идет вследствие организации особо охраняемой территории. Последний девятый тренд связан с разрушением нивально-гляциального пояса, наступлением лугов, что вызвано климатическими причинами.

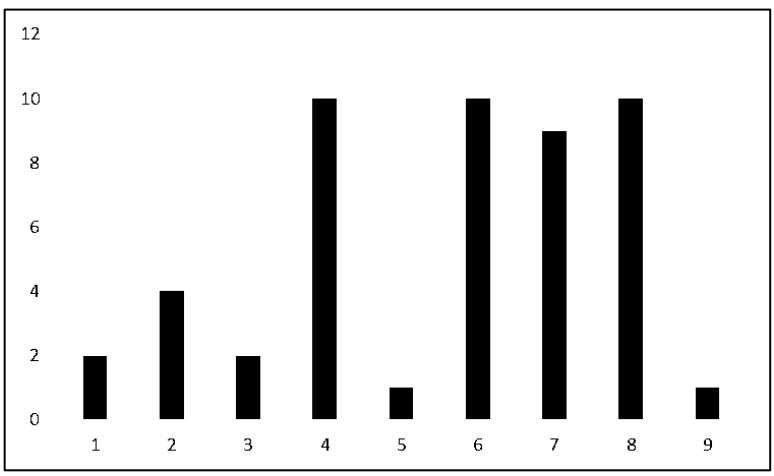


Рис. 2. Распределение количества статей в зависимости от тренда в покрытии земель.
Типы трендов см. в тексте

Больше всего статей посвящено сочетанию разнонаправленных процессов (типы 6, 7, 8), где сложно выделить одно преобладающее изменение земельного покрова. Тренды, близкие к восстановлению природных ландшафтов, больше встречаются в Европе, в отличие от Африки и Азии, где преобладает замещение природных покровов антропогенными.

Заключение

На основе анализа большого объема опубликованной в последнее время литературы по теме LULCC в горах выделены пять трендов в использовании земель и девять в изменении земельного покрова. Сочетание этих двух индикаторов характеризует динамику землепользования и изменение земельного покрова в горах мира. Увеличение антропогенной деятельности приводит к замещению природного земельного покрова на антропогенные его типы (африканские и азиатские горы). Восстановление природного ландшафта идет в основном в европейских горах за счет увеличения лесов в горах. Гораздо меньше примеров из литературы, иллюстрирующих динамику всей ландшафтной структуры в спектре высотных зон, включая соотношения леса, лугов и других природных зон. Внимание к ландшафтной структуре горных районов – главная цель будущих исследований в области LULCC.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № №075-03-2021-074/4).

Литература

1. Трансформация земельного покрова на глобальном уровне в 2001-2012 гг.: картографирование и анализ изменений / *Климанова О.А., Третьяченко Д.А., Алексеева Н.Н., Аршинова М.А., Колбовский Е.Ю.* // География и природные ресурсы. 2018. № 3. С. 5-13.
2. *Lambin E.F., Meyfroidt P.* Land use transitions: Socio-ecological feedback versus socio-economic change. Land Use Policy 27. 2010. Pp. 108–118.
3. Buğday E., Buğday S.E. Modelling and simulating land use/cover change using the artificial neural network from remotely sensing data // CERNE. 2019. 25(2). Pp. 246–254. DOI:10.1590/01047760201925022634.
4. *Sayre R., Dangermond J., Frye C. et al.* A New Map of Global Ecological Land Units — An Ecophysiographic Stratification Approach. Washington, DC: Association of American Geographers. 2014. 46 p.
5. *Kumar P., Husain A., Singh R.B., Kumar M.* Impact of land cover change on land surface temperature: a case study of Spiti Valley. Journal of Mountain Science 2018. 15(8). https://doi.org/10.1007/s11629-018-4902-9
6. Land Cover and Land-Use Change - Fourth National Climate Assessment https://nca2018.globalchange.gov/chapter/5/

УДК 91 (470.6) DOI:10.34708/GSTOU.2021.46.95.054

ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА КАК ОСНОВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ УГЛЕРОДА В ГОРАХ (НА ПРИМЕРЕ МАКАЖОЙСКОЙ КОТЛОВИНЫ)

© [1, 2]Гуня А.Н., [1]Гакаев Р.А.

[1]ЧГУ им. А.А. Кадырова», г. Грозный
[2]Институт географии РАН, г. Москва

В статье приводятся результаты ландшафтного картографирования Макажойской котловины. Горные ландшафты отличаются неоднородностью и фрагментарностью, что затрудняет оценку динамики углерода. Ландшафты разного ранга и типа могут служить своеобразными операционными единицами для оценки динамики углерода.

Ключевые слова: *горные ландшафты, ландшафтная структура, фитомасса, углерод.*

Введение

Изучение углеродного баланса является важным направлением исследования многих наук, что отражает комплексный характер поднимаемых проблем. Одной из важнейших особенностей процесса накопления углерода является пространственно-временная дифференциация условий накопления в зависимости от ландшафтов и их использования. Как правило, исследования особенностей накопления углерода проводятся в равнинных условиях, где измерения опираются на относительно однородную дифференциацию почвенно-растительного и ландшафтного покрова. Значительно меньше исследований привязаны к горным ландшафтам, отличающихся чрезвычайной дифференциацией условий биофункционирования. Между тем, горы являются важными хранилищами углерода, а горные реки транспортируют углерод в Мировой океан [15]. Изменение климата в сочетании с естественными высокими темпами эрозии и химического выветривания, которые характерны для горной окружающей среды, неэффективное управление и усиление склоновых процессов, перевыпас и обезлесиваниесущественно трансформируют углеродный обмен в горных ландшафтах. Измерение углеродного баланса количественно определенолишь в некоторых горных районах. Задача расширения углеродного мониторинга для оценки углеродных запасов и бюджетов в горах, а также процессов, влияющих на динамику углерода весьма актуально [14]. Для Северного Кавказа и, в частности, для его восточной части подобные наблюдения находятся в ранней стадии. Сложная дифференциация и пестрота природных ландшафтов Восточного Кавказа вместе с антропогенной нагрузкой и изменением в землепользовании в последние десятилетия выдвигают на первый план изучение связи между накоплением углерода и конкретным ландшафтом, вовлеченным в то или иное землепользование. Лишь имея представление о этой связи, можно выработать эффективные мероприятия по оптимизации структуры землепользования для повышения устойчивости и долгосрочного накопления углерода.

Целью данной статьи является изучение ландшафтной структуры и землепользования на ключевом участке – в Макажойской межгорной семиаридной котловине – для определения особенностей пространственной динамики углерода в условиях меняющегося климата и антропогенного воздействия. **Материалами** для работы послужили полевые экспедиционные исследования по крупномасштабному картографированию с отбором образцов почв и растений, материалы космической съемки и архивные материалы по землепользованию в котловине за последние 50 лет.

Район исследования и ландшафтная структура

Макажойская межгорная котловина расположена в восточной части Северного Кавказа, занимая пограничное положение между Восточной Высокогорной и Дагестанской физико-географическими провинциями горной области Большого Кавказа Крымско-Кавказской горной страны (рис. 1). Котловина находится в пределах отрогов Скалистого хребта, которые имеют сложное строение, теряя свое генеральное направление и целостность. Основными породами являются верхнемеловые известняки, мело-мергельные отложения, известковистые песчаники, реже – глины, аргиллиты и алевролиты. Перепад высот в районе исследования достигает почти 1500 метров (1300-2806).

Рис. 1. Макажойская котловине
на карте физико-географического районирования Восточного Кавказа [11]

Изучение ландшафтов района исследований освещено в работах А.М. Алиевой [1], И.Н. Волынкина и В.В. Доценко [7], А.А. Головлева [9], В. В. Браткова [6] и др. Отдельные характеристики зональной структуры горных ландшафтов Чечни даны в работах Рыжикова В.В. [13], Галушко А.И. [8]. Подробная карта ландшафтов Аргунского историко-архивного музея-заповедника на уровне групп ландшафтов представлена в сборнике трудов Северокавказской комплексной экспедиции [10].

Ландшафтная структура Макажайской котловины представлена пятью типами и одиннадцатью группами ландшафтов. Горно-луговые субальпийские остепненные ландшафты занимают наиболее высокие этажи на обрамляющих котловину горных склонах. Долговременный выпас сильно изменил облик лугов, которые представлены разнотравно-злаковыми сообществами в той или иной степени дигрессии. Горно-лесные ландшафты представлены тремя группами ландшафтов, которые занимают относительно труднодоступные для отгонного животноводства участки крутых склонов и ущелий. Снижение интенсивности выпаса привело к тому, что и выположенные участки начинают активно зарастать сосной и березой. По мере снижения высоты в лесах начинают все чаще появляться широколиственные породы из дуба и граба (группа 5).

В процессе длительной пастбищной нагрузки на границе горных лугов и горных лесов сформировался особый тип горных лесолуговых ландшафтов со специфической с чередованием лугов и фрагментов мелколесья, частично с азалией. Но основные признаки этого типа ландшафтов запечатлены не только в структуре растительного покрова, но и в почвенном покрове, несущем в себе специфику послелесных и горно-луговых почв, местами карбонатных. Горно-лесолуговостепные ландшафты – продукт

долговременной деятельности и окультуривания почв, изменения рельефа (террасирование склонов). Эти ландшафты представляют собой ареалы, где находятся селитьбы с огородами и сенокосами. В настоящее время вследствие разрушения системы расселения большинство этих ландшафтов активно зарастает кустарниками. Горно-степные ландшафты занимают склоны южной экспозиции. Аридизация растительности связана с недостатком влаги на склонах южной экспозиции, а также антропогенной нагрузкой – выпасом, уплотнением почвенного покрова, развитием эрозии, что в целом снижает водоемкость почв и способствует распространению степных растительных сообществ в форме дерновинных злаков (ковыль и др.), а также слабо поедаемых сорных растений.

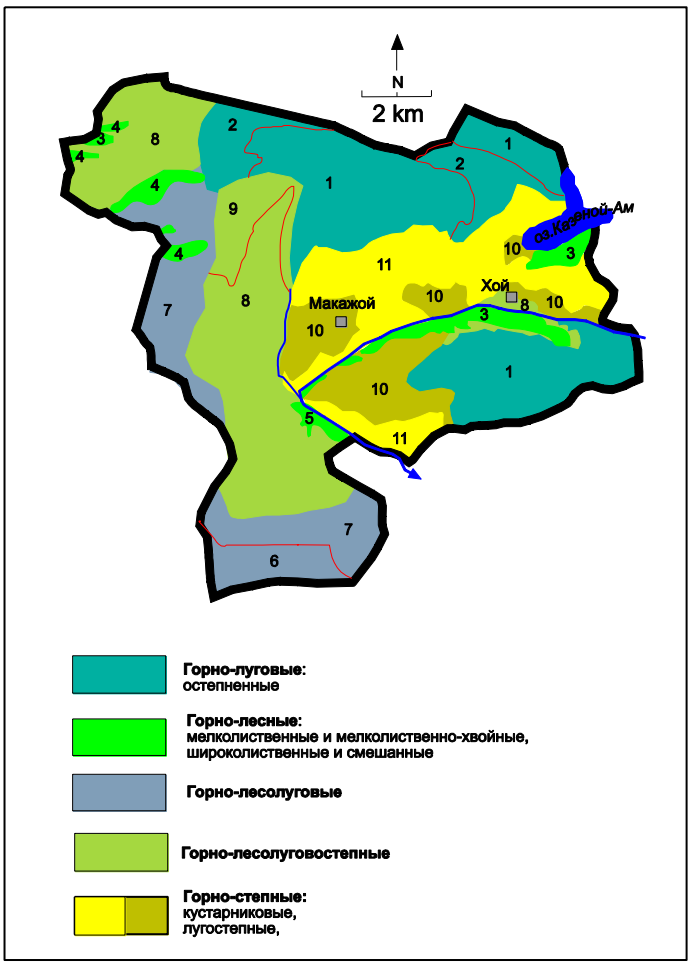


Рис. 1. Ландшафты Макажойской котловины.
Типы и подтипы отображены цветом, а цифрами – группы ландшафтов

Горно-луговые эрозионно-денудационные и денудационные, остепненные субальпийские склонов преимущественно южной экспозиции, реже – выположенных поверхностей, сложенных известковистыми породами, с карстовыми формами рельефа, с разнотравно-злаковыми лугами на горно-луговых черноземовидных почвах, под пастбищами:

1. относительно пологие, реже – крутые, с разнотравно – овсяницево-ковыльными лугами на супесчано-суглинистых щебнистых почвах;

2. преимущественно крутые, с разнотравно-пестроовсяницевыми лугами на маломощных горно-луговых с дерниной супесчано-суглинистых щебнистых почвах.

Горно-лесные эрозионно-денудационные, реже эрозионно-аккумулятивные, **с**клонов, сложенных известковистыми породами, с карстовыми формами рельефа, под мелколиственными лесами на горно-лесных бурых, местами карбонатных, на суглинисто-щебнистых почвах:

мелколиственно-хвойные:

3. северной экспозиции под сосновыми лесами и березово-ивовыми с примесью рябины мелколесьями, разнотравно-злаковыми;

4. южной экспозиции под ивово-березовыми с примесью рябины мелколесьями;

широколиственные:

5. расчлененные ущелья и склоны, разных экспозиций и крутизны, под грабово-дубовыми, местами с можжевельником лесами на скелетных почвах.

Горно-лесолуговые склонов, сложенных известковистыми породами, с карстовыми формами рельефа, с чередованием рощиц мелколесья из мелколиственных пород, субальпийских лугов и лесолуговых сообществ, на послелесных и горно-луговых почвах, местами карбонатных, с выпасом или со следами долговременного выпаса:

6. крутые, местами с пятнами рододендрона, с ивово-березовыми мелколесьями и разнотравно-дерновинно-злаковыми лугами, часто стравленными, на суглинисто-дресвянистых почвах;

7. пологие, часто приводораздельные, с куртинами березового мелколесья с примесью рябины, бобово-разнотравно- злаковых на мощных субальпийских почвах местами чернозёмовидных лесолуговых суглинисто-щебнистых почвах.

Горно-лесолуговостепные, окультуренные, к***устарниковые,*** с горно-лесолуговыми и лугово-степными черноземовидными почвами, пастбищно-сенокосные:

8. относительно пологие склоны, сложенные элювием известковистых пород, местами искусственно террасированных, реже – террас рек, с злаково-разнотравно-бобовыми (из клевера) лугостепями, местами с мелколесьями из березы, с примесью рябины, клена, боярышника, на суглинистых щебнистых с мощным гумусовым горизонтом почвах;

9. относительно крутые склоны, сложенные известковистыми породами, с бобово-злаково-разнотравными, местами высокотравными, лугостепями и кустарниковыми мелколесьями на дресвяно-щебнистых почвах, местами смытых.

Горно-степные, склонов южной экспозиции, сложенных известковистыми породами:

***лугостепные окультуренные*:**

10. пологих склонов, с злаково-разнотравными кустарниковыми лугостепями на горно-степных карбонатных щебнистых почвах, пастбищные и пастбищно-сенокосные, частично под пашнями;

сухие:

11. относительно крутых склонов, с разнотравно-злаковыми ковыльными сбитыми степями на горно-степных карбонатных маломощных щебнистых почвах, пастбищные.

Данная зональная структура котловины имеет не только типичную, обусловленную изменением водно-тепловых параметров, высотно-зональную составляющую, но и присущую котловинам экспозиционную и антропогенную, влияющую на изменение увлажненности. В упрощенном виде распределение зон и подзон (типов и подтипов ландшафтов) можно представить на двухмерной модели, где по вертикали отложена высота над уровнем моря, отражающая изменение прихода тепла и осадков, а по горизонтали – изменение сухости и степени антропогенной нагрузки (рис. 3). Модель опирается на принципы, положенные в основу создания схем Уиттекера, когда по горизонтали откладывается экспозиция (от наиболее затененной – к наиболее солнечной), а по вертикали – высота над уровнем моря. Рисунок отражает наиболее важные логические связи и переходы в ландшафтной структуре на зональном

уровне. Нижние этажи гор с относительно невысокой антропогенной нагрузкой занимают горно-лесные ландшафты, представленные мелколиственно-хвойными и широколиственными типами. Увеличение антропогенной нагрузки и приводит к исчезновению лесов, которые заменяются горно – лесо-луговостепными ландшафтами, а те, в свою очередь, горно-степными, преимущественно на склонах южной экспозиции. Долговременный выпас снизил верхнюю границу леса, что привело к образованию горно-лесо-луговой зоны, а в ряде случаев (на склонах северной экспозиции) – к проникновению в горно-лесную зону субальпийского пояса горно-луговой зоны.

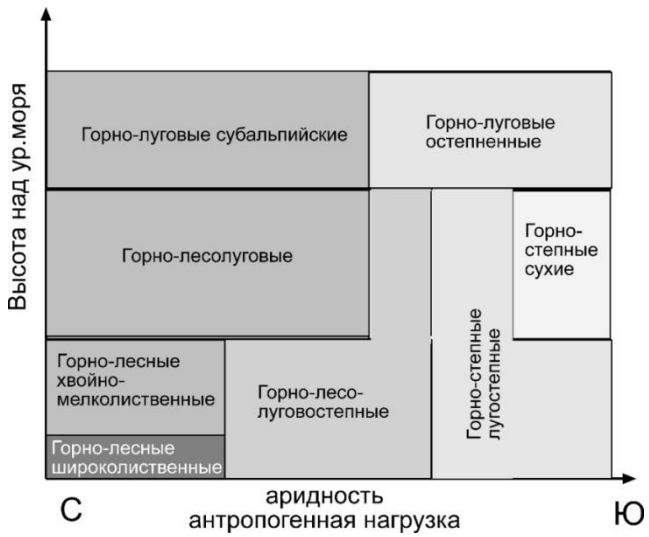


Рис. 3. Распределение зональных ландшафтов в Макажойской котловине в зависимости от высоты, экспозиции и антропогенной деятельности

Латеральные связи между природными комплексами были изучены на профиле через центральную часть котловины в районе селения Макажой (рис. 4). Профиль пересекает склоны разных экспозиций, демонстрируя высотную зональность и различия в геолого-геоморфологическом строении котловины.

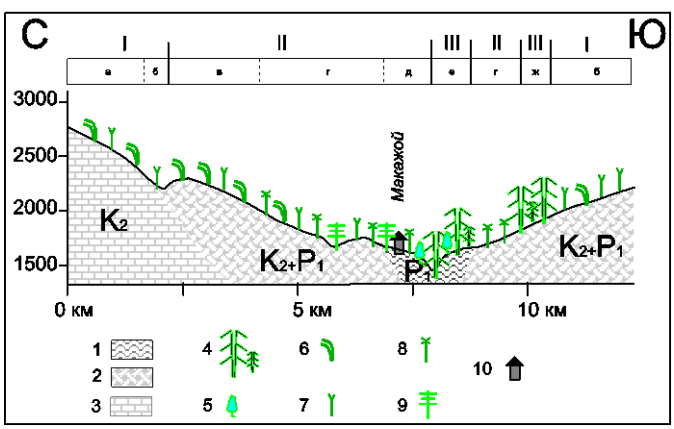


Рис. 4. Физико-географический профиль через центральную часть Макажойской котловины

с севера на юг. Геологическое строение: 1 – палеогеновые песчаники, глины, алевролиты, мергели; 2 – глины, аргиллиты, песчаники, мергели, известняки верхнего мела и палеогена; 3 – нерасчлененные отложения из преимущественной известняков и мергелей верхнего мела. Характерная растительность: 4 – сосна; 5 – береза, ива; 6 – дерновинные злаки (ковыль, овсяница, типчак и др.); 7 – разнотравье, 8 – бобовые (эспарцет, клевер и др.), 9 – кустарники (шиповник и др.). 10 – селение с огородами.

Природные комплексы: I–горно – луговые остепненные субальпийские, склонов южной экспозиции, относительно пологих, сложенных известняками и мергелями верхнего мела, пастбищные. а – со злаково-разнотравными лугами на горно-луговых супесчано-щебнистых почвах; б – эрозионных ложбин и склонов северной экспозиции, сложенных песчаниками и мело-мергельными породами верхнего мела и палеогена, с разнотравно-овсяницовыми лугами на горно-луговых супесчано-суглинистых щебнистых почвах. II–горно-степные, преимущественно склонов южной экспозиции и днища котловины, сложенных известковистыми породами в сочетании с глинами, аргиллитами и песчаниками верхнего мела и палеогена, преимущественно пастбищные. в – каменистые**,** сочетание пологих и относительно крутых склонов, с разнотравно-злаковыми ковыльными степями на горно-степных карбонатных маломощных щебнистых почвах; г – типично степные, относительно пологих склонов, с бобово-разнотравно-злаковыми, реже ковыльно-овсяницевыми и разнотравно-кобрезиево-типчаково-эспарцетовыми степями на горно-степных среднемощных щебнистых почах под пастбищами, реже-сенокосами; д – лугостепные окультуренные, пологих, осложненных оползневыми телами, склонов, с злаково-разнотравными кустарниковыми лугостепями; частично под пашенными культурами, на горно-лугостепных черноземовидных почвах. III – горно-лесные: е – ущелий и склонов преимущественно северной экспозиции, сложенных палеогеновыми песчаниками, глинами, алевролитами, мергелями, под сосновыми с примесью березы и ивы лесами на горно-лесных бурых, местами карбонатных, суглинисто-щебнистых почвах; ж – склонов северной экспозиции, пологих, сложенных известковистыми породами в сочетании с глинами, аргиллитами и песчаниками верхнего мела и палеогена, под сосновыми мелколесьями разнотравно-злаковыми на горно – лесо-луговых суглинисто-щебнистых почвах;

Для поставленной цели большой интерес представляет пространственная структура и границы между смежными типами ландшафтов. Так, отличия горно-степных ландшафтов от горно-луговостепных обусловлены как природными эдафическими факторами, так и степенью антропогенного влияния, прежде всего, выпаса, преобладающего в горно-степных ландшафтах и выпаса в сочетании с сенокошением – в горно-луговостепных (рис. 5).

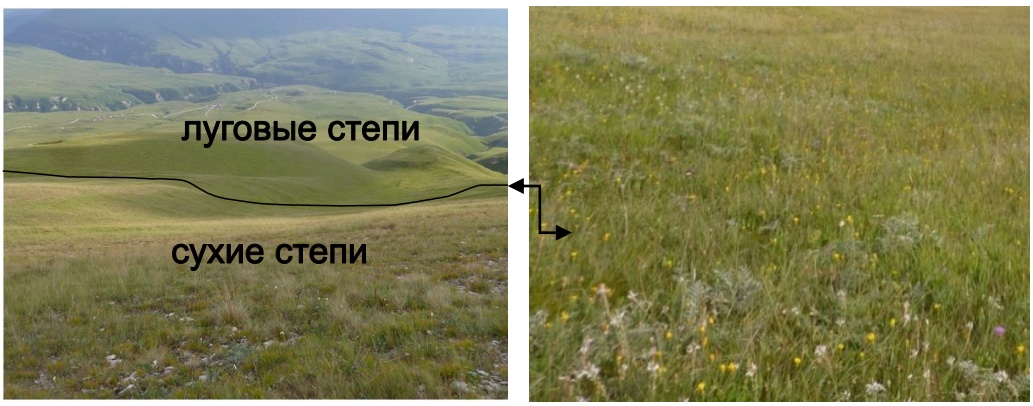


Рис. 5. Граница между горными сухими степями и лугостепями
(фото справа – лугостепи укрупненно)

Горно-степные ландшафты склонов южной экспозиции представлены природными комплексами, сформированными на карбонатных породах, склоны осложнены ложбинами и террасами. На относительно крутых склонах и на выходах скальных пород проективное покрытие уменьшается до 20%, по ложбинам –проективное покрытие увеличивается до 70%. Почвы маломощные скелетные. Профиль почв достаточно примитивный.

До 13-15 см распространен гумусовый горизонт с участием щебня и дресвы известковистых пород. Ниже идет плотный горизонт элювия известковистых пород. Дернина практически отсутствует, она появляется в ложбинах с более высоким проективным покрытием растительности. На пологих участках и ложбинах количество мелкозема увеличивается, увеличивается мощность почв и проективное покрытие растительности. В растительном покрове преобладают дерновинные злаки, прежде всего, ковыль, овсяница пестрая, кобрезия, типчак. Из разнотравья встречаются кульбаба, короставник, лядвенец, камнеломка, молодило, манжетка, тимьян, василек луговой, очиток. Редко встречается эспарцет. Ковыль, овсяница и некоторые травянистые (кульбаба) образуют наиболее высокий ярус (до 30-40 см), в то время как камнеломка, тимьян, манжетка и др. приземистый (до 5-10 см) ярус. С точки зрения ландшафтно-геофизического подхода [5], этот ярус в сочетании с выступающими щебнистыми породами известковистого элювия образует особый геогоризонт. Он выступает часто эдификатором оптических свойств ландшафта, формируя на снимках видимого диапазона осветленные ареалы.

Горно-луговостепные ландшафты отличаются сомкнутым растительным покровом с более высоким видовым разнообразием и сложной ярусностью. При этом ковыль волосатик и овсяница пестрая являются также наиболее распространенными (обилие видов Sp-Cop_1 по шкале Друде). Другие злаки представлены кобрезией (на более сбитых местах, группами) и типчак. Из разнотравья выделяются эспарцет, девясил мелкий, дубровник беловойлочный (группами), короставник, подмаренник, кульбаба, очанка, гвоздика белая, вероника горечавковидная, смолевка, колокольчик, горечавка, живокость и др. Из бобовых выделяется клевер. Бобово-разнотравно-злаковые (ковыльно-овсяницевые) участки сочетаются с разнотравно-кобрезиево-типчаково-эспарцетовыми. Первый ярус (до 5 см) образует типчак. Второй (до 30 см) – разнотравье (например, девясил). Третий ярус (до 55 см) – образуют высокие злаки (ковыль, овсяница) и разнотравье (кульбаба).

Распределение растительность зависит от условий увлажнения и перераспределения влаги по элементам микрорельефа. На пологих напашных террасах увеличивается количество бобовых и разнотравья, в то время как на крутых участках, бровках террас и др. начинают преобладать злаки, встречается полынь, шалфей и другие типично степные виды

Почвы горных лугостепей являются более стратифицированными, чем горных каменистых степей. Выделяется дернина до 8-9 см, с включением дресвы. Гумусовый горизонт простирается до 14-16 см. Ниже идет переходный от гумусовому к коренным породам горизонт (A_1-C) – до 28 см.

Зональные типы ландшафтов имеют разные запасы фитомассы. Для определения количества фитомассы использовались несколько источников [3, 4, 12, 2], а также собственные полевые замеры (укосы) на стандартных площадках (50х50 см) и лесотаксационные материалы. Наибольшие запасы фитомассы приурочены к горно-лесным ландшафтам. Они достигают более 50-60 т/га (учитывая также массу корней). По мере возобновления сосновых лесов их суммарная фитомасса может достигать 100 т/га. Наименьшие запасы приурочены к горно-степнымсухим ландшафтам (около 8-10 т/га). Несколько выше совокупные запасы фитомассы в лугостепных и лесо-луговыхландшафтах (около 20 т/га). При этом сухой вес укосов надземной фитомассы не превышает 2-3 т/га. Значительную часть образует подземная фитомасса. Если учесть запасы углерода в целом, то необходимо учитывать и вес подземной мортмассы, который по данным Н.И. Базилевич [3] может достигать в среднем 10-15 т/га в субальпийских и послелесных лугах.

Заключение

Понимание основных связей в ландшафтах и картографирование ландшафтов является важным условием для исследования различий в накоплении углерода. Следует учесть, что изучение только надземной фитомассы не может быть достаточным для понимания механизмов динамики углерода. Снижение количества надземной

фитомассы, вызванное аридизацией ландшафтов под воздействием климатических и антропогенных факторов, в определенной мере может компенсироваться интенсификацией подземного биофункционирования, увеличения подземной фитомассы и мортмассы.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № №075-03-2021-074/4).

Литература

1. *Алиева А.М.* Горные ландшафты Чечено-Ингушетии / Материалы по изучению Чечено-Ингушской АССР. Грозный: Чечено-Ингушское кн. изд-во. 1975. С. 9-16.
2. *Атаев З.В., Братков В.В.* Фитомасса высокогорных ландшафтов Российского Кавказа // Изв. Дагестанского гос.педагогического ун-та. Сер. Естественные и точные науки, № 4. 2015. С. 98-106.
3. *Базилевич Н.И.* Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука. 1993.
4. *Базилевич Н.И., Давыдова М.В., Яшина А.В.* Продуктивность растительных сообществ субнивального пояса, альпийских, субальпийских и послелесных лугов Кавказа. Трансформация горных экосистем Большого Кавказа под влиянием хозяйственной деятельности. М. Институт географии АН СССР. 1987. С. 50-69.
5. *Беручашвили Н.Л.* Четыре измерения ландшафта. Москва, Мысль, 1986.
6. *Братков В.В*. Пространственно-временная структура ландшафтов Большого Кавказа. Автореферат диссертации доктора географических наук. Ростов-н/Д., 2002.
7. *Волынкин И.Н., Доценко В.В.* Ландшафты и физико-географическое районирование Чечено-Ингушетии. В сб.: Проблемы физической географии Северо-Восточного Кавказа. Грозный, 1979.
8. *Галушко А.И.* Растительный покров Чечено-Ингушетии. Грозный: Чечено-Ингушское книжное изд-во. 1975.
9. *Головлев А.А. Г*орные ландшафты Чеченской Республики и особенности их освоения. Автореферат диссертации доктора географических наук. М., 2005.
10. *Гуня А.Н., Петрушина М.Н., Гайрабеков У.Т., Гагаева З.Ш., Колбовский Е.Ю., Лысенко А.В., КараевЮ.И., Петров Л.А., Эльмурзаев Р.С.* Ландшафты Аргунского государственного историко-архитектурного и природного музея-заповедника / В сб.: Северокавказская комплексная экспедиция. Труды. Отв. редакторы *Гуня А.Н., Петрушина М.Н.* ЧГУ, АЛЕФ Грозный, Махачкала. Вып. 2. 2021. С. 43-94.
11. *Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А*. Физическая география СССР. М.: Мысль. 1976.
12. *Онипченко В.Г*. Фитомасса альпийских сообществ Северо-Западного Кавказа // Бюлл. Моск. о-ва испыт. Природы. Отд. биол. Т. 95. № 6. 1990. – С.52-62
13. *Рыжиков В.В*. География Чечено-Ингушской АССР. Грозный: Чечено-Ингушское книжное изд-во, 1965.
14. *Hilton R.G., West A.J.* 2020. Mountains, erosion and the carbon cycle. Nature Reviews Earth and Environment 1:284–299. https://doi.org/10.1038/s43017-020-0058-6.
15. *Wohl E., Dwire K., Sutfin N., Polvi L., Bazan R.* 2012. Mechanisms of carbon storage in mountainous headwater rivers. Nature Communications 3:1263.https://doi.org/10.1038/ncomms2274.

УДК 911.52: 504.062 DOI:10.34708/GSTOU.2021.80.92.055

ПАРАДИГМЫ СОВРЕМЕННОГО ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ РАВНИННЫХ И ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

© [1]Гурьевских О.Ю., [1]Юровских А.М.

[1]Уральский государственный педагогический университет, г. Екатеринбург

В работе рассмотрены парадигмы современного ландшафтоведения как основа для проведения геоэкологических исследований равнинных и горных территорий с позиций Концепции устойчивого развития. Структурно-генетический и функционально-динамический подходы рассмотрены как взаимодополняющие. Проанализировано значение инвариантных факторов и следствия влияния антропогенного фактора на формирование устойчивых и динамических состояний геосистем. Изучено влияние геоэкологических факторов, сопутствующих антропогенному преобразованию, на естественные процессы, обусловленные эндогенной и экзогенной энергией и эмерджентными эффектами. На примере Свердловской области продемонстрированы геоэкологические принципы к исследованию специфики пространственно-временной ландшафтной структуры на основе классификации модификаций коренных и условно-коренных фаций. Исследованы изменения природных комплексов, связанные с трансформацией геолого-геоморфологической основы в ходе промышленного и селитебного освоения.

Ключевые слова: *устойчивое развитие региона, геоэкология, парадигмы ландшафтоведения, динамика, антропогенные модификации.*

Концепция устойчивого развития принята мировым сообществом и является главным ориентиром общественного прогресса. Одним из направлений научно-практической деятельности в этом отношении служит разработка механизмов ландшафтного планирования, включая анализ географического контекста и геоэкологическую оценку природных комплексов.

Прикладная геоэкология специализируется на исследовании функционирования так называемых геоэкосистем в различных сферах хозяйственной деятельности. Такие исследования проводятся для разработки документации в сфере инвестиций – программы развития территорий, градостроительства – проекты планировок, проектирования – проекты строительства зданий, инженерных сооружений; и для организации экологического мониторинга [1]. Региональная геоэкология в практическом преломлении рассматривает процессы функционирования региональных и локальных геосистем на конкретной территории, развитие которой происходит под влиянием не только инвариантных факторов, но и деятельности человека. Таким образом, геоэкологический подход служит основой реализации концепции устойчивого развития региона, обеспечивая наиболее эффективное функционирование природно-антропогенных геосистемы для сбалансированного развития. Синтез экологического и ландшафтного подходов позволяет рассматривать в качестве объекта исследования геоэкосистему, в которой происходит анализ и оценка экологического состояния абиотических компонентов, процессов и эмерджентных эффектов. Четкая территориальная привязка объекта исследования позволяет изучать прямые и обратные связи между геокомпонентами на основе многофакторного анализа. Ландшафтная, геоэкологическая и оценочные карты служат при этом результатом визуализации и моделирования.

Современная ландшафтная структура территории, представленная сложным сочетанием геосистем разного генетического типа и иерархического уровня, формируется в процессе смены состояний в ходе динамического и эволюционного развития. Мозаичность структуры обусловлена неоднородностью географического

контекста, выраженного различными состояниями, принадлежащими к одной или нескольким траекториям развития. Состояние геосистем рассматривается в современной науке как пространственно-временная однородность, выделяемая по критериям сохранения состава и соотношения системообразующих элементов и ведущих процессов [2]. Одной из характеристик геосистем является сезонная динамика, выражающаяся в ритмической смене непродолжительных состояний в рамках годичного цикла, причиной которых являются внутригодовые изменения теплового и водного режимов. В логарифмическом масштабе эти состояния относятся к кратковременным с периодом в 100 лет. Обратимые динамические смены указывают на его способность возвращаться к исходному состоянию, ритмичность ландшафта служит важным свойством динамики, являясь неотъемлемой стороной поступательного развития [3; 8]. Причиной естественной эволюции служит изменение глобальных условий. Эволюционные изменения происходят через смену природных комплексов.

Важность познания динамических состояний геосистем привела современную науку к смене традиционного структурно-генетического подхода к исследованию природы функционально-динамическим, позволяющим выявлять закономерности и прогнозировать развитие геосистем в условиях климатических изменений. Функционально-динамический подход не исключает традиционные методологические постулаты. Наряду со структурно-генетическим он лежит в основе выявления закономерностей пространственно-временной организации геосистем. Обе парадигмы рассматриваются как взаимодополняющие. Необходимость поиска новых горизонтов познания определяется вызовами времени. Структурно-генетический подход, позволяющий устанавливать закономерности пространственной дифференциации, не дает ответов на вопросы, связанные со спецификой функционирования геосистем. Возникает необходимость установления закономерностей динамики отдельных природных компонентов и комплексов и всей ландшафтной структуры в пространстве и во времени. Прогнозирование изменения геосистем для длительного устойчивого развития общества приводит к необходимости применения принципов функционально-динамического подхода, позволяя выявлять закономерности функционирования природных комплексов в полиструктурном и полиландшафтном пространстве.

С позиций функционально-динамического подхода, природный комплекс представляет территориальную целостность не только в пространстве, но и во времени, и его можно определить как сложную пространственно-временную систему географических компонентов, взаимообусловленных в своем размещении и развивающихся как единое целое. Независимо от разнообразия факторов формирования и многообразия генетических типов и уровней организации, проявляются общие системные свойства, которые выделяют геосистемы среди других систем объективной действительности (физических, биологических, социальных и др.) и определяют их «географичность»:

1. Целостность, проявляющаяся в относительной автономности природных комплексов, их устойчивости к внешним воздействиям, в наличии естественных границ и упорядоченности структуры.

2. Функционирование — совокупность процессов перемещения и трансформации энергии и вещества в геосистеме, которое слагается из поглощения и трансформации солнечной энергии, влагооборота, геохимического круговорота, биологического метаболизма и механического перемещения вещества под действием силы тяжести. Результатом функционирования природного комплекса служит почва — новый компонент, который не может образоваться от механического сложения воды, материнской породы и органической массы [8].

3. Пространственно-временная организация или упорядоченность взаимного расположения и соединения отдельных частей, которая выражается в определенной структуре природного комплекса. Различают вертикальную, горизонтальную структуру. Специфичной формой организации, служит временная упорядоченность — закономерный набор состояний, ритмически сменяющихся в годичном цикле [2].

4. Динамическое развитие природного комплекса включает такие изменения, которые имеют обратимый характер и не приводят к перестройке структуры. Это, прежде всего, циклическая смена состояний (сезонных, суточных), а кроме того, восстановительные смены, возникающие после нарушения структуры природного комплекса внешними факторами, в том числе деятельностью человека.

5. Эволюционные изменения демонстрируют развитие природного комплекса. Это направленные и необратимые изменения, приводящие к коренной перестройке структуры и появлению новой геосистемы, например, вследствие глобальных изменений климата. Эволюционные изменения локальных комплексов развиваются быстрее и их изменения ярче выражены.

6. Сопряженное развитие природных компонентов в пространстве и во времени с определенной долей инерционности для восстановления равновесного состояния при внешних и внутренних изменениях и эмерджентных эффектах специфика современных геоэкологических систем.

Таким образом, природный территориальный комплекс представляет определенную целостность не только в пространстве, но и во времени, и его можно определить как сложную пространственно-временную систему географических компонентов, взаимообусловленных в своем размещении и развивающихся как единое целое.

Средствами реализации ландшафтного принципа в геоэкологических исследованиях в рамках концепции устойчивого развития региона могут выступать моделирование, прогнозирование и картографирование территории. Основными характеристиками базовой основы устойчивого пространственного развития служат две характеристики однородность – основа пространства и неоднородность – основа времени. Так как современное состояние ландшафтов региона является исторически сложившимся, то на территории данного региона уже сложилась сбалансированная совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных географических компонентов [4].

Изложенная выше концепция устойчивого развития реализуется при помощи построения карт эколого-географического состояния территории. Учет антропогенных изменений ландшафтных геокомплексов позволяет провести пространственный анализ региона и наметить пути дальнейшего эффективного и рационального использования территории. В настоящее время антропогенное воздействие является ведущим экологическим фактором, которое включает не только влияние на природную среду различных технологий производства, но и всевозможный характер использования территории и его геоэкологические последствия. Поэтому даже малые, но устойчивые антропогенные воздействия могут приводить к существенным изменениям естественных круговоротов, и подразделяются на динамические и эволюционные изменения геокомплексов. Динамические изменения геокомплекса, в том числе восстановительные смены, возникающие после нарушения внешними факторами, например в связи с деятельностью человека, свидетельствуют о способности возвращаться к исходному состоянию. Эволюционные изменения – необратимые изменения, приводящие к коренной перестройке структуры, т.е. к смене инварианта и появлению нового геокомплекса.

Картографирование переменных состояний геосистем должно осуществляться наряду с коренными. Такое совместное картографирование коренных геокомплексов и их модификаций позволяет наиболее полно отразить ресурсный потенциал территории в прошлом, настоящем и в будущем, предусмотреть динамику развития территории, а также при необходимости управлять этой динамикой. По В.И. Прокаеву под модификациями понимаются такие ГК или их участки, которые испытали существенные изменения одного или нескольких зависимых компонентов, но сохранили прежний геолого-геоморфологический фундамент. Структура антропогенных модификаций складывается под преобладающим воздействием природных факторов, создающих условия для развития той или иной хозяйственной деятельности; величина же

антропогенного преобразования определяется главным образом социально-экономическими и историческими факторами, которые зачастую также предопределены природной основой.

Методика такого совместного картографирования апробирована на территории Свердловской области, характерной особенностью которой служит ландшафтное разнообразие территории с сочетанием природных комплексов равнин и гор трех физико-географических стран, двух географических зон и двух секторов Евразии. Установление критериев динамических и эволюционных изменений природных комплексов региональной и локальной размерности на основе анализа факторов их формирования предполагает определение инвариантного состояния природных комплексов, существенно измененных деятельностью человека путем воссоздания ретроспективной модели ландшафтной структуры территории. Последующий сравнительный анализ инварианта с антропогенными модификациями и техногенными объектами позволяет выявить специфику современной ландшафтной структуры в преобразованных геосистемах освоенных районов, с развитой производственной и селитебной инфраструктурой в сравнении с коренными эталонами.

Теоретические положения о природном инварианте, разработанные классиками отечественного ландшафтоведения и интерпретированные в векторе современного развития науки послужили методологической основой исследования. При изучении эмерджентных эффектов за основу принята концепция многорядной системы природных комплексов В.И. Прокаева, интегрированная в методологию полимасштабного анализа структуры ландшафта, которая разработана А.В. Хорошевым [6; 7]. Структурные и пространственные закономерности антропогенных модификаций установлены методом сопряженного картометрического анализа дистанционных и картографических материалов. Произведена интерпретация параметров порядка компонентного и ландшафтного уровня интеграции, как процессов, определяющих пространственное варьирование основных свойств геосистем, через их связь с характеристиками природных компонентов, дистанционной информации и полевых описаний, позволивших изучить специфику межкомпонентных связей.

Результатом стали две карты – карта первичной ландшафтной структуры — инвариантная основа, и карта антропогенных модификаций ландшафтов. Антропогенные изменения учитывались путем типологической классификации и составления карты антропогенных модификаций коренных природных комплексов. Так как единой унифицированной классификации антропогенных воздействий нет, то при картографировании антропогенной дифференциации Свердловской области в качестве теоретической основы использованы принципы построения классификации модификаций коренных и условно-коренных фаций, разработанной В. И. Прокаевым [5]. Типология антропогенных модификаций включает модификации, ранжированные по степени, направлению и характеру антропогенного преобразования. Все природные комплексы картографируемой территории делятся: 1) в зависимости от степени изменения ведущих и ведомых компонентов на 3 категории: коренные, производные и антропогенные; 2) с учетом степени трансформации на 5 типов: очень слабо, слабо, средне, сильно и очень сильно измененные; 3) по генезису хозяйственного использования на 12 классов; 4) по форме хозяйственного использования на 21 род. При дальнейшем изучении территории предполагается одновременное использование указанных картографических произведений. Совмещенный анализ ландшафтной карты и карты антропогенных изменений позволяет определить пространственное соотношение естественных и измененных единиц; при этом каждый вид ландшафтов интерпретируется с точки зрения антропогенной трансформации. Ландшафтная структура выявляется методом наложения антропогенных модификаций на первичную ландшафтную основу. Система типологических объединений антропогенно-измененных комплексов, предлагаемая для картографирования Свердловской области, состоит из 4 классификационных единиц (типа, класса, группы, рода), ранжированных по степени, направлению и характеру изменения природных компонентов. Таким образом,

результаты ландшафтного картографирования отражают современную ландшафтно-антропогенную структуру территории Свердловской области.

Сочетание структурно-генетического и функционально-динамического подходов дает возможность использовать их специфику при составлении прикладных оценочных карт для разработки программ устойчивого развития региона. В частности, на базе таких геоэкологических исследований выполнено обоснование стратегии развития региональной системы особо охраняемых природных территорий Свердловской области, выполнено проектирование фенологической сети региона, разработан экологический каркас города Екатеринбурга. Выполняется разработка стратегии развития экологического туризма. Методология ландшафтных исследований в геоэкологическом аспекте обеспечивает применение фундаментальных подходов и принципов к прикладному рациональному природопользованию, обеспечивающему стратегически долгосрочное устойчивое развитие регионов.

Литература

1. *Витченко А.Н.* Геоэкология: Курс лекций. Минск: БГУ, 2002. 100 с.
2. *Исаченко Г.А.* Концепции многолетней динамики ландшафтов и вызовы времени / Вопросы географии / Сб. 138: Горизонты ландшафтоведения. М.: Кодекс, 2014. С. 215-232.
3. *Мамай И.И.* Динамика ландшафтов. Методика изучения. М.: МГУ, 1992. 167 с.
4. *Трофимов А.М., Рубцов В.А., Ермолаев О.П.* Региональный геоэкологический анализ / Казань: Бриг, 2009. 260 с.
5. Физико-географическое районирование и ландшафты Свердловской области / *Гурьевских О.Ю., Капустин В.Г., Скок Н.В., Янцер О.В.* Под ред. *Гурьевских О.Ю.* Екатеринбург: ФГБОУ ВО Урал. гос. пед. ун-т, 2016. 280 с.
6. *Хорошев А.В.* Полимасштабная организация географического ландшафта. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. 416 с.
7. *Хорошев А.В.* Эмерджентные эффекты пространственной структуры ландшафта. Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития: материалы Межд. ландш. конф., Тюмень: Изд-во Тюменского гос. ун-та, 2017. Т.1. С. 154-158.
8. *Isachenko A.G.* Theory and methodology of geographical science: a textbook for students. M.: Publishing Center «Academy», 2004. 400 p.

УДК 553.04; 556; 911 DOI:10.34708/GSTOU.2021.24.56.056

ПРИРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВЫСОКОГОРЬЯ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА

© Даукаев А.А., Абумуслимов А.А., Даукаев Аслан А.

Академия наук Чеченской Республики, г. Грозный
КНИИ им. Х.И. Ибрагимова РАН, г. Грозный

Статья посвящена высокогорной части территории Чеченской Республики, представленной параллельно расположенными горными хребтами: Пастбищным, Скалистым и Боковым. Дана краткая геолого-географическая характеристика территории с сопоставлением геоморфологических и тектонических элементов. Оценивается рекреационный потенциал высокогорья, и обосновывается организация экологического туризма в этой части республики на основе имеющихся здесь многочисленных гидрологических (родников, рек, высокогорных озер, водопадов), геолого-геоморфологических, биолологических, историко-культурных объектов и живописных высокогорных ландшафтов.

Ключевые слова: *горные ландшафты, высокогорье, хребты, рекреационный потенциал, реки, озера, водопады, минеральные и целебные источники.*

На Международной конференции по окружающей среде и устойчивому развитию, проходившей в Рио-де-Жанейро1992 году, горные территории отнесены к очень ранимым и уязвимым экосистемам и их исследование является приоритетным направлением в XXI веке [1, 6]. После этой конференции на Северном Кавказе и в других регионах России начали проводить конференции по проблеме устойчивого развития горных территорий. Наиболее привлекательным направлением развития для горных территорий с геоэкологической точки зрения является туристско-рекреационное. Одним из наиболее быстро развивающих направлений рекреационной сферы деятельности является экологический туризм (экотуризм). Формирование понятия экотуризм происходило практически одновременно с концепцией устойчивого развития. В настоящее время существует различные дефиниции экотуризма. По определению Всемирного фонда дикой природы под экотуризмом подразумевается «туризм, включающий путешествие в места с относительно нетронутой природой, с целью получить представление о природных и культурно-этнографических особенностях данной местности, который не нарушает при этом целостности экосистем и создает такие экономические условия, при которых охрана природы и природных ресурсов становится выгодной для местного населения»[20]. Схожее определение экотуризма дано и Международным Союзом охраны природы. К основным видам экологического туризма относятся: природный, экстремальный, спортивный, научный и познавательный туризмы. Последний относится к специальному виду экологического туризма, основная функция которого является ознакомление туристов с уникальными природными и историко-культурными объектами территории. Отличительной особенностью экологического туризма является его направленность на познание и сохранение окружающей среды и то, что его развитие может способствовать развитию ООПТ – участков территории, имеющих особое природоохранное, рекреационное, спортивно-оздоровительное, научно-познавательное и культурно-эстетическое значение. К ООПТ согласно, соответствующему федеральному закону относятся: государственные природные заповедники и заказники, национальные, природные и дендрологические парки и ботанические сады, а также памятники природы. В высокогорье ЧР находится значительная часть территории Аргунского историко-архитектурного и природного музея-заповедника, которая относится к одному из крупных музеев-заповедников России. В пределах данного музея-заповедника располагаются множеств уникальных

историко-культурных и природных объектов, в том числе, включенных реестр памятников природы, сохранение которых имеет первостепенное значение в контексте решения экологических задач. Некоторые исследователи предлагали для этого поднят вопрос о возможности включения Аргунского музея-заповедника во Всемирный Список культурного и природного наследия, что способствовало бы дальнейшему развитию международного туризма, привлечению дополнительных финансовых вложений от международных кредиторов, и в целом решению проблемы устойчивого развития горных территорий.

Незначительная по площади горная территория ЧР характеризуется значительным природным разнообразием, эстетической привлекательностью живописных природных ландшафтов, наличием множеств уникальных геолого-геоморфологических, палеонтологических, гидрологических(озера, горные реки и ручейки с чистой родниковой водой, минеральные и пресные источники подземных вод), этнокультурных объектов (башенные комплексы и т.д.), что являются основными предпосылками для развития туристско-рекреационной деятельности здесь [8]. Высогорье ЧР относится к наименее антропогенизированной территории. В настоящее время в связи с интенсификацией освоения высокогорья возникает необходимость комплексной оценки её туристско-рекреационной привлекательности. Оно обладает разнообразным и малоосвоенным рекреационным потенциалом. Туристско-рекреационное хозяйство может быть представлено следующими направлениями: курортно-санаторное, спортивно-оздоровительный и экскурсионно-познавательный туризм и др [3, 4, 5].

Ниже дается краткая характеристика высокогорной части территории ЧР.

Геолого-геоморфологическая характеристика. К высокогорью обычно относят элементы рельефа с абсолютными отметками более 2000-2500 м. Высокогорье Чеченской Республики характеризуются большим разнообразием ландшафтов, геолого-геоморфологических, гидрографических и др. объектов. В орографическом отношении оно представлено параллельно расположенными Пастбищным, Скалистым и Боковым хребтами. Пастбищный хребет, известный своими прекрасными горно-луговыми ландшафтами, располагается к югу от Черных гор и состоит из нескольких параллельных хребтов: Андийский, Керкетский и др. Многие хребты и отдельные его вершины поднимаются выше 2000 м.: хр. Зани (2295 м.), хр. Гуолком (2262 м.), г. Чермойлам (2361 м.), хр. Ишхойлам (2249 м.), хр. Бахелам (2420 м.) и др. [7,17].

Литологически Пастбищный хребет сложен в основном известняками верхнего мела, а тектонически – Варандийской антиклиналью, окаймляющейся на западе Шатойской и на юге Ансалтинской синклиналями, а также другими структурными элементами более низкого порядка.

Скалистый хребет прорезан горными реками (Чанты-Аргун, Шаро-Аргун и их притоками) на отдельные массивы, отвесные стены которых образуют глубокие и узкие каньоны. Хребет характеризуется куэстообразным строением с более пологим северным и крутым южным склонами. Высотные отметки в среднем составляют 2700-2900 м. Вершина самой высокой горы Хахалги имеет отметку 3032 м.

В литологическом отношении Скалистый хребет сложен преимущественно карбонатными породами верхнеюрского возраста. В тектоническом отношении он представлен восточным окончанием Северной моноклинали, осложненной Кориламской и Чижкинской антиклиналями.

Южнее простирается наиболее высокий Боковой хребет с белоснежными вершинами. Он также расчленен реками на ряд горных массивов и гряд. Звеньями данного хребта в пределах ЧР являются Пирикительский хребет (западная часть) с вершинами Тебулос-Мта (самая высокая вершина Восточного Кавказа с отметкой 4494 м), Комито-Даттах-Корт (4272 м), Донос-Мта (4178 м), Майстис-Мта (4072 м) и Снеговой хребет (восточная часть) с вершиной Диклос-Мта (4274 м).

Боковой хребет сложен в основном метаморфизованными глинистыми сланцами (так называемые «шиферные сланцы»), песчаниками и аргиллитами нижне- и среднеюрского возраста. Породы фаунистически охарактеризованы

палеонтологическими находками. В частности, участниками экспедиции «Неизвестная Чечня» в районе высокогорного селения Бути (Шаройский р-он), обнаружена окаменелость в виде морской ракушки огромных размеров (с высотой более 3 м и окружностью примерно 7 м), представляющая научно-познавательный интерес. В тектоническом отношении Боковой хребет представлен горст-антиклинорием, подразделяющимся на несколько структурных элементов более низкого порядка : Пирикательский грабен, Кобуламский горст и др. (И.Ф. Рудянов и др., 1974), осложненных разрывными нарушениями. Северное пологое крыло антиклинория соответствует западной части Агвали-Хивской структурно-тектонической зоны, протягивающейся со стороны Южного Дагестана.

Межгорное пространство между Скалистым и Боковым хребтами занимает Северо-Юрская депрессия, протягивающаяся с Центрального Кавказа, где она имеет наибольшую ширину. В пределах ЧР она делится на Итум-Калинскую, Ушкалойскую, Галанчожскую, Малхийскую, Шаройскую и др. котловины, литологически представленные терригенными породами юрского возраста.

Гидрологические объекты. В курортно-санаторном направлении важную роль играют гидрологические объекты в виде водопадов, высокогорных озер, чистейших горных родниковых рек, родников и ключей. В реестре рекреационных ценностей чистая вода и живописные долины горных рек получили всеобщее признание у отдыхающих [1, 9,12, 14]

Территория Чеченской Республики является одной из обеспеченных водными ресурсами (как поверхностных, так и подземных) районов России [13]. На ограниченной по размерам территории (чуть более 15 тыс. км^2) здесь сосредоточено около 3100 малых и больших рек, несколько сот источников пресных вод в виде родников и ключей, горные и равнинные озера, водопады и т.д. Из них особого внимания заслуживают немногочисленные, но уникальные объекты в высокогорной части республики, представляющие интерес в плане рекреационно-бальнеологического потенциала (водопады, озера, источники минеральных целебных и пресных вод и т. д.). Ниже приводятся краткие сведения по некоторым из них.

Водопады. Вашиндароевский водопад находится на юго-восточной окраине с. Вашиндарой в долине р. Варанда (приток р. Чанты-Аргун). Прозрачные струи водопада скатываются по отвесной скале с высоты 10,5 м. Ширина 1,5-2 м [8, 17].

Буккузинский водопад находится в 15-16 км от с. Улус-Керт на правом берегу р. Шаро-Аргун. Он считается наиболее красивым и мощным из всех водопадов: по отвесной скале вода падает с высоты примерно 80 м. Внизу под водопадом располагается источник серной воды с дебитом до 5000 л/с. Рядом находятся еще несколько серных источников. Здесь же (в 100 м ниже по течению р. Аргун) располагается одна из самых глубоких пещер ЧР – Шеки-эххех (пещера серной реки). По пещере протекает серный источник с дебитом 100 л/с. После выхода на поверхность вода впадает в р. Шаро-Аргун. Длина главного коридора пещеры достигает 240 м. Буккузинские гидрологические объекты, по мнению специалистов, имеют рекреационное и бальнеологическое значение. По предварительным данным они могут быть использованы для лечения желудочно-кишечного тракта, опорно-двигательного аппарата и других болезней.

Нохч-Келойский водопад располагается на левом притоке р. Келой-ахк в 1 км к востоку от села Нохч-Келой. Высота водопада достигает 74 м.

Нихалойский водопад располагается у с. Нихалой на правом берегу р. Чанты-Аргун. Горные потоки создают каскад водопадов с высотой от 2 до 32 м.

Башен-Калинский комплекс водопадов находится между селами Борзой и Итум-Кали на левом притоке р. Чанты-Аргун. Высота основного водопада составляет примерно 15 м.

Реки, источники пресных и минеральных вод. Река Чанты-Аргун берет своё начало на северном склоне Главного Кавказского хребта на высоте более 3000 м. Сплошного ледостава на реке не бывает. В верховьях она имеет многочисленные

притоки ледникового и родникового питания (Мешехи, Бастыхи, Маистыхи, Кериго, Бара, Гешичу и др.). В районе с. Дачу-Барзой в нее впадает *река Шаро-Аргун***.** Исток реки находится в ледниках Тушетского хребта. В нее впадают притоки – Кенхи, Данейламхи, Инзаахк, Хуландойахк и др. Междуречье рек Чанты-Аргун и Шаро-Аргун представляет интерес для развертывания туристско-рекреационных объектов. В работе [10], на основе результатов изучения снежно-лавинного режима в верховьях рек Чанты-Аргун и Шаро-Аргун, отмечены безопасные участки для строительства туристско-спортивных комплексов, домов отдыха и других учреждений. В верховьях отдельных притоков р. Чанты-Аргун также отмечен ряд перевальных туристических маршрутов через перевалы Дурзуме, Чактыбарз, Джейнжаре, хребет Кобулам. Обоснована возможность строительства альпинистского лагеря в верховьях р. Данейламхи вблизи горных вершин Комито и Дономста(спортивно-оздоровительное направление).

Бассейны рек Чанты-Аргун и Шаро-Аргун составляют юго-западную часть горной части Чеченской Республики.

Из родников наиболее известными являются Чанты-Аргунский, Керкетский [8, 11, 17]**.**

Чанты-Аргунский родник расположен на правом берегу р. Чанты-Аргун, в 3-х км к югу от с. Зоны, *Керкетский* – у дороги от с.Ведено к озеру Кезеной-Ам у перевала Харами**.**

Из минеральных целебных источников известны углекислые соляно-щелочные (нарзановые) источники *минеральных вод* (*Шандулинский, Куройский, Басхойский)* и *минеральных столовых вод (Чишкинский и Чанты-Аргунский).*Чишкинский и Чанты-Аргунский источники входят в государственный перечень памятников природы Чеченской Республики [11, 12, 17].

В целом вышеописанные источники пресных и минеральных вод расположены в районах пересеченной местности с грядовым рельефом, т. е. в благоприятных условиях для лечебно-оздоровительных целей.

Озера. По типу происхождения озёрных котловин горные озера относятся к запрудно-оползневому, карстовому и тектоническому типам . Химический состав озерных вод в основном гидрокарбонатно-кальциевый.

К запрудно-оползневым озерам относятся высокогорные озера Кезеной-Ам и Безеной-Ам, а также несколько небольших озер в междуречье рр. Чанты-Аргун и Шаро-Аргун в урочище Шикарой, в районе с. Саясан и южнее озера Галанчож, питающиеся в основном атмосферными осадками и родниковыми водами [8].

Самое крупное на Северном Кавказе озеро *Кезеной-Ам* расположено на высоте около 1870 м н. у. м. Наибольшая глубина озера 72 м. В озеро впадают две небольшие речки – Хорсум и Каух [17].

Карстовые озера встречаются в пределах Ялхоройского и Андийского и др. хребтов. Одним из таких озер является Арж-Ам (Ялхоройский хребет).

Морфогенетические и гидрологические разнообразия горных озер Кавказа обусловлены тектоническими, литологическими и геодинамическими особенностями Кавказского региона. В целом отмечается определенная генетическая зональность в распределении озер Кавказа. Так, в высокогорной части располагаются озера ледникового, ледниково-тектонического происхождения, в средних высотах в большей степени карстовые и запрудно-оползневые озера, а в низменной части – эоловые и пойменные.

Горные озера Чеченской Республики (особенно Кезеной-Ам) обладают большим рекреационным потенциалом, и дальнейшее их изучение имеет большое практическое значение.

Реликтовые виды флоры высокогорья. Особенностью флоры высокогорья ЧР является наличие эндемиков и реликтов прошлых геологических эпох. Флора высокогорья в районе Скалистого, Бокового хребтов и Северо-Юрской депрессионной зоны, расположенной между ними представлена древним растительным сообществом. Верхние части северных склонов Скалистого, Бокового хребтов занимают березовые и

буковые леса. Березовые леса представленны березой Литвинова и березой Радде, относящимся к реликтам ледникового и третичного периодов, соответственно. Постепенно они переходят здесь в заросли рододендрона. Последние распространены также вблизи ледниковых массивов Тебулос-Мта, Диклос-Мта, Донос-Мта, на хребте Цорейлам, в ущельях Кей и Майстыхи и других местах высокогорья[18,19].

***Историко-культурные объекты (Башенные комплексы*).** Башенные комплексы распространены в основном в центральной и западной частях горной Чечни[16]. Наиболее известными являются Хойские, Макажойские, Ялхоройские, и Цой-Пединские башенные комплексы. Хойский комплекс состоит из нескольких жилых башен, в центре которых возвышается боевая башня-стрельница с высотой более 15 м. Все строения местами покрыты различными петроглифами –змейками, изображениями солнца и др. Вблизи с. Макажой на скале высятся три боевых и несколько жилых башен с обилием петроглифов, имеющих своеобразную архитектуру. Первые этажи имеют полуокружные арки. Башни построены с использованием в качестве строительного камня карбонатные породы, выходяшиеся здесь на поверхность Земли. Комплекс Цой-Педе, расположенный в 40 км от с. Итум-Кали, на мысе в районе слияния рр. Меше-хи и Чанты-Аргун состоит из более 40 склепов, 2 сторожевых башен и 2 святилищ. Склепы ориентировочно датируются XIV-XVIII вв. На стенах отдельных сооружений сохранились различные петроглифы. В районе с. Ушкалой сохранились две известные башни, встроенные в углубление скалы. Они датируются XI-XIII вв.н.э.

Заключение. Таким образом, проведенный анализ природных, рекреационных и историко-культурных ресурсов показывает, что высокогорье Чеченской Республики характеризуется значительным потенциалом для организации и развития курортно-рекреационной деятельности, в первую очередь различных видов экологического туризма. Государственной программой Чеченской Республики «Развитие туризма и культуры Чеченской республики» предусмотрено развитие соответствующей инфраструктуры – строительство дорог и коммуникаций, туристско-развлекательных центров, домов отдыха, компактных отелей, гестхаусов, агроферм и. т.д. В этой связи вопрос сохранения и рационального использования природно-рекреационного потенциала уязвимых горных ландшафтов республики приобретает особую актуальность.

С целью недопущения экологической напряженности развитие туристско-рекреационной деятельности должно регулироваться действующим законодательством РФ в области охраны окружающей среды.

Литература

1. *Dirnbock T, Dullinger S, Grabherr G* (2003). A regional impact assessment of climate and landuse change on alpine vegetation. J Biogeography 30: 401-417.
2. *Drexler, C., V. Braun, D. Christie, B. Claramunt, T. Dax, I. Jelen, R. Kanka, N. Katsoulakos, G. Le Roux, M. Price, T. Scheurer& R. Weingartner* (2016): Mountains for Europe's Future - A strategic research agenda.
3. *Gairabekov U.T.* Physical and geographical features of development and the impact of oil production on the industrial landscapes of the Chechen Republic // Canadian Journal of Education and Engineering. № 2 (12), Vol. III. Ottawa «University Press», 2015. P. 226-232.
4. *Gairabekov U.T.*Analysis of geoecological problems of Chechnya due to the impact of the oil-complex //Japanese Educational and Scientific Review. «Tokyo University Press» 2015, № 1. (9). Volume XI. P. 345-351.
5. *Gunya A.* The political dimension of tourism development in the Caucasus. In: Debarbieux B, OiryVaracca M, Rudaz G, Maselli D, Kohler T, Jurek M (eds.). 2014. Tourism in Mountain Regions: Hopes, Fears and Realities. Sustainable Mountain Development Series. Geneva, Switzerland: UNIGE, CDE, SDC. PP. 90-91.
6. United Nations [UN]. 1992. Agenda 21. Programme of Action for Sustainable Development. United Nations Conference for Environment and Development, Rio de Janeiro. New York: United Nations.
7. *Гвоздецкий Н.А., Голубчиков Ю.Н.* Горы. (Природа мира). М.: Мысль, 1987. 400 с.
8. *Даукаев А.А., Даукаев Асл.А., Абумуслимова И.А., Джабраилов С-Э. М.* Уникальные

гидрологические объекты ЧР и их рекреационный потенциал // Вестник Академии наук Чеченской Республики, 2015. № 3. С. 96-102.

9. *Дряев М.*Р., Туаев Г.А. Экологические органические в сфере туристско-рекреационной деятельности РСО-Алания // Материалы I Кавказского экологического форума. Грозный: Изд-во ЧГУ, 2015. С. 281-286.
10. *Залиханов М.Ч.* Снежно-лавинный режим и перспективы освоения гор Большого Кавказа. М., 2014. 611 с.
11. *Керимов И.А., Даукаев А.А., Абумуслимов А.А., Даукаев Асл. А.* К истории изучения минеральных и целебных вод Чеченской Республики // Вестник Академии наук Чеченской Республики, 2012. № 1. С. 59-64.
12. *Люкшандерль Л.* Спасите Альпы: пер. с нем. М.: Прогресс, 1987. 168 с.
13. Минерально-сырьевые ресурсы Чеченской Республики. Монография / Под ред. *И.А. Керимова, Е.М. Аксенова*. Грозный: Грозненский рабочий, 2015. 512 с.
14. *Потапенко Ю.*Я., Коновалов Б.Т., Панаэтова С.И. Перспективные рекреационные зоны курорта Ессентуки // Материалы I Кавказского экологического форума. Грозный: Изд-во ЧГУ, 2015. С. 294-298.
15. *Романова О.С., Широкова В.А.* Терские целебные источники: к истории изучения // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. Грозный: АН ЧР, 2011. С. 450-453.
16. По Чечено-Ингушетии. Путеводитель, / под общей редакцией . Грозный: Чечингиздат, 1969. 267 с
17. *Рыжиков В.В. и др.* Природа Чечено-Ингушской республики, ее охрана и рациональное использование. 2-е изд. перераб. и доп. Грозный: книга, 1991. 160 с.
18. *Тайсумов М.А.* О флоре Аргунского историко-архитектурного и природного музея-заповедника// Историко-культурное и природное наследие народов юга России: Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Историко-культурное и природное наследие народов юга России: состояние, перспективы сохранения и развития (г.Грозный, 25-26 июня 2009 г.). Т. II. Грозный, 2009. С. 250-260.
19. Умаров М.У., Тайсумов М.А. Краснокнижные и другие редкие виды флоры Аргунского историко-архитектурного и природного музея-заповедника// Историко-культурное и природное наследие народов юга России: Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Историко-культурное и природное наследие народов юга России: состояние, перспективы сохранения и развития (г.Грозный, 25-26 июня 2009 г.). Т. II. Грозный, 2009. С. 267-278.
20. Экологический туризм-Википедия. ru.wikipedia.orq/wiki/…

УДК 556.31/ 553.7 DOI:10.34708/GSTOU.2021.53.21.058

ПРЕСНЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ГОРНЫХ РАЙОНОВ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

© [1]Даукаев А.А., [1]Гацаева Л.С., [2]Шаипов А.А., [2]Саркисян И.В., [1,3]Даукаев Аслан А.

[1]КНИИ им. Х.И. Ибрагимова РАН, г. Грозный
[2]ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный
[3]Академия наук Чеченской Республики, г. Грозный

В статье исследованы пресные подземные воды горной Чечни. Изложены общие сведения об условиях формирования и распространения подземных вод, дана их классификация по общей минерализации и назначению. Охарактеризованы основные водоносные горизонты Большекавказской гидрогеологической складчатой области (плейстоценовый, палеоцен-эоценовый, верхнемеловой и др.). Приведены результаты обследования действующих родников, каптажей, водозаборов и оценки качества подземных вод.

Ключевые слова: *ресурсы подземных вод, пресные воды, минерализация, химический состав и физические свойства вод, классификация подземных вод, рациональное использование.*

Введение. Подземные воды (ПВ) являются предметом изучения гидрогеологии. В зависимости от общей минерализации они подразделяются на следующие типы: пресные (минерализация до 1 г/дм^3 включительно), слабоминерализованные (1-2 г/дм^3), маломинерализованные (2-5 г/дм^3), среднеминерализованные (более 5 до 10 г/дм^3), высокоминерализованные (более 10 до 15 г/дм^3). По назначению минеральные воды классифицируют на столовые, лечебно-столовые, лечебно-минеральные. *Столовые воды* – минеральные воды с минерализацией менее 1 г/дм^3 и с содержанием биологически активных компонентов менее установленной концентрации. Столовые воды пригодны для ежедневного применения здоровыми людьми без ограничений. В данной работе исследуются именно пресные, называемые по назначению столовыми, подземные воды и их источники в виде родников и ключей. Характер их распространения, как и других минеральных вод, обусловливается геолого-структурными особенностями, геологической историей данной территории, а также геоморфологическими, метеорологическими и гидрологическими факторами [8].

Общие сведения о гидрогеологических условиях района

В Чеченской Республике (ЧР) выявлены значительные ресурсы ПВ, разнообразных по своим физико-химическим параметрам: пресные, минеральные и термальные. Они распределены неравномерно по всей её территории. Лишь центральная часть оценивается как достаточно обеспеченная ПВ для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Проблема северной и южной частей территории с питьевыми водами можно решить путем увеличения имеющихся запасов за счет активизации поисково-разведочных работ. А по запасам пресной воды на человека республика занимает одно из первых мест в России. Открыто и разведано 15 месторождений пресных вод с запасами 1248,7 тыс.м^3/сут., 10 из которых предназначены для хозяйственно-питьевого водоснабжения [1, 3, 6]. Эксплуатационные запасы ПВ значительны по объемам и могут практически без ограничений обеспечить возможный спрос.

Геолого-гидрологические и структурно-тектонические особенности территории ЧР обуславливаются местоположением ее в пределах крупной гидрогеологической структуры II порядка – Большекавказской гидрогеологической складчатой области (БГСО), характеризующейся спорадическим развитием трещиноватых, трещинно-жильных вод в зонах открытой тектонической трещиноватости и в коре выветривания

мезозойских пород (табл. 1). В его пределах расположено 3 оцениваемых участка: Итум-Калинский, Химойский и Шатойский [5, 7].

Гидрогеологические особенности исследуемой территории определяются её геоморфологическими, геолого-структурными и климатическими условиями. Интенсивные дислокационные процессы обусловили сильную трещиноватость горных пород и гидравлическую связь вод всех стратиграфических подразделений. Естественная разгрузка ПВ осуществляется, главным образом, по бортам и тальвегам многочисленных балок и рек: Шаро-Аргун, Хачаройахк, Шикаройахк, Хелдихойэрк, Мсхий, Дзумсэрк, Хуландойахк, Данейлакхи, Кериго, Тюалой, Квахидисцкали, Маистихи и их притоков, образуя большое количество родников нисходящего типа [4].

Таблица 1

Естественные ресурсы подземных вод

Наименования гидрогеологических таксонов		Естественные ресурсы пресных ПВ тыс.м^3/сутки	Площадной модуль, л/с·км^2
Большекавказская гидрогеологическая складчатая область	Район развития трещиновато-карбонатных пород J_3-K_2	14,32	0,09
	Район развития сланцевых пород J_{1-2}	0,65	0,004
Итого		14,97	0,094

В пределах БСГО распространены плейстоценовые ($Q_{I-II,}$ aQ_{III}), верхнемеловой (K_2), нижнемеловой (K_1), верхнеюрский (J_3), нижне- и среднеюрский (J_{1-2}) водоносные горизонты и комплексы. Согласно гидрогеологической типизации переуглубленных речных долин в пределах района работ выделяются два района: *высокогорный*, который охватывает район Главного Кавказского хребта и систему боковых хребтов (абсолютные отметки от 2500-3000 м и выше) и *среднегорный*, охватывающий Скалистый и Пастбищный хребты (1000-3000 м).

В пределах районов выделяются гидрогеологические «микробассейны» речных долин между двумя последовательными сужениями, в которых происходят закономерные изменения литолого-фациальных условий и фильтрационных свойств, а также цикличные изменения гидрогеологических условий взаимосвязи подземных и поверхностных вод. Литолого-фациальные изменения отмечаются как в плане, так и в разрезе аллювиальных отложений, которые обусловлены различной скоростью реки в нижних и верхних частях разреза. В нижних частях аллювиальные отложения представлены валунно-галечниковыми отложениями с песчаным заполнителем, а верхние части разреза представлены теми же отложениями, но с песчано-глинистым и суглинистым заполнителем.

В высокогорном гидрогеологическом районе в формировании переуглубленных речных долин в условиях активных неотектонических поднятий существенную роль играло ледниковое выполаживание, а в *среднегорном* – донная эрозия. Водовмещающими отложениями являются валунно-гравийно-галечниковые отложения с песчаным, реже песчано-глинистым заполнителем.

Аллювиальные плейстоценовые водоносные горизонты (a,$dpQ_{I-II,}$ aQ_{III})

Основными водоносными горизонтами, представленных в переуглубленных речных долинах (объекты работ), являются плейстоценовые. ПВ этих горизонтов приурочены к аллювиальным валунно-галечниковым и валунно-гравийно-галечниковым отложениям с песчаным и песчано-глинистым заполнителем. Мощность водовмещающих отложений (по данным ГИС) изменяется от 8-10 до 50 м. При проведении поисково-оценочных работ в скважинах опробывания данного горизонта

были получены расходы воды 6,2-16,0 л/с (р. Самур – р. Ахты) при понижениях от 1,05 до 2,03 м, удельные дебиты 3,1-15,2 л/с. Водоносный горизонт достаточно водообилен: коэффициент фильтрации изменяется от 21,1 м/сут (уч. «Химойский») до 36,6 м/сут (уч. «Итум-Калинский»). Уровни грунтовых вод фиксируются на глубинах от 0,83 м выше поверхности земли (самоизлив) до 8,6 м ниже. По химическому составу ПВ аллювиальных отложений преимущественно гидрокарбонатные и сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые с величиной сухого остатка 0,3-0,9 г/дм^3, общей жесткости 7-10 мг-экв/дм^3 и в целом отвечают требованиям СанПиН 2.1.1074-01 для централизованного водоснабжения.

В пределах высокогорного района оценено Хачаройахкское месторождение пресных ПВ аллювиального верхненеоплейстоцен-голоценового водоносного горизонта (aQ_{III-IV}) (табл. 2) Водоносный горизонт безнапорный, незащищенный; область питания совпадает с областью распространения. Питание осуществляется за счет инфильтрации речных вод и атмосферных осадков; разгрузка – родниками, в меженный период – в реки. Подсчёт запасов ПВ выполнен методом численного моделирования. Утвержденные запасы приведены в таблице 2 [2].

Таблица 2

Хачаройахкское месторождение пресных ПВ

Наименование месторождения, участка ПВ	Административное положение	Категория запасов	Сумма запасов, тыс.м^3/сут	Год утверждения, инстанция
Хачаройахкское месторождение	Итум-Калинский р-н, с. Ведучи	В	1,2	07.08.2013 г. ТКЗ по ЧР № 1/13

Ресурсный потенциал ПВ аллювиального неоплейстоценового водоносного горизонта, приуроченного к переуглублениям речных долин, сегодня имеет приоритетное значение для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населения горных районов ЧР. ПВ горных речных долин имеют ряд неоспоримых экологических и экономических преимуществ перед поверхностными водами. При этом гидрогеологические условия территории благоприятны с точки зрения возможности организации хозяйственно-питьевого водоснабжения за счёт ПВ, приуроченных к переуглублениям речных долин. Это позволит полностью обеспечить пресными ПВ населенные пункты Шатой, Химой и Итум-Кале, расположенные в непосредственной близости от рек.

Палеоцен-эоценовый относительно водоупорный горизонт (P_{1-2})

Водоносный горизонт прослеживается очень узкой полосой от р. Элистанжи до р. Хулхулау. В предгорной части территории в области неглубокого залегания водовмещающих пород развиты грунтовые воды, приуроченные к мергелям, известнякам и песчаникам. Водообильность их характеризуется дебитами родников, которые изменяются от 0,15 до 1 л/с. Воды гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией 0,2-0,6 г/дм^3. Воды палеоцен-эоценовых отложений в области неглубокого погружения вскрыты только одной скважиной у с. Шатой на глубине 153 м. Пьезометрический уровень +30 м. Дебит скважин составил 10 л/с при понижении 19,5 м. Воды хлоридно-гидрокарбонатные магниево-кальциевые с минерализацией 0,6 г/дм^3. Практического значения для водоснабжения в районе работ данный водоносный горизонт не имеет.

Верхнемеловой водоносный горизонт (K_2)

Прослеживается на поверхности в районе Скалистого и Пастбищного хребтов и к северу погружается под более молодые образования. Водоносность отложений верхнего мела связана с трещинами и тектоническими нарушениями, развитыми в толще

известняков с прослоями мергелей, доломитов, реже – песчаников. В соответствии с этим по характеру циркуляции – это трещинно-карстовые и трещинно-жильные воды. В горной части территории, где отложения верхнего мела развиты на поверхности, наблюдаются выходы родников, дебиты которых изменяются от 0,07 до 12 л/с (преобладают 0,1-0,5 л/с). По составу воды хлоридно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые, гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-натриевые и сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-натриевые. Минерализация 0,1-0,6 г/дм^3. Следует отметить, что в долине р. Чанты-Аргун зафиксированы многочисленные восходящие минеральные источники с дебитами от 7 до 46 л/с. Воды хлоридные натриевые с повышенным содержанием сероводорода. Минерализация 11-14 г/дм^3. Область питания верхнемелового водоносного горизонта совпадает с площадью выходов его отложений на поверхность. Питание вод происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков, а также возможно перетекание из поверхностных водотоков; разгрузка – родниками, по склонам рек и оврагов, а также по глубинным разломам. На участках развития отложений верхнего мела близко к поверхности земли родники используются для питьевого водоснабжения местного населения.

Нижнемеловой водоносный комплекс (K_1)

Этот водоносный комплекс развит в пределах Скалистого и Пастбищного хребтов. В его составе выделяют *аптско-альбский, готерив-барремский и валанжинский* водоносные горизонты.

Водоносными являются трещиноватые, местами закарстованные известняки и мергели баррема, готерива, валанжина, альба и апта. По характеру циркуляции воды трещинные и трещинно-жильные. Водоупорами служат глинистые песчаники альба и апта. Воды зоны активной циркуляции являются грунтовыми. Дебиты родников, связанных с нижнемеловыми отложениями, варьируют в пределах от 0,08 до 13,2 л/с, преобладают 3-4 л/с. Воды сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые и гидрокарбонатные магниевые с минерализацией 0,2-2,5 г/дм^3 (преобладает 0,5-1 г/дм^3). Наиболее значительные притоки воды были получены из песчаников готерива. Дебиты скважин здесь при самоизливе достигали 82 л/с. Производительность скважин, выведших воду из более высоких горизонтов, не превышала 1,1 л/с. Питание нижнемелового водоносного комплекса осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Движение вод происходит в северо-восточном направлении по падению пород. В горной части республики воды отложений нижнего мела могут быть использованы для питьевых и хозяйственных целей путем каптажа родников.

Верхнеюрский водоносный горизонт (J_3)

Верхнеюрские отложения протягиваются полосой с запада на восток. К северо-востоку отложения погружаются на большую глубину под нижнемеловые отложения. Наиболее водообильными в водоносном горизонте верхнеюрских пород являются известняки трещиноватые, местами закарстованные, а также доломиты титонского яруса, мощность которых составляет 40-60 м. Воды преимущественно трещинные, трещинно-карстовые, реже пластовые и пластово-трещинные. В зоне неглубокого залегания (зона активной циркуляции) ПВ относятся к грунтовым. На участках погружения воды верхнеюрского горизонта не изучены. Наиболее водообильные родники отмечаются вдоль линии крупных тектонических нарушений. Дебиты одиночных родников изменяются от 0,01 до 20 л/с, на западе Скалистого хребта преобладают 1-3 л/с, а на востоке – 0,01-1,2 л/с. Воды в основном сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые и хлоридно-сульфатные магниево-кальциевые с минерализацией от 0,7 до 3,5 г/дм^3. Питание водоносного горизонта происходит за счет атмосферных осадков, а также за счет речных вод в местах, где эти породы слагают ложе долин. Движение вод происходит в северо-восточном направлении. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения воды верхнеюрских отложений имеют большое значение. В пределах зоны активной циркуляции многочисленные источники каптированы и широко используются для водоснабжения населенных пунктов.

Нижне- и среднеюрский водоносный горизонт (J_{1-2})

Отложения нижней и средней юры полосой обнажаются на крайнем юге исследуемой территории от западной до восточной границ. К северу и северо-востоку отложения погружаются на большую глубину под верхнеюрские и меловые образования. Представлены мощной толщей практически безводных глинистых сланцев с незначительными прослоями (0,2-2,5 м) трещиноватых песчаников и алевролитов. ПВ приурочены к зонам выветривания этих отложений и тектонических нарушений. В первом случае получили развитие грунтовые воды, во втором – напорные воды спорадического распространения. Водоносность отложений нижней и средней юры незначительна, что объясняется слабой водопроницаемостью глинистых сланцев. Дебиты отдельных родников изменяются от 0,01 до 3,5 л/с (преобладают 0,3-0,8 л/с). В зоне активной циркуляции эти воды пресные с минерализацией 0,2-0,5 г/дм^3, гидрокарбонатные кальциевые, реже сульфатно-гидрокарбонатные натриевые. Воды более глубокой циркуляции – хлоридные натриево-магниевые с минерализацией от 3,2 до 8,3 г/дм^3. Движение вод горизонта происходит в северо-восточном направлении по направлению падения пород. Питание водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Область питания находится на Боковом хребте, в зоне поверхностного развития нижне- и среднеюрских отложений. Воды не имеют существенного значения для водоснабжения, однако в горной части используются небольшими горными селениями.

Результаты обследования действующих родников, каптажей, водозаборов и характеристика качества подземных вод

Обследование действующих водозаборов проводилось с целью изучения: состояния ПВ эксплуатируемого водоносного горизонта в границах объекта; технического состояния водозаборных сооружений; состояния зон санитарной охраны водозаборов. В результате обследования собраны данные о типах водозаборных сооружений и их размерах, времени начала эксплуатации, выполнении лицензионных условий, количестве действующих эксплуатационных, наблюдательных и неработающих (резервных) водопунктов и их техническом состоянии, наличии и состоянии зон санитарной охраны, ведении мониторинга ПВ. Получены сведения об основных эксплуатационных водоносных горизонтах (возраст, литологический состав, глубина залегания от поверхности земли, мощность, дебит), уровне ПВ на период ввода в эксплуатацию водозаборного сооружения, водоотбор. Для оценки современного состояния качества ПВ, наличия и количественного содержания загрязняющих компонентов, а также изменения химического состава вод с начала эксплуатации водозабора, отобраны пробы воды для химического и микробиологического анализов. Проводились измерения уровня, температуры и расхода воды. По результатам исследований составлены акты обследования эксплуатационных водозаборов, схемы водозаборов с вынесением действующих, законсервированных и наблюдательных скважин [7].

Участок «Химойский». На участке обследованы 2 родника. *Родник 1* находится у дороги в вверх по правому берегу ручья (правый приток р. Чанты-Аргун), проходящей через с. Химой. Родник каптирован, вода вытекает из пластиковой трубы. Физические свойства воды: температура 12^{0}С, бесцветная, прозрачная, приятная на вкус. Дебит источника, замеренный объемным методом, составляет 0,2 л/с. Расчистка показала нисходящий выход ПВ. *Родник 2* находится в 750 м от слияния р.р. Шаро-Аргун и Цесси-Ахк (левый приток р. Чанты-Аргун) вверх по течению р. Цесси-Ахк по левому берегу. Родник каптирован природным камнем, вода вытекает из металлической трубы. Физические свойства воды: температура 11^{0}С, бесцветная, прозрачная, без вкуса. Расчистка в месте выхода показала нисходящий выход ПВ. Дебит источника, замеренный объемным методом, составляет 0,25 л/с типа [3, 4]. Воды родников по химическому составу преимущественно гидрокарбонатные, кальциево-магниевые. Присутствуют также сульфатно-гидрокарбонатные и сульфатные магниево-кальциевые. По всем обследованным родникам воды пресные с величиной минерализации 0,3-0,6

г/дм^3. Лишь по роднику, вытекающему из юрских отложений, она составляет 1,8 г/дм^3, жесткость равна 26,4 мг-экв/дм^3. По остальным родникам по величине общей жесткости воды средней мягкости с величиной от 3,2 до 6,3 мг-экв/дм^3, нейтральные либо слабощелочной реакции (pH 6,8-8,6). Нитриты и аммоний в воде отсутствуют, а концентрация нитратов не превышает ПДК (0,9-4,0 мг/дм^3), что свидетельствует о благоприятной санитарной обстановке на участке. Содержание нормируемых микрокомпонентов, нефтепродуктов, радиоактивных элементов, органолептические показатели в водах родников участка «Химойский» не определялось. Воды участка также охарактеризованы по результатам опробования пробуренной поисково-оценочной скважины, мониторинга качества по ней, а также по обследованным родникам. Скважина вскрыла гидрокарбонатные кальциевые воды, пресные с величиной минерализации 0,3 г/дм^3. В процессе режимных наблюдений химический состав в ней изменялся до сульфатно-гидрокарбонатного магниево-кальциевого, минерализация достигала 0,2-0,5 г/дм^3. Колебания связаны с сезонами года; увеличение минерализации приурочено к меженному периоду (месяц март); снижение – к июню (паводковый период). По величине общей жесткости воды средней мягкости с величиной от 3,1 до 5,5 мг-экв/дм^3, нейтральные либо слабощелочной реакции (pH 6,9-7,5). Нитриты и аммоний в воде отсутствуют, а концентрация нитратов не превышает предельно-допустимых концентраций (ПДК) (1,2-23,9 мг/дм^3); нормируемые микрокомпоненты содержатся в допустимых пределах. Результаты определения микрокомпонентов (Al, Be, B, Cd, Cu, Mn, Pb и др.) по всем исследуемым участкам показали, что их содержание значительно ниже установленных для питьевых вод ПДК за исключением Mn (на участке «Итум-Калинский» при значении ПДК= 0,1 составляет 0,78). Содержание нефтепродуктов (суммарно менее 0,005 мг/дм^3 при норме 0,1 мг/дм^3), фенольный индекс (<0,001мг/дм^3) и АПАВ (<0,025мг/дм^3), а также радиоактивных элементов (альфа- и бета-радиоактивность – 0,044 и менее 0,1 Бк/дм^3 соответственно) в воде находится в концентрациях, в разы ниже ПДК. По органолептическим показателям воды также соответствуют гигиеническим нормам: запах и привкус отсутствуют, цветность составляет менее 5 градусов, мутность равна менее 0,58-0,69 ЕМФ при норме 1,5 ЕМФ. По микробиологическим показателям воды участка «Химойский» (по заключению филиала ФБУЗ «ЦГиЭ» в ЧР в Шатойском районе (№ 01/795-02 от 01.06.2015 г.)) соответствуют требованиям действующих СанПиН [7].

Участок «Шатойский». На участке выявлены 3 водозабора из 5 скважин. *Водозабор «Борзой»* состоит из 3 скважин, расположенных в границах населенного пункта Шатой. Глубина скважин достигает 300 м. Они оборудованы погруженными центробежными насосами типа ЭЦВ 8-25-150. Эксплуатационным водоносным горизонтом на водозаборе является верхнемеловой карбонатный горизонт (K_2), представленный трещиноватыми известняками. В работе находятся 2 скважины. Режим работы круглосуточный. Дебиты при откачке составляют 25 м^3/час (7 л/с) при понижении уровня 25,0 м. Удельный дебит составляет 0,36 л/с. По химическому составу воды в скважинах гидрокарбонатно-сульфатные, натриево-кальциевые с общей минерализацией 560 мг/дм^3. По микробиологическим показателям и химическому составу воды в скважинах согласно требованиям СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода и водоснабжение населенных пунктов» соответствуют требованиям к питьевой воде. *Водозабор «Шатой*» состоит из 2 одиночных скважин. Одна скважина, введенная в эксплуатацию в 1988 г., находится в с. Шатой на правом берегу р. Аргун. Глубина 280 м. Эксплуатационным водоносным горизонтом на водозаборе является верхнемеловой горизонт (K_2), представленный трещиноватыми известняками. Дебиты при откачке составляют 8 м^3/час (2,2 л/с) при понижении уровня 23,0 м. По химическому составу воды в скважинах гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые с общей минерализацией 0,5 г/дм^3. По микробиологическим показателям и химическому составу вода в скважине согласно требованиям СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода и водоснабжение населенных пунктов» соответствует требованиям к питьевой воде. Вторая скважина находится в Шатойском районе в с. Памятой на правом берегу р. Аргун. Была введена в

эксплуатацию в 1988 г. Глубина 280 м. На данный момент скважина законсервирована. Дебит при откачке составлял 9 м^3/час при понижении уровня на 7,0 м. Эксплуатационным водоносным горизонтом на водозаборе является слабоводоносный верхнемеловой карбонатный комплекс (K_2), представленный водоносными трещиноватыми известняками. По микробиологическим показателям и химическому составу вода в скважине соответствует требованиям к питьевой воде. По результатам обследования были составлены акты обследования эксплуатационных водозаборов ПВ, схемы водозаборов с вынесением действующих и законсервированных. Характеристика качества воды на участке приводится по результатам опробования пробуренной поисково-оценочной скважины, ведения мониторинга качества по ней, а также по 2 обследованным родникам. Скважина вскрыла сульфатно-гидрокарбонатные магниево-кальциевые воды, пресные, с величиной минерализации 0,6 г/дм^3. В процессе режимных наблюдений химический состав в ней изменялся до гидрокарбонатного при неизменном катионном составе. Минерализация понижалась до 0,5 г/дм^3 в паводковый период. Величина общей жесткости воды изменяется от 6,2 до 7,35 мг-экв/дм^3, pH составляет 7,0-7,4. Нитриты и аммоний в воде отсутствуют, лишь в единичном случае зафиксировано содержание аммония в количестве 0,2 мг/дм^3, не превышающем норму. Концентрация нитратов в течение периода режимных наблюдений изменялась от 7,8 до 30,6 мг/дм^3 , не превышая, однако, ПДК. Содержание железа в норме – от менее 0,1 до 0,2 мг/дм^3. Нормируемые микрокомпоненты в ПВ участка «Шатойский» содержатся в допустимых пределах. Следует отметить очень низкое содержание фтора (менее 0,2 мг/дм^3). Содержание нефтепродуктов (суммарно 0,023 мг/дм^3 при норме 0,1 мг/дм^3), фенольный индекс (<0,001мг/дм^3) и АПАВ (0,34 мг/дм^3), а также радиоактивных элементов (альфа- и бета-радиоактивность – 0,02 и менее 0,1 Бк/дм^3, соответственно) в воде находятся в концентрациях, значительно ниже ПДК. По органолептическим показателям воды также соответствуют гигиеническим нормам: запах – 1 балл, привкус отсутствует, цветность составляет менее 5 градусов, мутность равна менее 0,58 ЕМФ при норме 1,5 ЕМФ. Воды родников по химическому составу преимущественно гидрокарбонатные, магниево-кальциевые, пресные с величиной минерализации 0,5-0,6 г/дм^3. Величина общей жесткости изменяется в пределах от 5,8 до 7,3 мг-экв/дм^3, по водородному показателю воды нейтральные либо слабощелочной реакции (pH 6,2-7,3) Нитриты в воде не обнаружены, а концентрация нитратов в роднике 2 незначительно превышает ПДК (49,3 мг/дм^3 при норме 45 мг/дм^3), что свидетельствует о неблагоприятной санитарной обстановке на данной территории. В воде родника 1 нитраты содержатся в количестве 28,3 мг/дм^3. Содержание нормируемых микрокомпонентов, нефтепродуктов, радиоактивных элементов, органолептические показатели в водах родников участка «Шатойский» не определялось. По микробиологическим показателям воды участка «Шатойский» по заключению филиала ФБУЗ «ЦГиЭ» в ЧР в Шатойском районе (№01/795-02 от 01.06.2015 г.) соответствуют требованиям действующих СанПиН [7].

Участок «Итум-Калинский. На участке обследовано 8 родников. Родники 1-4, 7, 8 каптированы природным камнем либо пластиковой трубой. Они используются местным населением для питья и хозяйственных нужд. Воды родников по химическому составу преимущественно сульфатно-гидрокарбонатные кальциево-магниевые. Присутствуют также гидрокарбонатные и сульфатные, а по катионному составу магниево-кальциево-натриевые, кальциево-натриево-магниевые, натриево-кальциево-магниевые и натриево- магниево-кальциевые. По большинству обследованных родников воды пресные с величиной минерализации 0,6-0,8 г/дм^3, в двух родниках (2 и 8) величина минерализации составляет 1,1-1,24 г/дм^3, жесткость равна соответственно 13,9 и 11,7 мг-экв/дм^3. По остальным родникам величина общей жесткости составляет 5,7-11,0 мг-экв/дм^3, pH 6,7-7,8. Нитриты в воде отсутствуют, а концентрация нитратов и аммония не превышает ПДК (0,9-4,0 мг/дм^3 и 0,01-0,2 мг/дм^3 соответственно), что свидетельствует о благоприятной санитарной обстановке на участке. Содержание нормируемых микрокомпонентов, нефтепродуктов, радиоактивных элементов,

органолептические показатели в водах родников участка «Итум-Калинский» не определялось. Воды охарактеризованы по результатам опробования пробуренной поисково-оценочной скв. № 4, мониторинга качества по ней, а также по 8 обследованным родникам. Скважина вскрыла сульфатно-гидрокарбонатные натриево-магниево-кальциевые воды, пресные с величиной минерализации 0,7 г/дм^3. В процессе режимных наблюдений химический состав их не изменялся, при этом в паводковый период отмечалось уменьшение содержания натрия о 68,3 до 26,4 мг/дм^3 и хлора от 69,5 до 19,5 мг/дм^3. Величина минерализации колеблется в пределах от 0,5-0,7 г/дм^3. Колебания связаны с сезонами года; увеличение минерализации приурочено к меженному периоду (март месяц), снижение – к июню (паводковый период). По величине общей жесткости воды средней мягкости с величиной от 4,4 до 5,8 мг-экв/дм^3, нейтральные до слабощелочной реакции (pH 6,6-7,5). Нитриты и аммоний в воде отсутствуют, а концентрация нитратов не превышает ПДК (0,6-1,0 мг/дм^3). Нормируемые микрокомпоненты в воде участка «Итум-Калинский» содержатся в допустимых пределах, за исключением марганца (7,8 ПДК). Судить однозначно по единичной пробе о повышенном содержании марганца на участке невозможно. Требуется дополнительное изучение качества воды. Содержание нефтепродуктов (суммарно 0,008 мг/дм^3 при норме 0,1 мг/дм^3), фенольный индекс (<0,001мг/дм^3) и АПАВ (<0,025мг/дм^3), а также радиоактивные элементы (альфа- и бета-радиоактивность – 0,06 и 0,1 Бк/дм^3, соответственно) в воде находятся в концентрациях, существенно ниже ПДК. По органолептическим показателям воды также соответствуют гигиеническим нормам: запах, привкус и цветность отсутствуют, мутность равна менее 0,58 ЕМФ при норме 1,5 ЕМФ. По микробиологическим показателям воды участка «Итум-Калинский» (по заключению филиала ФБУЗ «ЦГиЭ» в ЧР в Шатойском районе (№01/795-02 от 01.06.2015 г.)) соответствуют требованиям действующих СанПиН [7]. В табл. 3 приведены представленные к утверждению запасы пресных ПВ по результатам поисково-оценочных работ на питьевые воды для обеспечения водоснабжения населенных пунктов Итум-Кале, Химой, Шатой по состоянию на 01.06.2015 г.

Таблица 3

Запасы пресных ПВ по результатам поисково-оценочных работ
по состоянию на 01.06.2015г.

№ п/п	Наименование участка	Водопотребность, тыс.м^3/сут	Водопотребитель	Водоносный горизонт	Запасы подземных вод по категориям, тыс.м^3/сут	
					C_1	C_2
1.	Химойский	1,0	с. Химой	Аллювиальный неоплейстоценовый водоносный горизонт	1,0	-
2.	Шатойский	1,0	с. Шатой		1,0	-
3.	Итум-Калинский	1,0	с. Итум-Кале		1,0	-
	Итого:	*3,0*			*3,0*	*0*

По степени изученности участки «Химойский», «Шатойский» и «Итум-Калинский» предлагается отнести к разведанным. Прирост запасов на участках в дальнейшем следует осуществлять только по данным мониторинга эксплуатации водозаборов ПВ, который необходимо организовать на всех эксплуатационных участках.

Заключение. Таким образом, исследуемый район обладает определенным потенциалом питьевых ПВ в виде родниковых рек и родников, вод артезианских горизонтов и др. В целом по всем участкам исследуемой территории были обследованы

12 родников и 3 поисково-оценочные скважины. По микробиологическим показателям все исследованные воды соответствуют требованиям действующих СанПиН. Минерализация 0,3-0,7 г/дм^3 (за исключением родников 2 и 8 (в них величина минерализации – 1,1-1,24 г/дм^3)). Бережное отношение и рациональное их использование в целях сохранения для нынешних и будущих поколений имеет важное практическое значение. К сожалению, сегодня не всегда и не везде соблюдается специальный режим водоохранных зон, лимитирование водопользования, что может привести к серьезным экологическим последствиям. Необходимо продолжить поисково-оценочные и разведочные работы с целью наращивания ресурсной базы подземных ПВ в целом по территории ЧР, а также комплексные исследования для выявления сезонной динамики основных гидрологических параметров (дебит, температура, минерализация и т.д.), других гидрохимических и гидробиологических особенностей. Всестороннее изучение водных объектов на территории ЧР будет способствовать решению задач по их рациональному использованию в соответствии с принципами концепции устойчивого развития.

Литература

1. *Висмурадов А.В., Гацаева Л.С., Даукаев А.А.* Геоэкологические проблемы термальных и пресных подземных вод восточной части Чеченской Республики // В сборнике: Актуальные проблемы защиты окружающей среды и техносферной безопасности в меняющихся антропогенных условиях – Белые ночи-2014. Материалы Международной научно-практической конференции. Ответственные редакторы: *О.Н. Русак, И.Д. Алборов, Д.К-С. Батаев. 2014*. С. 529-532.
2. *Даукаев А.А., Висмурадов А.В., Даукаев Асл. А.* Характер распределения и закономерности изменения гидрологических параметров родниковых вод на территории Чеченской Республики // В сборнике: Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции. 2015. С. 221-226.
3. *Даукаев А.А., Гацаева Л.С., Аслан А.Д., Абумуслимова И.А.* История изучения и использования подземных вод и их источников на территории Чеченской Республики // Вестник Академии наук Чеченской Республики. 2017. № 4 (37). С. 84-89.
4. *Даукаев А.А.,. Даукаев Аслан А., Джабраилов С.-Э.М.* Уникальные гидрологические объекты на территории Чеченской Республики и их рекреационный потенциал // Вестник Академии наук ЧР, № 3, 2015. С. 96-102.
5. Доклад «О состоянии окружающей среды ЧР в 2008 г.» / Составители: *Болотбиев Х.Р., Мусиханов Р.Л., Шахтамиров Н.Я. и др.* Грозный, 2009. 317 с.
6. Минерально-сырьевые ресурсы Чеченской Республики. Монография /под редакцией Керимова И.А., Аксенова Е.М. Грозный, 2015. 522 с.
7. *Оздоева Л.И., Шаипов А.А.* Геологический отчет о результатах поисково-оценочных работ на питьевые подземные воды для обеспечения водоснабжения районных центров горной части Чеченской Республики (с. Итумкале, Химой, Шатой и Ведено) Гос.контракт №1-ГК от 21.05.2013 г. (Лицензия ГРЗ 00072 ВП). г. Грозный, 2015. 352 л., 57 р., 10/12 гр., 2 кн., 1 п. 1 м.н.
8. Daukaev Arun A., Zaburaeva Kh.Sh., Gatsaeva L.S., Daukaev Aslan A., Sarkisyan I.V., Gatsaeva S.S-A. Natural mineral waters of the Chechen Republic: current usage and prospects for development // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, vol. 579, 2020, pp. 1-7. doi:10.1088/1755-1315/579/1/012025. (20/3).

УДК 620.9 DOI:10.34708/GSTOU.2021.75.94.057

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА И СХЕМЫ ВЕТРОУСТАНОВОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

© [1]Дебиев М.В., [2]Гайсумов М.Я., [2]Бадаев С.В., [1]Эльбазуров А.Р., [1]Юсупова А.С.

[1]ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный
[2]КНИИ им. Х.И. Ибрагимова РАН, г. Грозный

В данной статье исследуются вопросы, связанные с надежностью электроснабжения и технико-экономическими показателями автономных гибридных электростанций на основе ветроустановок. Приведены некоторые данные расчетов выполненных на основе комбинации логико-вероятностных моделей деревьев отказов и марковского моделирования. Рассмотрены схемы различной конфигурации для выбора оптимального варианта, как с точки зрения надежности, так и экономичности. Выполнен анализ эффективности годовой выработки электроэнергии сравнением двух вариантов схем и количества применяемых ветроустановок.

***Ключевые слова**: ветроустановка, гибридная электроустановка, возобновляемые источники энергии, установленная мощность, выработка электроэнергии.*

Основной мировой тенденцией в развитии систем электроснабжения изолированных территорий является создание гибридных систем электроснабжения, которые увеличивают долю возобновляемых источников энергии в структурах генерации электроэнергии. Такие системы экономят топливо (и снижают транспортные расходы), тем самым улучшая местную окружающую среду.

Специфическими особенностями энергопотребления в отдаленных районах являются низкая плотность электрических нагрузок между потребителями и высокая интенсивность потребления через регулярные промежутки времени. В зависимости от региона и уровня экономической активности потребление электроэнергии может достигать сотен киловатт-часов в сутки.

Производственные мощности возобновляемых источников энергии в значительной степени зависят от природных факторов, характеризующихся изменчивостью и, отчасти, непредсказуемостью. Незапланированные отключения возобновляемых источников энергии могут произойти в результате сбоев самого оборудования и неблагоприятных погодных условий.

Изучение надежности автономных гибридных станций и алгоритмов выбора оптимальной конфигурации оборудования с учетом его мощности, технических характеристик и климатических условий является важным направлением в науке. Актуальность оценки эффективности использования возобновляемых источников энергии и надежности систем электроснабжения на их основе подтверждена в работах [1,2,3,4,5,6,7,8].

Имеются все основания эффективности использования возобновляемых источников энергии ветра и солнца для некоторых регионов Северного Кавказа [9,10,11,12]. В среднем жилой поселок потребляет около 180 000 кВт·ч в год, в то время как животноводческий комплекс по производству молока на 200 голов потребляет около 384 000 кВт·ч в год. Данный тип потребителей электроэнергии относится к первой и второй категориям надежности электроснабжения. В этом случае электроснабжение должно осуществляться от двух независимых взаиморезервирующих источников питания.

В таблице 1 и 2 приведены выходные энергетические параметры ветроустановок с установленными мощностями 250 и 50 кВт, рассчитанные на основе климатических характеристик ветра в селе Каргалинское Чеченской Республики. Распределение скорости ветра по диапазонам и повторяемость скорости ветра взяты из средних

статистических наблюдений за последние 20 лет. Характеристики мощности ветрогенератора указаны в соответствии с данными за год. Для данных условий расчетная годовая выработка электроэнергии составляет 480 113,7 кВт·ч.

Таблица 1

Расчет производства электроэнергии ВЭУ мощностью 250 кВт

Диапазон скорости ветра	Средняя скорость ветра, м/с	Вероятность скорости ветра, %	Количество часов в году, ч	Мощность ВЭУ, кВт	Производство эл/эн, кВт·ч
0 - 2 м/с	1	9,5	832,2	0,0	0
3 - 6 м/с	4,5	52,25	4577,1	13,0	59 502,3
7 - 10 м/с	8,5	31	2715,6	108,0	293 284,8
11 - 14 м/с	12,5	7	613,2	199,0	122 026,8
15 - 18 м/с	16,5	0,25	21,9	242,0	5 299,8
19 - 25 м/с.	22	0	0	214,0	0
Итого		100	8760		480 113,7

Годовое производство электроэнергии ветроустановкой 50 кВт составляет 179 864,7 кВт·ч.

Таблица 2

Расчет производства электроэнергии ВЭУ мощностью 50 кВт

Диапазон скорости ветра	Средняя скорость ветра, м/с	Вероятность скорости ветра, %	Количество часов в году, ч	Мощность ВЭУ, кВт	Производство эл/эн, кВт·ч
0 - 2 м/с	1	9,5	832,2	0,0	0
3 - 6 м/с	4,5	52,25	4577,1	11,0	50348,1
7 - 10 м/с	8,5	31	2715,6	36,0	97761,6
11 - 14 м/с	12,5	7	613,2	50,0	30660
15 - 18 м/с	16,5	0,25	21,9	50,0	1095
19 - 25 м/с.	22	0	0	50,0	0
Итого		100	8760		179 864,7

Расчетная годовая выработка электроэнергии ветроустановкой мощностью 250 кВт соответствует коэффициенту использования установленной мощности - 21,9, а ветроустановкой мощностью 50 кВт - 41,1, в то время, как максимальное значение этого коэффициента по критерию Бетца-Жуковского составляет - 59,3.

Для проведения сравнительного анализа и разработки алгоритма выбора оптимальной конфигурации схемы в данной работе рассмотрены два типа схем электроснабжения с разным количеством ветроустановок и приведены показатели надежности для каждой из них.

Были разработаны две схемы автономного электроснабжения с одинаковой суммарной установленной мощностью 500 кВт: схема с двумя ветроустановками по 250

кВт и схема с 10-ю ветроустановками с установленной мощностью каждой 50 кВт. Обе схемы, соответственно, покрывают потребности среднестатистического села с животноводческим комплексом в электроэнергии с учетом резервного питания от аккумуляторных батарей и дизель-генераторной установки.

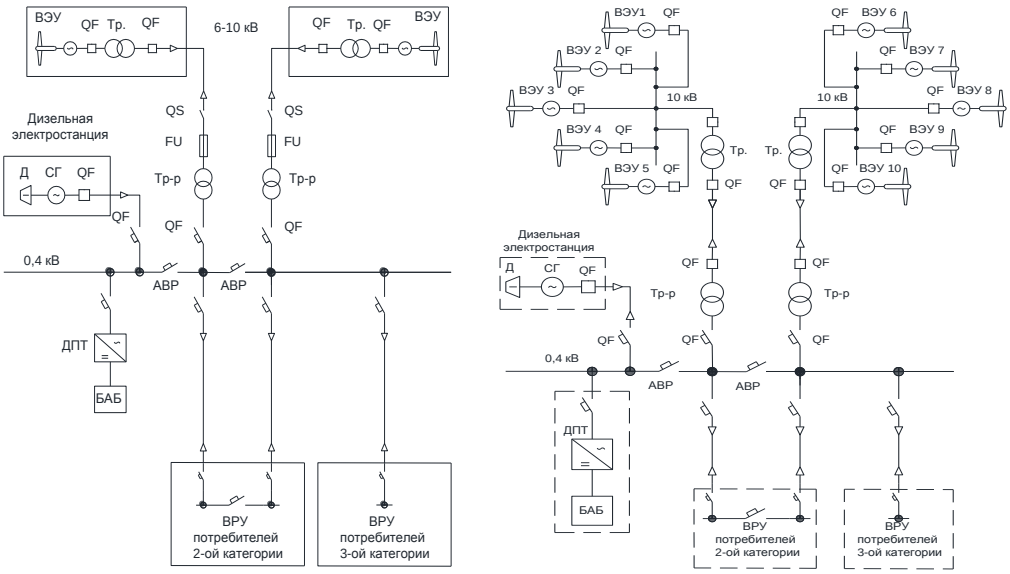


Рис. 1, 2. Однолинейные схемы ветродизельной станции, первый и второй варианты

В ходе выполнения расчетов была использована комбинация логико-вероятностных моделей деревьев отказов и марковского моделирования, которая является новым методом для оценки показателей надежности. Ее эффективность доказана в научно-исследовательских работах [11,12,13,14,15]. Результаты проведенных расчетов показателей надежности двух вариантов схем электроснабжения животноводческого комплекса на основе ВИЭ показывают, что наиболее надежной схемой автономной ветродизельной станции является вторая схема, содержащая 10 ВЭУ.

Частота скорости ветра в диапазоне от 3 до 6 м/с составляет 52,25% от общей повторяемости. В этом диапазоне скоростей ветровая турбина мощностью 50 кВт выдает мощность 11 кВт по сравнению с ветровой турбиной схемы мощностью 250 кВт, которая в этом же диапазоне скоростей выдает почти такую же мощность - 13 кВт. Номинальная выработка электроэнергии обеих ветроустановок в одинаковом диапазоне отличается незначительно, хотя установленная мощность отличается в 5 раз, а разница в стоимости также существенна. Другими словами, установленный коэффициент использования мощности схемы мощностью 50 кВт выше, чем у схемы мощностью 250 кВт.

При одинаковой суммарной установленной мощности ВЭУ в двух вариантах схем гибридной электростанции: две ВЭУ по 250 кВт и десять ВЭУ по 50 кВт, годовая выработка электроэнергии при неизменных остальных параметрах существенно отличается в пользу 2-й схемы, где годовая выработка электроэнергии увеличивается почти вдвое. Важно отметить, что годовая выработка электроэнергии двумя ветроустановками составила 960 228 кВт·ч по сравнению с электроэнергией 1 798 647 кВт·ч, вырабатываемой десятью ветряными турбинами. Разница в недовыработке годовой электроэнергии незначительна, от двух ветроустановок которая составляет 55 640 кВт·ч, по сравнению с десятью ветроустановками, для которых этот параметр соответствует 44 225 кВт·ч.

На основании оценки технико-экономических показателей для различных гибридных установок можно сделать следующий вывод: капитальные затраты схемы с двумя ветроустановками по 250 кВт ниже на 40% по сравнению со стоимостью схемы с десятью установками по 50 кВт; несмотря на меньшие затраты схемы с ВЭУ-250 кВт по сравнению со схемой с ВЭУ-50 кВт, срок окупаемости при одинаковых тарифах на электроэнергию у второй схемы с ВЭУ-50 кВт значительно ниже, формирование прибыли осуществляется быстрее, а величина экономического эффекта также увеличивается быстрее.

На выбор конфигурации схемы электроснабжения на основе возобновляемых источников влияют не только экономические факторы, такие как капитальные затраты и ущерб от недоотпуска электроэнергии, но и один из основных экономических показателей - экономическая эффективность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные выходные энергетические параметры ветроустановок с установленными мощностями 250 и 50 кВт, рассчитанные на основе климатических характеристик ветра в селе Каргалинское Чеченской Республики характеризуют благоприятные скорости ветра. В соответствии с данными мощности и ветрового потенциала приведены характеристики ветроустановок, расчетная годовая выработка электроэнергии которых составляет 480 113,7 кВт·ч. В ходе проведения анализа по сравнению схем гибридных ветроустановок по технико-экономическим показателям было выявлено, что наиболее высокую экономическую эффективность представляет вторая схема, где предлагается использование десяти ветроустановок по 50 кВт каждая.

Литература

1. *Закиров И.В.* Автономная электростанция с комбинированным накоплением энергии для сельскохозяйственных объектов: дис. ... канд. tech. - 20.05.2016. - 136 с.
2. *Керимов И.А., Дебиев М.В., Магомадов Р.А.-М, Хамсуркаев Х.И.* Ресурсы солнечной и ветровой энергии Чеченской Республики // Электронный журнал «Инженерный вестник Дона» № 1 / 2012-11 с.
3. *Дебиев М.В., Попов Г.А.* «Системная классификация факторов, определяющих выбор вариантов размещения объектов ветроэнергетики», Вестн. Астраханского государственного технического университета ун-та. Сер. Менеджмент, вычислительная техника. Информ., 2011 , №2, 15-22
4. *Безруких П.П., Арбузов Ю.Д., Борисов Г.А.* Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии в России-Санкт-Петербург. СПб: Наука, 2002 - - 314 с.
5. Расчет ветроэнергетических ресурсов / Виссарионов В.И., Кузнецова В.А., Малинин Н.К. и др. М.: Изд-во МЭИ, 1997. - 32 с.
6. *Воронин С.М.* Формирование систем автономного электроснабжения сельскохозяйственных объектов на базе возобновляемых источников энергии: автореф. дисс. докт. технические наук: 05.20.02: / Воронин Сергей Михайлович. - Зерноград. 2009. - 36 с.
7. *Кривенко Т.В.* Разработка моделей и методов оценки надежности систем автономной генерации с использованием возобновляемых источников энергии: дис. кандидат технических наук: 05.14.02. - Красноярск, 2018. - 128 с.
8. *Сохад Абу-Эльзайт, Роберт Паркин*. Экономические и экологические преимущества микросетей на основе возобновляемых источников энергии по сравнению с обычными микросетями, Конференция IEEE Green Technologies 2019 (GreenTech)
9. *Усама Аслам Ансари, Нима Сафари и К.Я. Чанг.* Оценка надежности микросетей с возобновляемой генерацией и приоритетными нагрузками, Конференция по зеленой энергии и системам IEEE 2016 (IGSEC),
10. *Субхам Саху, Томислав Драгичевич и Фреде Блаабьерг.* Устойчивое функционирование гетерогенных источников в совместных микросетях постоянного тока, Сделки IEEE по силовой электронике • Апрель 2020 г.
11. *Дурга Рао К., Саньяси Рао В.В., Верма А.К.* Методы моделирования надежности и доступности сложных систем // Анализ динамического дерева отказов: подход к моделированию. Лондон: Springer-Verlag, 2010. С. 41-64.

12. *Эльбазуров А.Р., Титова Г.Р.* Возобновляемые источники энергии для эффективного развития электроснабжения сельского хозяйства Чеченской Республики. Достижения в области автоматизации Материалы Международной Российской конференции по автоматизации, РусАвтоКон 2019, 8–14 сентября 2019 г., Сочи, Россия.
13. *Магомед Мальсагов, Галина Титова*. Целесообразность использования гибридных растений на основе возобновляемых источников энергии - Международная молодежная конференция по радиоэлектронике, электротехнике и энергетике 2020 г. (REEPE)
14. *Бурмистров А.А., Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В.* Методы расчета возобновляемых источников энергии: Учебное пособие. 2-е изд. м .: Изд-во МЭИ, 2009 - 144 с.
15. *Викторова В.С., Степанянц А.С.* Модели и методы расчета надежности технических систем. М.: 2013. 219 с.

УДК 631.423.1 DOI:10.34708/GSTOU.2021.71.62.059

РАДИОНУКЛИДЫ И ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ г. НОВОЧЕРКАССКА, РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

© Дергачева А.В., Горбунов А.С., Бураева Е.А.

ЮФУ, г. Ростов-на-Дону

В данной работе представлены результаты исследования почв г. Новочеркасска Ростовской области в 2019-2020 гг. Содержание естественных радионуклидов ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K составляет в среднем 25,5, 26,7, 367,9 Бк/кг соответственно, что не превышает среднемировых значений. Концентрация искусственного радионуклида ^{137}Cs варьирует в широких пределах в связи с его неравномерным выпадением после аварии на Чернобыльской АЭС. Средние значения содержания тяжелых металлов V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Pb в целом не превышают допустимых концентраций и характерны для типа почвы, преобладающего в области.

Ключевые слова: *почва, тяжелые металлы, естественные радионуклиды, искусственные радионуклиды, предприятие.*

Введение. Новочеркасск - крупный промышленный город юга России. Расположен на холмистой возвышенности в 40 километрах от г. Ростов-на-Дону, в 20 км от реки Дон. Новочеркасск, как и вся территория Ростовской области, простирается в пределах степной зоны, где преобладающий тип почв - чернозем обыкновенный. В черте города находится несколько заводов, крупнейшие: филиал ОАО «ОГК – 2» Новочеркасская ГРЭС (НчГРЭС), ОАО «ЭПМ - Новочеркасский электродный завод» (ЭЗ), ООО «ПК Новочеркасский электровозостроительный завод» (НЭВЗ), деятельность которых негативно сказывается на экологии города и области, что вызывает интерес у исследователей [1]. Также стоит отметить, что отходы Новочеркасской ГРЭС, работающей на угле и газе, могут содержать не только тяжелые металлы, но и радионуклиды [5, 6].

Так, **целью данной работы** является оценка влияния крупных промышленных предприятий на окружающую среду, в частности, почву г. Новочеркасска, в том числе исключение загрязнения ее природными радиоактивными элементами, которые содержатся в осевшей угольной золе ГРЭС. В процессе экспедиций 2019-2020 гг. было отобрано "методом конверта" 40 образцов верхних слоев почв (0-10 см) на 8 целинных участках (рис. 1). Группы точек отбора проб разделены на 2 области: 1 - промышленный район, где расположены вышеупомянутые предприятия, 2 - центральная часть города, которая удалена от источников загрязнения. Радионуклидный и элементный анализы проб почв проводились с помощью сцинтилляционного гамма-спектрометра «Прогресс - Гамма» и рентгенофлуоресцентного спектрометра МАКС - GVM соответственно.

Рис. 1. Карта - схема расположения точек отбора проб почвы на территории г. Новочеркасска

Результаты исследований. Ниже представлены результаты исследования проб почв на содержание в них естественных ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K (ЕРН) и искусственного ^{137}Cs (ИРН) радионуклидов. Прежде всего надо отметить, что ^{137}Cs не связан с деятельностью предприятий, речь о которых идет выше, так как данный радиоактивный элемент неравномерно выпал на территорию исследуемой местности после аварии на Чернобыльской АЭС (рис. 2).

Так, как видно из диаграмм, для естественных радионуклидов значения их удельных активностей варьируются незначительно (рис. 2).

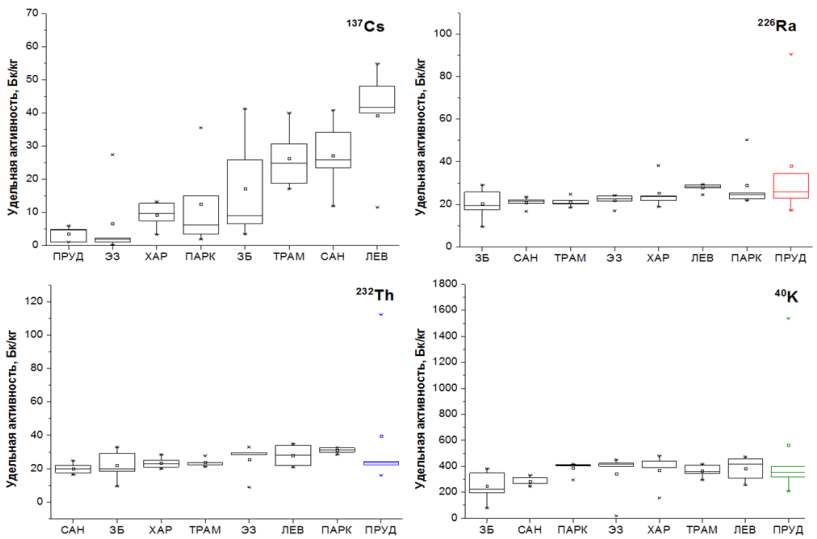


Рис. 2. Содержание радионуклидов в почве г. Новочеркасска

Также стоит обратить внимание на точку "ПРУД", на которой максимальные значения удельной активности ЕРН составили 90,5, 112,4, 1537,0 Бк/кг для ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K соответственно. Это, вероятнее всего, связано с тем, что проба на данном участке отбиралась поблизости от пруда-отстойника электродного завода, и вода с водоема, содержащая нефтепродукты, могла попасть в зону прикопки.

Ниже представлен статистический анализ полученных значений удельных активностей исследуемых радионуклидов всех проб почвы, отобранных в г. Новочеркасске в экспедициях 2019-2020 гг (табл. 1).

Таблица 1

Статистический анализ результатов измерений удельной активности проб почвы, отобранных в г. Новочеркасск (экспедиции 2019-2020 гг.)

Параметр	^{137}Cs	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Минимум, Бк/кг	0,3	9,4	8,9	18,7
Максимум, Бк/кг	54,8	90,5	112,4	1537
Среднее арифметическое, Бк/кг	17,7	25,5	26,7	367,9
Среднее геометрическое, Бк/кг	9,7	23,8	24,5	318,8
Мода, Бк/кг	1,9	23,9	28,4	416
Медиана, Бк/кг	12,3	23,2	24,1	370,5
СКО, Бк/кг	15,7	12,4	15,2	216,4
Ошибка, Бк/кг	2,5	1,96	2,4	34,2
Количество проб, шт	40			

Как видно из таблицы, средние арифметические значения для ^{226}Ra, ^{232}Th, ^{40}K составляют 25,5, 26,7, 367,9 соответственно. Данные результаты не превышают среднемировых значений, приведенных в докладе Научного комитета Организации Объединенных Наций по воздействию атомной радиации (32, 45, 412 Бк/кг) [7].

Таблица 2

Среднее содержание тяжелых металлов в почвах г. Новочеркасска, мг/кг

Вещество	Минимум	Максимум	Среднее	ООПТ	ПДК/ОДК
V	33,10	108,48	76,69	96,8	150,0/
Cr	72,20	167,50	109,21	113,0	100,0*
Co	6,03	53,85	17,05	17,2	50,0*
Ni	20,31	87,25	56,08	65,0	/80,0
Cu	28,49	175,58	59,82	53,2	/132,0
Продолжение таблицы 2					
Вещество	Минимум	Максимум	Среднее	ООПТ	ПДК/ОДК
Zn	77,07	450,96	143,62	92,0	/220
As	0,23	21,93	6,42	10,8	/10
Sr	57,69	759,78	232,74	121,4	600,0**
Pb	19,74	149,19	56,67	28,2	/130
Rb	18,51	110,28	69,55	–	–
Zr	88,00	328,26	234,24	–	–
Ba	255,66	468,03	405,29	–	–

**В России ПДК или ОДК для хрома и кобальта не существует, поэтому, в данной таблице приведены значения ПДК для почв Германии [2].*

***Нормативы ПДК или ОДК стронция в почвах не установлены; 600 мг/кг принято считать верхней границей нормального содержания валового стронция в почвах [2].*

Также был проведен анализ отобранных проб почвы на содержание в них тяжелых металлов, так как они являются одними из наиболее распространенных загрязнителей промышленных городов. Полученные результаты сравниваются с данными по содержанию элементов в особо охраняемой природной территории (ООПТ) Персиановская степь, которая считается условно чистой зоной [2], а также со значениями предельно или ориентировочно допустимых концентраций веществ (ПДК или ОДК) [3]. Концентрации элементов, для которых не указаны значения в таблице 2, определяются крайне редко. В связи с чем, провести сравнение затруднительно.

Результаты содержания элементов в почве могут быть обусловлены спецификой почвообразующих пород Ростовской области (лессовидные суглинки), характеризующейся повышенной концентрацией исследуемых элементов [4].

Кроме того, химические вещества распределяются неравномерно даже в пределах одного контрольного участка. Данный факт может быть причиной того, что средние концентрации некоторых тяжелых металлов в почвах г. Новочеркасска ниже фоновых значений. Также известно, что почвы Персиановской степи богаты органическим веществом, которое обладает хорошей поглотительной способностью, что не исключает поступление загрязняющих веществ извне и последующую их сорбцию верхними почвенными горизонтами.

Однако, стоит обратить внимание, что полученные максимальные значения содержания большинства элементов в почвах города превышают допустимые концентрации до 2,2 раз, что может быть связано в том числе и с деятельностью заводов.

Выводы. Таким образом, предприятия города Новочеркасска оказывают незначительное радиоэкологическое воздействие, в то время, как загрязнение тяжелыми металлами имеет место. Содержание тяжелых металлов в почвах местности варьирует в широких пределах и зависит от двух основных факторов: естественный фон, который определяется геохимическими аспектами, и антропогенное загрязнение в результате деятельности таких предприятий, как Новочеркасская ГРЭС, электродный завод, НЭВЗ и др.

Литература

1. Особенности распределения радионуклидов в верхнем слое почв в городе Новочеркасске, Ростовская область / *Бураева Е.А., Михайлова Т.А., Горбунов А.С., Дергачева А.В.* // Вестник Луганского государственного университета им. В. Даля. 2020. №10(40). С. 121-125.
2. Содержание и распределение тяжелых металлов и мышьяка в почвах Ростова-на-Дону / *Горбов С.Н., Безуглова О.С., Алексикова А.С., Тагивердиев С.С., Дубинина М.Н., Шерстнев А.К.* // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4.
3. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
4. *Чернова, О.В., Безуглова О.С.* Опыт использования данных фоновых концентраций тяжелых металлов при региональном мониторинге загрязнения почв // Почвоведение. 2019. №8. С. 1015-1026.
5. Gören E., Turhan S, Kurnaz. A., Garad A.M.K., Duran C., Uğur F.A., Yeğingil Z. Environmental evaluation of natural radioactivity in soil near a lignite-burning power plant in Turkey. // Applied Radiation and Isotopes. 2017. V. 129. Pp. 13-18.
6. Lieberman, Nir Roy, Izquierdo, Maria, Muñoz-Quirós, Carmen, Cohen, Haim, Chenery, Simon R. Geochemical signature of super high organic sulphur Raša coals and the mobility of toxic trace elements from combustion products and polluted soils near the Plomin coal-fired power station in Croatia. // Applied Geochemistry. 2020. V. 114.
7. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. UNSCEAR Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Vol. I. Annex B: Exposures of the public and workers from various sources of radiation. UN, NY. 2008. 463 p.

УДК 550.461 DOI:10.34708/GSTOU.2021.59.51.060

АЭРАЛЬНАЯ МИГРАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ МОРСКОЙ ВОДЫ И ИХ НАКОПЛЕНИЕ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ (ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА, КАРАДАГ)

© [1]Дрыгваль П.В., [1,2]Дрыгваль А.В., [2]Лебедев Я.О.

[1]РУДН, г. Москва
[2]Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН, г. Севастополь

В работе представлены результаты количественной оценки содержания некоторых элементов (As, Cu, Pb, Sr, Zn) в поверхностных отложениях прибрежной зоны Карадагского взморья (Южный берег Крыма). Были рассчитаны оценочные коэффициенты КК, КР и Ко. Ко рассчитывался относительно эталонной точки, которая расположена на наибольшем расстоянии от морской акватории. Показано, что среди всех исследуемых элементов отмечается высокая концентрация меди как основного элемента, участвующего в перемещении частиц аэрозолей воздушными потоками. Предположение об избирательном накоплении химических элементов на определенной высоте по склону – не подтвердилось, аэрозольного «забрасывания» элементов в пределах 1-16 метров вверх по береговому склону не происходит.

Ключевые слова: *аэральная миграция, морские аэрозоли, поверхностные отложения, Карадагское взморье, республика Крым.*

Введение

Бризовая циркуляция в весенне-летний период на Крымском полуострове является важной особенностью среди атмосферных процессов. Она связана с циклом суточного хода тепловых изменений атмосферы между сушей и морем. [4]. При этом вместе с воздушными массами происходит циркуляция естественных (морских) аэрозольных примесей, представленных жидкими и твёрдыми частицами [1].

Морской (или океанический) аэрозоль образуется при разрушении пузырьков воздуха на гребнях волн. При разрыве покрывающей пузырек пленки в воздух поступают мелкие частицы, подвергающиеся потере значительной части воды.

Аэрозоли континентального и океанического происхождения отличаются составом. Аэрозоли, образованные с поверхности континентов, чаще всего содержат терригенные элементы, среди которых: Si, Al, Fe, Ti, Zr, Y, La, Sc [2]. Морской аэрозоль имеет главные компоненты солевого состава воды, однако, он также аномально обогащен некоторыми элементами, такими как Pb, Cu, Mn, Fe, Cd, Hg, Ag, Zn, As, Sb, Sr, Bi [2, 7]. Таким образом, система «море-суша» имеет активный массообмен в том числе и тяжелыми металлами.

Такой массообмен в виде перемещения частиц аэрозолей воздушными потоками называется аэральной миграцией. Поверхность морей является одним из основных источников аэрозолей естественного происхождения, которые мигрируют за счет бризовой циркуляции на сушу. Аэрозоли, осаждаясь на поверхности почв, могут вовлекаться и играть значительную роль в процессах почвообразования. Аэрозольные частицы, включаясь в состав почвенного субстрата, оказывают влияние на химический состав и генезис почв у морских побережий и прибрежных пляжных наносов [5]. Объёмы переноса тяжелых металлов с морскими аэрозолями небольшие, но достаточны для выявления особенностей изменения химического состава прибрежных почв и пляжных наносов. Данный вопрос довольно актуален, например, в настоящее время российскими учеными хорошо изучено поведение аэрозолей в Арктике и в пределах озера Байкал [3].

Целью данной статьи является рассмотрение процесса аэральной миграции ряда химических элементов и оценка их концентрации в прибрежных поверхностных отложениях части Южного берега Крыма.

Материалы и методы

В рамках проведенного исследования был взят береговой участок Карадагского заповедника, вдоль которого отбирались пробы поверхностных отложений. Поверхностные отложения были представлены пляжными наносами, делювиальными отложениями, образованными, главным образом, песчаным, песчано-дресвяным материалом. В качестве эталонной точки для сравнения данного материала была взята проба с территории, наименее подверженной воздействию морских волн, - с вершины хребта «Магнитный» (298 метров над уровнем моря) – точка 11 (рис. 1). Здесь материал представлен дерново-бескарбонатной маломощной супесчаной скелетной почвой, сложенной на элювии верхнеюрских вулканических брекчий [8].

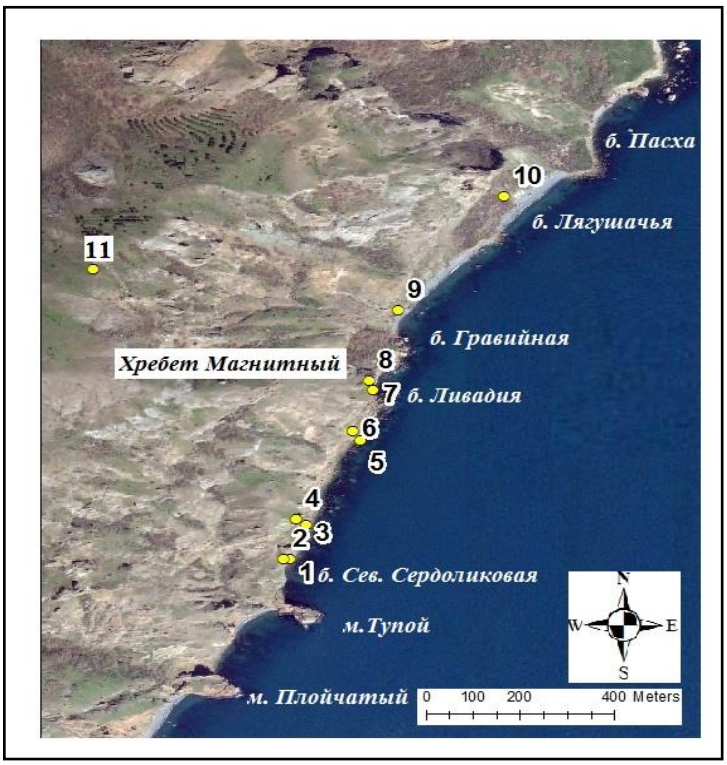


Рис. 1. Участки пробоотбора вдоль части береговой линии Карадагского взморья

Материал проб для дальнейшей оценки содержания в них химических элементов был отобран в поверхностной части отложений посредством прикопок до 10 см в глубину. Отбиралась проба массой до 200 грамм. Выполнялся рентгенофлуоресцентный анализ подготовленного материала поверхностных отложений и почв с применением последовательного волнодисперсионного спектрометра S4 PIONEER на базе лаборатории химико-аналитических исследований ГИН РАН. Проводилась оценка актуального pH раствора водной вытяжки отобранных проб.

Информация о места взятия проб для дальнейшего их исследования представлена ниже в таблице 1.

Таблица 1

Информация о местах пробоотбора поверхностных отложений прибрежной зоны Карадага

Место исследования	Описание геологических условий (подстилающие породы)	Описание растительности	Номер пробы	координаты	Высота н.у.м.
1	2	3	4	5	6
Нижняя часть эрозионного склона у мыса «Тупой»	Вулканическая часть территории Карадагского заповедника, представленная андезитами	В травянистом ярусе преобладает кохия стелющаяся (*Kochia prostrate*) и бородач кровоостанавливающий (*Botriochloa ischaemum*), единично представлены кустарники груши высотой около 50 см.	1	44°55‘680 N 35°14‘760 E	2 м
Средняя часть эрозионного склона у мыса «Тупой»	Вулканическая часть территории Карадагского заповедника, представленная андезитами	Злаки (житняк понтийский (*Agropyron ponticum*)) образуют локальные группы. Встречается кохия стелющаяся (*Kochia prostrate*) и эфедрой двуколосковой (*Ephedra distachya*).	2	44°55‘679 N 35°14‘753 E	8 м
Нижняя часть эрозионного склона у бухты «Северная Сердоликовая»	Вулканическая часть территории Карадагского заповедника, представленная андезитами	Преобладающие виды травяного яруса – пырей (*Elytrigia*) и кохия стелющаяся (*Kochia prostrate*), единично представлена фисташка туполистная (*Pistacia mutica*).	3	44°55‘721 N 35°14‘779 E	1 м
Верхняя часть эрозионного склона у бухты «Северная Сердоликовая»	Вулканическая часть территории Карадагского заповедника, представленная андезитами	Преобладают: эфедра двуколосковая (*Ephedra distachya*), кохия стелющаяся (*Kochia prostrate*), пырей (*Elytrigia*), отдельно встречается василёк (*Centaurea*).	4	44°55‘729 N 35°14‘767 E	12 м
Средняя часть эрозионного склона у мыса между бухтами «Северная Сердоликовая» и «Ливадия»	Вулканическая часть территории Карадагского заповедника, представленная андезитами	В травянистом ярусе доминирует кострец *(Bromopsis*), так же представлена кохия стелющаяся (*Kochia prostrate*), эфедра двуколосковая (*Ephedra distachya*), житняк понтийский (*Agropyron ponticum*), дубравник беловойлочный (*Theucrium polium*), локально распространена камнеломка (*Saxifraga*). Встречается фисташка туполистная (*Pistacia mutica*) высотой 60-80 см	5	44°55‘825 N 35°14‘841 E	7 м

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Верхняя часть эрозионного склона у мыса между бухтами «Северная Сердоликовая» и «Ливадия»	Вулканическая часть территории Карадагского заповедника, представленная андезитами	В травянистом ярусе из злаковых преобладают: костёр (*Bromus*). Кроме того, встречается перловник крымский (*Melica taurica*), дубравник беловойлочный (*Theucrium polium*), эфедра двуколосковая (*Ephedra distachya*). Единично представлена фисташка туполистная (*Pistacia mutica*).	6	44°55‘837 N 35°14‘832 E	14 м
Нижняя часть эрозионно-аккумулятивного склона у бухты «Ливадия»	Вулканическая часть территории Карадагского заповедника, представленная дацитами	В непосредственной близости к роднику образованы заросли тростника (*Molinieae*), ежевики (*Rubus*) и скумпии (*Cotinus*).	7	44°55‘887 N 35°14‘964 E	2 м
Средяя часть эрозионно-аккумулятивного склона у бухты «Ливадия»	Вулканическая часть территории Карадагского заповедника, представленная дацитами	Среди растений преобладает пырей (*Elytrigia*) и скумпия (*Cotinus*).	8	44°55‘899 N 35°14‘953 E	9 м
Нижняя часть оползневого склона у бухты «Гравийная»	Вулканическая часть территории Карадагского заповедника, представленная дацитами	В мозаичном распространении растительного покрова доминирует кохия стелющаяся (*Kochia prostrate*), встречается овсяница валлийская (типчак) (*Festuca valesiaca*).	9	44°55‘985 N 35°14‘884 E	2 м
Верхняя часть эрозионного склона у бухты «Лягушачья»	Вулканическая часть территории Карадагского заповедника, представленная дацитами	В растительном покрове преобладает житняк понтийский (*Agropyron ponticum*). Менее распространена кринитария мохнатая (*Crinitaria villosa*), эфедра двуколосковая (*Ephedra distachya*) и полынь таврическая (*Artemisia taurica*), каперсы травянистые (*Capparis spinosa*).	10	44°56‘126 N 35°15‘005 E	16 м
Вершина хребта Магнитный	Вулканическая часть территории Карадагского заповедника, представленная туфами и брекчиями	Петрофитное степное сообщество представленное сухим злаковым сообществом, в том числе овсянница валлийская (типчак) (*Festuca valesiaca*), чабрецом (*Thymus*) и др.	11	44.93392° N; 035.24226° E	298 м

Результаты

Результаты проведенного анализа на количественное содержание химических элементов в пробах почв представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Геохимическая характеристика поверхностных отложений прибрежной зоны Карадага

№ точки пробоотбора	As (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Sr (ppm)	Zn (ppm)	pH
1	<5,0	44	13	276	92	8,66
2	<5,0	48	12	255	94	8,85
3	<5,0	62	13	246	89	8,37
4	<5,0	34	11	150	87	6,98
5	<5,0	51	18	259	94	8,72
6	<5,0	45	17	258	96	8,49
7	<5,0	74	13	259	73	8,62
8	<5,0	80	14	235	81	9,0
9	28	68	41	114	131	8,45
10	8,6	65	30	146	111	8,76
11	<5,0	23	23	179	109	6,78
Кларк (ppm)	1,7	47	16	340	83	

Необходимо отметить, что пробы в основном брались, придерживаясь следующему условию: 2 пробы в пляжной зоне одной бухты. В свою очередь, материал проб брался у подножия, прилегающего к берегу склона, и на небольшой высоте на самом склоне (от 1 до 16 метров вверх по склону). Данное условие позволяет также оценить высоту, на которую может происходить заброс аэрозольных частиц с моря и накопление некоторых элементов на поверхности субстрата в пределах береговой зоны.

Процесс распыления приводит к возникновению аэрозольных частиц, которые могут быстро переноситься и оседать на поверхности почвы. Также атмосферный перенос морских аэрозолей на сушу с помощью бризовой циркуляции приводит к распространению на суше и осаждению в верхних частях субстрата береговых зон некоторых из рассматриваемых нами элементов. Однако, масштаб распространения и интенсивность такого накопления неизвестен.

Сравнение элементов с эталонной точкой, не подверженной активному аэральному переносу, может позволить выявить элементы, активно переносимые с морскими аэрозолями на сушу, в ландшафты прибрежных морских территорий ЮБК. Сравнение изучаемых элементов с литосферными кларками (по А.В. Виноградову [6]) позволяет выявить отклонение содержания элементов в данных поверхностных отложениях и указывает на локальные геохимические условия территории Карадага.

График распределения рассматриваемых элементов представлен на рисунке 2. Рассчитанные для каждой точки пробоотбора кларки концентрации (КК) и кларки

рассеивания (КР) указывают на накопление отдельных элементов в поверхностном слое суши.

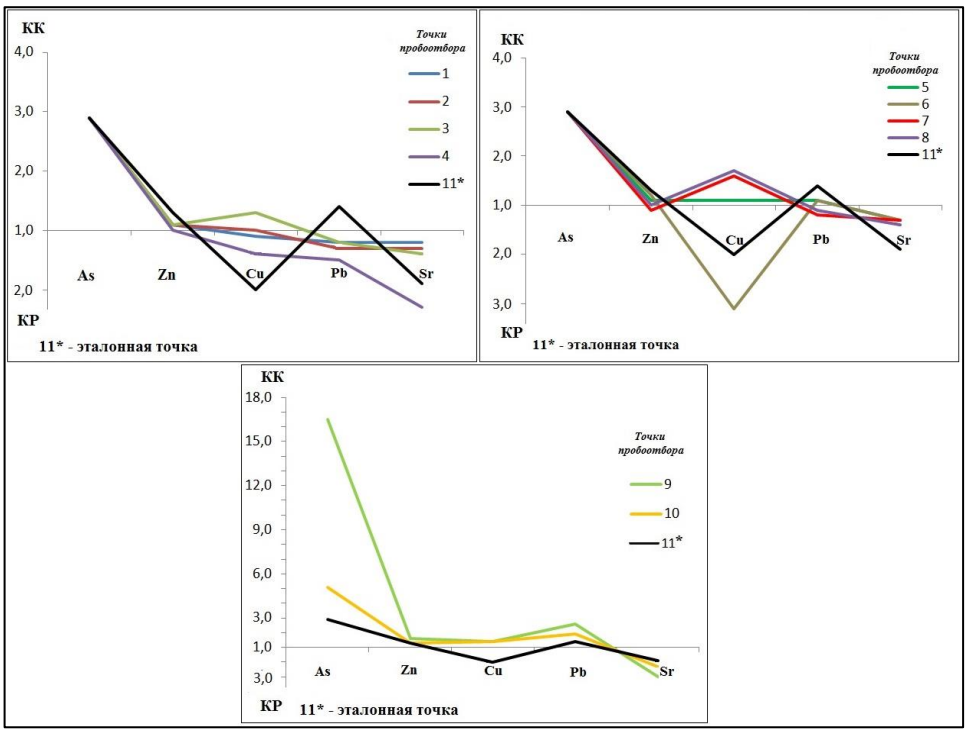


Рис. 2. Геохимические спектры поверхностных отложений
вдоль берегового участка Карадагского взморья

Из графиков видно, что во всех исследованных точках пробоотбора поверхностных отложений и почв значение содержания As превышает значение кларка по литосфере. В большей части точек отбора проб отмечено накопление Pb, Cu и Zn. Pb в точках 5 и 6 (склон у мыса между бухтами «Северная Сердоликовая» и «Ливадия») несколько превышает кларковые значения по литосфере, отмечается его аккумуляция (КК=1,1). Пик аккумуляции отмечен в точках 9 и 10 (склоны бухт «Гравийная» и «Лягушачья»), КК=2,6.

Cu проявляет тенденцию к невысокой аккумуляции во всех точках, кроме 1, 4, 6 и 11 (до КК=1,7). В свою очередь, Zn также проявляется как элемент с невысокой степенью концентрации относительно кларка по литосфере, кроме участка у бухты «Ливадия», где данный элемент не превышает кларк.

В свою очередь Sr не проявляет тенденцию к накоплению, его содержание во всех пробах ниже кларковых значений (КР от 1,2 до 3,0), что позволяет рассматривать его на данной территории как рассеянный элемент.

Следует отметить участки бухт «Гравийная» и «Лягушачья» (Точки 9 и 10), где содержание в пробах As, Pb и Zn существенно выше, а содержание Sr - ниже, чем в остальных точках.

Чтобы количественно оценить неоднородность распределения способных к аэральному переносу с поверхности моря рассматриваемых химических элементов, был рассчитан коэффициент концентрации Ко, для которого фоновое значение элементов соответствовало значениям точки пробоотбора №11, расположенной на вершине хребта «Магнитный» (298 метров н.у.м.). Рассчитанные коэффициенты концентрации Ко представлены на графике (рис. 3).

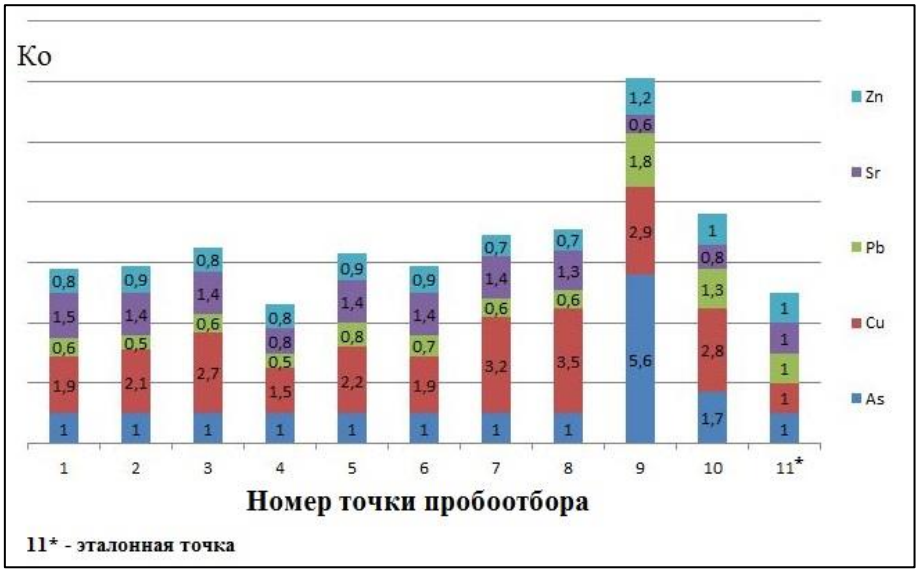


Рис. 3. Коэффициенты концентрации химических элементов вдоль берегового участка Карадагского взморья

Из диаграммы на рисунке 3 можно выявить элементы в пробах прибрежных поверхностных отложений, превышающие значения фоновой пробы (точка 11). Среди исследованных элементов следует отметить Cu - его повышенное содержание в пробах может быть связано с перемещением частиц морских аэрозолей с воздушными потоками и последующей аккумуляцией на поверхности субстрата суши. Связи между высотой отбора пробы и концентрацией исследуемых элементов в пробе выявить не удалось, что указывает на равномерное распределение элементов в прибрежной зоне. Дифференциации аэрозольной импульверизации («забрасывания») элементов на определенную высоту (в пределах 1-16 метров вверх) по береговому склону отмечено не было, учитывая примерно одинаковое расстояние точек исследования от акватории (ширина пляжной зоны не превышает 18 метров во всех точках исследования).

Отмечается увеличение концентрации некоторых химических элементов в определенных точках. В частности, в точках 9 и 10 отмечается накопление Pb и As и Zn (Ко от 1,2 до 5,6). В большинстве точек, за исключением 4, 9 и 10, отмечается накопление Sr, по сравнению с фоновыми значениями данного элемента. Возможно, это связано с изменением химизма морской воды на участке точек 9 и 10 (у бухт «Гравийная» и «Лягушачья») по сравнению с остальной рассматриваемой территорией или с геологическими особенностями и эрозионными процессами на рассматриваемой территории. Антропогенное воздействие на данную зону нами не рассматривается в связи с тем, что территория относится к ООПТ (заповедник) и имеет особое природоохранное значение.

Выводы

Исследования показали, что среди рассмотренных элементов, Cu наиболее активно участвует в перемещении частиц аэрозолей с воздушными потоками. Предположение о высотной стратифицированной аккумуляции химических элементов по склону – не подтвердилось. Все рассмотренные элементы вследствие массообмена между морем и сушей имеют равномерное распределяются по склону, дифференциации аэрозольной импульверизации («забрасывания») элементов на определенную высоту (1-16 метров вверх) по береговому склону в пределах исходных расстояний от акватории отмечено не было. Повышенное содержание некоторых элементов в точках 9 и 10

(бухты «Гравийная» и «Лягушачья») может быть связано с территориальными аспектами расположения этих бухт, особенностями рельефа береговой линии, локальным изменением химизма морской воды данного участка акватории и требует дополнительных исследований.

Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства РУДН.

Работа выполнена по теме государственного задания ФИЦ ИнБЮМ, регистрационный номер 121040100327-3.

Литература

1. *Братков В.В., Овдиенко Н.И.* Геоэкология. Учебное пособие. М. 2005. 312 с.
2. *Воскресенский В.В.* Геохимия и геофизика биосферы. Учебное пособие. Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2001. 149 с.
3. *Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. Сафонов В.А.* Биогеохимическая индикация микроэлементов / Отв. ред. *Т.И. Моисеенко*. Москва. 2018. 386 с.
4. *Ефимов В.В., Комаровская О.И.* Бризовая циркуляция в атмосфере Крымского региона // Морской гидрофизический журнал. 2015. № 6. С. 77-87.
5. *Костенков Н.М., Клышевская С.В.* Влияние процесса импульверизации на содержание солей в почвах прибрежных морских ландшафтов // Вестник КрасГАУ. 2014. № 10. С. 81-84.
6. *Перельман А.И.* Геохимия. Москва: Высшая школа, 1989. 528 с.
7. Химический состав аэрозолей [Электронный ресурс]. https://studfile.net/preview/7818184/page:7 (дата обращения: 22.02.2021)
8. Drygval A.V., Stanis E.V., Parakhina E.A. Exodynamic Processes of the Coast in the South-Eastern Part of Crimea // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 459. chap. 3. Article 042012.

УДК 332.3 DOI:10.34708/GSTOU.2021.65.35.063

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕМ В РЕГИОНАХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

© Забураева Х.Ш.

КНИИ им. Х.И. Ибрагимова РАН; ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный

В статье обоснована роль алгоритмов и оптимизационных моделей управления землепользованием в устойчивом развитии горных регионов. Выделены базовые индикаторы сбалансированного землепользования. Предложена модель управления сбалансированным землепользованием в регионах Северо-Восточного Кавказа, нацеленная на экологизацию землепользования, повышение качества жизни и создание условий для достижения продовольственной безопасности за счет внутренних ресурсов.

Ключевые слова: *сбалансированное землепользование, горные регионы, модели, регионы Северо-Восточного Кавказа, устойчивое развитие, оптимизация.*

Земельные ресурсы относятся к числу стратегических факторов социально-экономического развития любого государства. Они выполняют роль средства производства, пространственного базиса размещения населения и производительных сил, а также ряд важнейших экологических функций. Земля выступает в качестве абсолютно ограниченного ресурса, который невозможно воспроизводить. Данное обстоятельство, в свою очередь, определяет необходимость поиска научно-обоснованных, экономически эффективных и экологически безопасных подходов к использованию земельного фонда как на государственном, так и на региональном и муниципальном уровнях.

Кавказ в целом подобно другим горным регионам мира сталкивается с глобальными вызовами, обусловленными изменением климата, геополитической напряженностью, социально-экономическими, экологическими процессами. Регионы на северо-востоке Кавказа издавна заселялись различными этносами – носителями уникальной глубокой самобытной культуры.

Концепция сбалансированного землепользования ориентирована на обеспечение рационального использования и охраны земельных ресурсов, воспроизводство продуктивного потенциала сельскохозяйственных земель и повышение благосостояния людей [6]. Ее реализация возможна лишь посредством планирования землепользования в контексте концепции устойчивого развития [14].

Речь идет об обеспечении экологизации землепользования, базирующейся на нормативно-правовых основах [13]. В России порядок использования природных ресурсов и в целом экологические отношения, охрана окружающей среды регламентируются как основным законом государства – Конституцией РФ, так и международными договорами, специальными законодательными актами, указами Президента РФ. Источниками экологического права выступают также нормативные правовые акты федеральных органов исполнительной власти, субъектов РФ и органов местного самоуправления. Общие принципы регулирования отношений в сфере охраны окружающей среды и рационального природопользования на федеральном и региональном уровне закреплены в Конституции РФ (ст. 72). В настоящее время основным законодательным актом экологического права в РФ выступает Федеральный закон «Об охране окружающей среды», принятый в 2002 г.

Важнейший инструмент правового регулирования землепользования – земельный кодекс РФ, в соответствии с которым земля должна охраняться как основа жизни и деятельности человека, природный объект и средство производства.

Система управления устойчивым землепользованием помимо нормативно-правовых инструментов должна включать эколого-экономические (экологизация сельскохозяйственного производства, сбалансированное соотношение между использованием и охраной земельных ресурсов и др.) и социальные (экологическое образование, воспитание и др.) [11]. Некоторые авторы в оптимизации землепользования видят наибольший эффект в мотивации личного и публичного землепользования посредством экономического инструментария фискальной политики - налогообложения и штрафов [9]. В целом модернизация горных территорий и их устойчивое развитие должны быть ориентированы на экономический рост при условии обеспечения социальной эффективности и экологической безопасности [4]. В ряде регионов России (на Алтае, в Дагестане) уже наметились тенденции модернизации некоторых горных районов посредством развития туризма и современных IT-технологий [2].

В комплексных исследованиях горных территорий для устойчивого развития выделяют три важнейших концептуальных подхода, основанных на покомпонентном анализе и синтезе природы, хозяйства и населения горной территории, обособлении ведущей проблемы (проблемно-ориентированный подход) и глубоком анализе социальных процессов (социально-ориентированный подход) [5].

Как показывает мировая практика в развитии горных стран приоритетными остаются индустриальное, аграрное и рекреационное направления. Первые два из них с геоэкологических подходов наименее привлекательны ввиду уязвимости и чувствительности горных геосистем к антропогенным воздействиям. В ряде европейских горных стран рекреационная деятельность выступает в качестве наиболее оптимальной и высокодоходной отрасли экономики, в том числе развитие симбиоза аграрной и туристской сфер деятельности [15-16]. Конечно же в условиях регионов Северо-Восточного Кавказа с учетом их аграрной направленности отказ от развития данного сектора экономики не представляется возможным и необходимым. Внедрение инновационных научно-обоснованных подходов к планированию развития горных регионов должно осуществляться наряду с развитием и модернизацией традиционных видов землепользования [17].

Jin G. с соавторами [12] указывают на важную роль имитационных моделей, которые рассчитаны на оптимизацию стратегического управления землепользованием с сохранением экосистемных услуг и модернизацией социально-экономического развития региона (страны). Рациональное землепользование и в целом сохранение экосистем современные исследователи нередко связывают с концепцией «нейтрального баланса деградации земель» [1, 10].

Универсальных моделей по оптимизации землепользования, которые могли бы применяться повсеместно, не существует. Они должны разрабатываться с учетом региональных особенностей и могут включать различные этапы. Некоторые авторы считают, что оптимизационная модель на начальном этапе предполагает обработку статистических данных с целью прогноза спроса на пахотные земли, земли застройки и исходя из этого строится региональная модель землепользования [18]. Модели развития горных территорий должны быть адаптированы к конкретным географически условиям местности и учитывать устои, традиции природопользования (землепользования) коренных этносов [3].

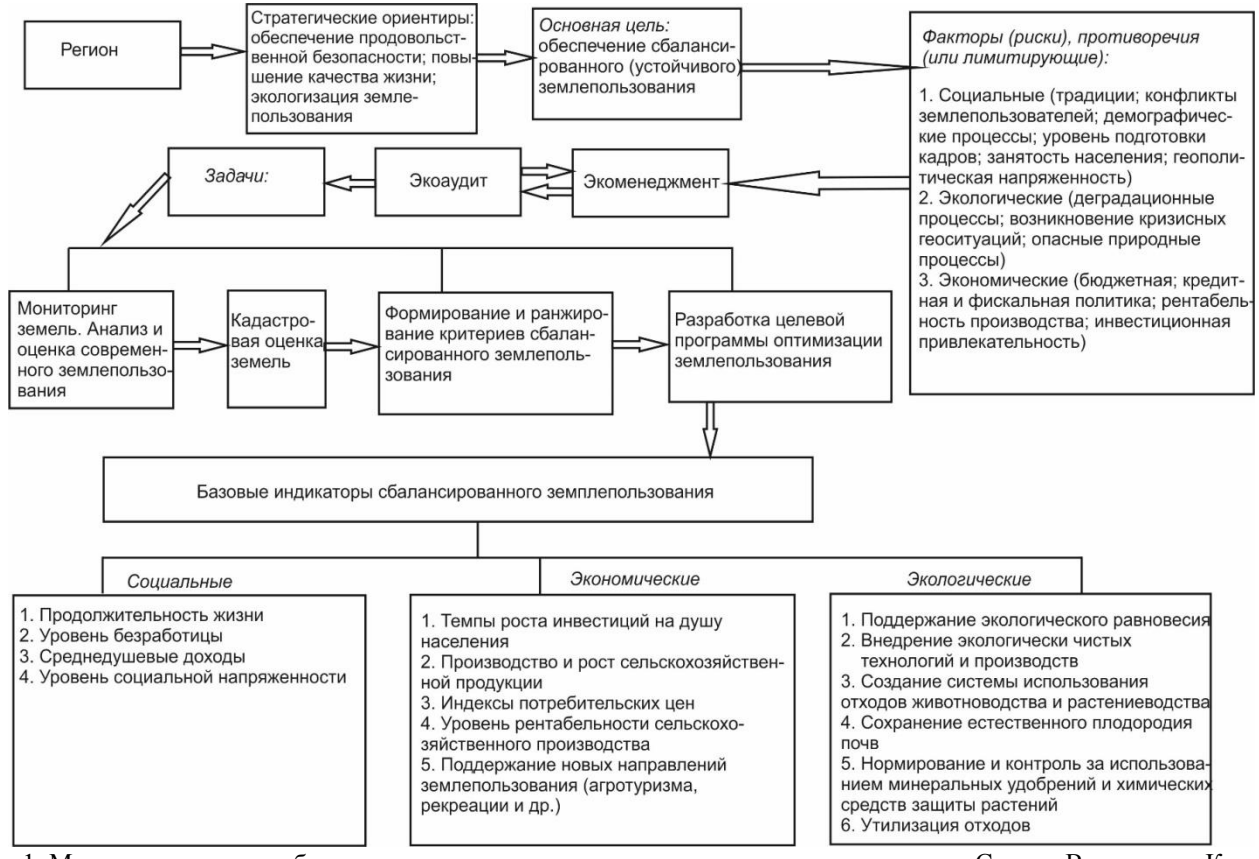


Рис. 1. Модель управления сбалансированным землепользованием в условиях регионов Северо-Восточного Кавказа

Для устойчивого развития горных регионов разработка алгоритмов и моделей управления землепользованием представляются совершенно необходимыми, хотя универсальную модель развития, подходящую для всех без исключения горных регионов, предложить невозможно с учетом специфики горных, предгорных и равнинных районов. Весьма актуально моделирование сбалансированного землепользования, нацеленного на экологизацию землепользования, повышение качества жизни и создание условий для достижения продовольственной безопасности за счет внутренних ресурсов: земельно-ресурсных, трудовых, научного потенциала и др. (рис. 1). Необходим учет рисков (ограничений): социального (конфликты интересов), геоэкологического (развитие деградационных процессов на землях и др.), экономического (спад инвестиционной активности) характера, лимитирующих сбалансированное землепользование.

В контексте устойчивого развития базовыми индикаторами сбалансированного землепользования служат экологические, экономические и социальные критерии. Важная роль отводится системе поддержания экологического равновесия в регионе, использованию экологически чистых (безопасных) технологий и производств, интеграции животноводства и растениеводства, что позволит сократить объемы отходов, получить органические удобрения и повысить, тем самым, естественное плодородие почв. Разработка и внедрение региональных программ аграрного природопользования, с интеграцией растениеводства и животноводства со строгим контролем параметров применения ядохимикатов положительно отразится на экономических показателях производств и на качестве условий – здоровье населения и экосистем, их биоразнообразии и др.

Конечная цель сбалансированного землепользования – обеспечение экологически чистого (безопасного) производства и продовольственной безопасности. Реализация предлагаемой модели призвана способствовать максимальной рентабельности сельскохозяйственного производства и наращиванию объемов сельхозпродукции. Наряду с аграрным сектором предполагается развивать инновационные направления землепользования: агро- и экотуризм, рекреацию в целом, паломничество и др. Модель реализуема лишь при наличии трудоспособных высококвалифицированных научных кадров – землеустроителей, менеджеров, агрономов и др. Кроме того, здесь важная роль отводится экологическому менеджменту и аудиту (предприятий и территорий муниципального уровня).

Экологический менеджмент и аудит, как система, использующая международные экологические стандарты ISO 14 000, призвана обеспечить экологическую безопасность производств, постепенно входит в управленческую деятельность региональных социально-экономических систем Северо-Восточного Кавказа. Так, в образовательные стандарты включаются компоненты экологического воспитания. В условиях Северо-Восточного Кавказа для этого задействованы нормы традиционных религий.

В исследуемых регионах преобладает сельское население, тем не менее в стратегическом планировании их развития особое внимание следует уделять крупным геосистемам, поскольку здесь сосредоточена основная доля образовательных и научно-исследовательских учреждений и значителен трудовой потенциал. Такие крупные города как Грозный, Махачкала и Назрань следует развивать как по традиционным направлениям (промышленность, туризм, оптовый/розничный оборот товаров потребления), так и путем внедрения в науку, образование и производственную сферу инновационных технологий [7].

Оптимизация землепользования предполагает формирование на территории Северо-Восточного Кавказа геоэкологического каркаса, обеспечивающего беспрепятственную миграцию животных и ликвидацию административных барьеров в организации системы особо охраняемых природных территорий. Эта система призвана обеспечить экологическое равновесие при интенсивном хозяйственном использовании земель. Туристско-рекреационный потенциал регионов Северо-Восточного Кавказа позволяет развивать здесь различные виды туризма, в частности, научно-

познавательный, аграрный, этнографический, спортивно-оздоровительный, экстремальный, а также паломничество к святым местам (зияраты).

Литература

1. *Андреева О.В., Куст Г.С.* Оценка состояния земель в России на основе концепции нейтрального баланса их деградации // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2020. № 84(5). С. 737–749.
2. Модернизация и развитие горных районов: советский и российский опыт / *Баденков Ю.П., Дунец А.Н., Мудуев Ш.С., Мухаббатов Х.М.* // Устойчивое развитие горных территорий. 2016. Т. 8. № 4. С. 323-337.
3. *Бурдзиева О.Г., Чотчаев Х.О., Маммадли Т.Я.* Модель поддерживаемого развития горных территорий Северного Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий. 2016. Т.8. № 4. С. 348-359.
4. *Гуня А.Н.* Модернизация и устойчивое развитие горных территорий // Устойчивое развитие горных территорий. 2016. Т. 8. № 4. С. 281-288.
5. *Гуня А.Н.* Социально-ориентированные концепции и подходы в исследовании горных территорий Кавказа и обеспечении устойчивого развития // Устойчивое развитие горных территорий. 2015. № 3 (25). С. 15-22.
6. *Забураева Х.Ш.* Концепция сбалансированного горного природопользования и ее значение в условиях Северо-Восточного Кавказа // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2020. Том 5. № 2 (20). С. 20-29.
7. *Забураева Х. Ш., Краснов Е. В.* Анализ трансформации урбогеосистем Северо-Восточного Кавказа с использованием ГИС-технологий // Вестник КрасГАУ. 2016. № 10. С. 88-94.
8. *Забураева Х.Ш., Таймасханов Х.Э., Заурбеков Ш.Ш.* Оптимизация землепользования в горных регионах Северо-Восточного Кавказа // Устойчивое развитие горных территорий. 2018. Т. 10. №1 (35). С. 35-45.
9. *Киреева Е.Е.* Эколого-экономическая эффективность управления землепользованием // Вестник ВСГУТУ. 2015. № 2. С. 94-101.
10. Методические подходы к разработке типологии моделей устойчивого землепользования / *Куст Г.С., Андреева О.В., Лобковский В.А., Костовска С.К.* // Экология урбанизированных территорий. 2019. № 3. С. 34-40.
11. *Польшакова Н.В.* Системное управление переходом к устойчивому землепользованию // Научный альманах. 2016. № 2-1 (16). С. 306-309.
12. Jin G., Deng X.Z., Chu X. et al. Optimization of land-use management for ecosystem service improvement: A review // Physics and Chemistry of the Earth. 2017. Vol. 101. Pp. 70–77.
13. John R. Nolon. Compendium of land use laws for Sustainable Development. Cambridge University. 2006. 442 p.
14. Paul De Wit, Willy H. Verheye. Land use planning for Sustainable Development. Land use, land cover and soil sciences. 2009. Vol. III. Pp. 33-60.
15. Rural tourism in France – supplementary activities on the farm. URL: http://vranicarajac.wordpress.com/2012/05/16/rural-tourism-in-France-supplementary-activities-on-the-farm/ (дата обращения: 20.10.2021).
16. Rural tourism in Italy. URL: http://www.italianreflections.com/2010/04/rural-tourism-in-italy.html (дата обращения: 20.10.2021).
17. Sustainable Development in Mountain Regions: Southeastern Europe / Editor Georgi Zhelezov. Switzerland: Springer. 2016. 404 p.
18. Wenbo Chen, Gerrit J. Carsjens. A spatial optimization model for sustainable land use at regional level in China: a case study for Poyang lake region. Sustainability. 2015. Vol. 7. Pp. 35-55.

УДК 631.332 368 (578.2) DOI:10.34708/GSTOU.2021.62.72.065

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КЫРГЫЗСТАНА

© Кендирбаева Дж.Ж.

Институт сейсмологии Национальной академии наук КР, г. Бишкек

В данной работе рассмотрены проблемы в оценке качества водных ресурсов Кыргызстана. В большинстве водных объектов- это недостаточность системы водоохранных мероприятий и мониторинговых наблюдений. Для улучшения существующих ситуаций в водохозяйственные организации внедрить компьютерные информационно-вычислительные системы, оснащённые моделями «подведомственных» речных бассейнов.

Ключевые слова. *Водные объекты, качество воды, информационно-вычислительные системы, инструментальное средство, управление водными ресурсами, климатические изменения, подготовка кадров.*

Актуальность проблемы. Территория Кыргызстана представляет собой часть замкнутого и бессточного Центрально-Азиатского бассейна, где хребты расчленены многочисленными речными долинами и сухими саями: рельеф сформировал около 10 тысяч речной сети, которые относятся к гидрологическим бассейнам Сыр-Дарья, Аму-Дарья, Чу, Талас, Или (Кар-Кыра), Тарим и бессточным озерам Иссык-Куль и Чатыр-Куль. Два последних бассейна являются внутренними, их сток составляет около 3,5%, а остальные – трансграничными. Многолетний сток всех рек составляет 40% водных ресурсов Центральной Азии, причем 76,5% водосборной площади принадлежат к системе Аральского моря В настоящее время в Кыргызстане на Нарынском каскаде ГЭС функционирует 7 водохранилищ и около 450 водохранилищ различного хозяйственного назначения [1].

Мировой опыт, включая Кыргызстан, показывает, что наиболее эффективным способом управления водными ресурсам и решения многих проблем является создание мониторинговых наблюдений при регулировании речных систем. Доказательством этого служат каскады водохранилищ и ГЭС многоцелевого назначения в бассейнах рек, например, Енисея и Ангары, Волги и Камы в России, а также Нарына и Талас в КР. Они - перераспределяя воду, увеличивают доступ к водным ресурсам, т.е. гарантируют бесперебойное функционирование всех видов водоснабжения, создают благоприятные условия для вовлечения гидропотенциала, особенно улучшая санитарное состояния рек, а каскадное их использование позволяет перейти на единые транспортные пути [2].

Современное состояние качества поверхностных вод Кыргызстана оценивается как относительно стабильное (рис.). Для питьевого водоснабжения их используют большая часть в сельской местности, но этот показатель в средних городах составляет до 20-30%. Большая часть водозаборов не имеют необходимого комплекса очистных сооружений, а около 16% не оснащены обеззараживающими установками. В то же время необходимо подчеркнуть, что научно-методическая база оценки их качества в республике построена на предельно допустимых концентрациях (ПДК), при этом не уделяя внимание на физико-химические процессы, а также на взаимодействие водной массы и донных отложений. Основную тревогу вызывает отсутствие сведений об источниках антропогенной деятельности, например, методики оценки диффузного стока и вторичных загрязнений, а методическая и приборная базы мониторинга качества вод устарели. По руслам рек в аварийном или ирригационно-энергетическом сбросе воды разрушаются и размываются берега, угрожающие затопление территории населенных пунктов и, сельскохозяйственных земель и пастбищ. Конечно, такая ситуация обусловлена экономическими причинами [3].

Обсуждение проблемы и материалов. В условиях рыночной экономики решение для полномасштабного развития производства и переработки отходов животноводства и растениеводства в Кыргызстане является главным условием на пути устойчивого развития. В этом плане эколого-экономические показатели горных рек давно привлекают внимание во всем мире. Каскад Токтогульских ГЭС обеспечивает более 90 % потребности в электрической энергии, но горный рельеф оказывает большое влияние на организацию хозяйственной деятельности, особенно на специализацию отраслей. Так, достаточно хорошо освоены предгорные, низкогорные и среднегорные равнины, а в высокогорье (выше 3000 м) освоение сопряжено с большими трудностями [4]. Однако для

обеспечения электрической энергией регионов, существенно удаленных от населенных пунктов, внедрение малой гидроэнергетики бесценно. Они не оказывают негативного воздействия на окружающую среду, не вызывают социальных проблем. Еще одна наиболее важная задача – это реальная оценка водного стока в условиях неопределенности климатических изменений. По результатам прогноза изменения климата, приведённым в Третьем национальном сообщении Кыргызстана (2009), указывается некоторое повышение и последующее уменьшение максимальных расходов рек в высокогорной зоне на начало потепления, но их практической неизменности со сдвигом максимума на более ранние сроки в среднегорье. Главное, как показывают данные, в целом для ГЭС, водохранилищ и водоемов независимо от ведомственной принадлежности необходимо обеспечить непрерывное функционирование мониторинговой сети, созданной для наблюдения за качеством водных объектов.

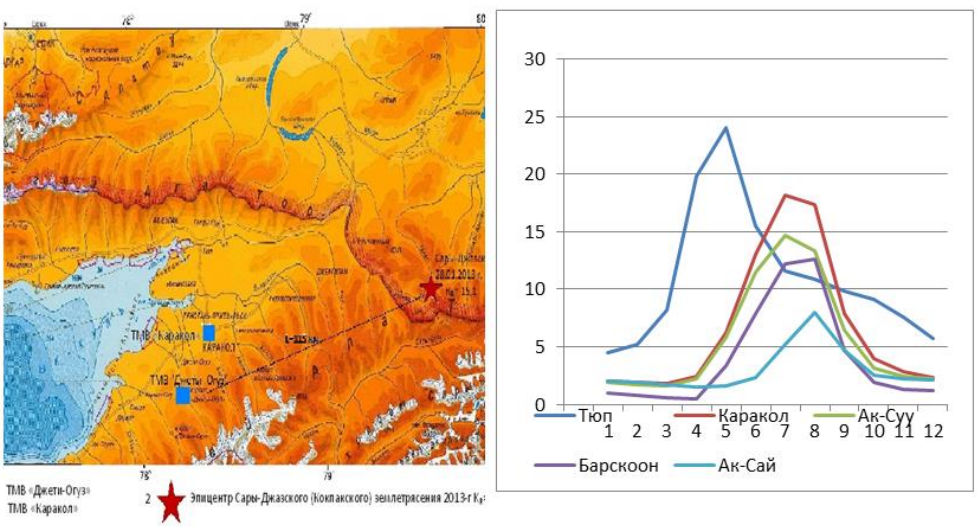


Рис. 1. Фрагмент схемы (а) и годографа рек (б) Восточного Прииссыккулья

В Кыргызстане нормирование оцени качества природных вод основано на использовании величин ПДК, которые в мировой практике известны как *концепция «нулевого» риска*. Здесь критерием допустимости загрязнения является соблюдение условий C <ПДК, где C – концентрация загрязняющего вещества (ЗВ) в, так называемом, «контрольном створе», хотя уже более 20 лет осуществляется переход к *рискоориентированному подходу*, т.е. для каждого ЗВ предопределяется вероятность его воздействия на живые организмы и возможные негативные эффекты, а также его трансформация в водном объекте. Например, уровень допустимого риска учитывает экономическое состояние предприятий с использованием принципа НДТ – наилучших

доступных технологий. Только с учетом этих результатов принимают решение о способах водоохраны, а также о размере платежей за нанесенное загрязнение.

В настоящее время в Кыргызстане устанавливает единый норматив для всех водных объектов, несмотря на различие физико-географических, климатических и социально-экономических условий. Это объясняется возможностями экономики, которая в аспекте экологии существует за счёт будущих поколений. Любой хозяйствующий субъект для обеспечения рентабельности производства выделяет лишь ничтожный ресурс на очистку сточных вод и реализацию водоохранных мероприятий.

В последние годы в республике активно развивается рыбохозяйственное хозяйство, для которого необходимо предусмотреть жесткие меры соблюдения по отношению ко всем водным объектам, но это не означает о претензии к рыбному хозяйству как водопользователю. Этот вид хозяйствования (рыболовство и рыбоводство) – один из важнейших направлений использования водных объектов. Оно испытывает трудности из-за отсутствия чётких условий о статусе как рыбохозяйственного водного объекта, а также критериев его зонирования на участки нереста, нагула и промысла.

Проблемы управление качеством воды. Качеством воды учитываются фоновые концентрации физико-химических показателей, т.к. водные объекты находятся в разных физико-географических и климатических зонах, а в отдельных случаях необходимо принимать во внимание и локальные особенности водных объектов. Актуальным для нашей республики является переход на принцип нормирования в соответствии с доступными технологиями (НДТ) по отраслям и ЖКХ. до сих пор отсутствует процедура перехода от действующей системы сбросов к системе, основанной на НДТ.

Значительная часть загрязняющих веществ аккумулируется в донных отложениях. Следует иметь в виду, что водохранилища, созданные на многих реках – это реальные отстойники. В них объём и химический состав ЗВ высокие; но нормы их содержания в донных осадках не разработаны. Другими словами, отсутствует мониторинг донных отложений, хотя Водный кодекс предписывает ведение «мониторинга состояния дна водных объектов, а также состояния водоохранных зон».

Имеющиеся данные не дают полной картины об источниках загрязнения водных объектов, так как содержат лишь качественные характеристики сточных вод, а именно, загрязненные и очищенные. Диффузные неконтролируемые источники для водных объектов превышают объём загрязнений от контролируемых точечных источников.

Наконец, не включены большие группы ЗВ, называемые ксенобиотиками. Это лекарства, химические бытовые и промышленные средства, обладающие высокой биологической активностью, к которым в развитых странах уделяется большое внимание. Несмотря на относительно низкие концентрации, их воздействие на обитателей водных объектов и человека через питьевую воду весьма значительно, особенно для рек, т. е. типовые системы водоочистки на удаление этих веществ не ориентированы. Поэтому одним из актуальных вопросов в области охраны и рационального использования водных ресурсов является выделение для этого нормативно-методических документов. Однако такой градации не предусмотрено, несмотря на то, что они представляют интерес не только для водного хозяйства, но и экономики территорий, т.к. воздействие техногенеза способно ухудшить его свойства. Другим видом водопользования является эксплуатация водотока в качестве коллектора по транспортировке сточных вод [5].

Проблемы экономического обеспечения водопользованием. Ключевая проблема водного хозяйства– оторванность его экономического механизма от реальных потребностей водопользованием, прежде всего – водоохраны. За последние 5 лет имеет место уменьшение поступления водного налога и платежей за водопользование.

В большинстве странах влияние сбросов сточных вод как от действующих, так и от проектируемых предприятий оценивается с использованием математических моделей. Так, в США для расчёта Total Maximum Daily Load (TMDL) – нормативного показателя

(аналога НДС и НДВ), устанавливающего общую максимальную суточную нагрузку на участок водного объекта в целом используются сертифицированные программные комплексы, ориентированные на индивидуальный подход для каждого водного объекта и каждого водопользователя. В Кыргызстане до сих пор используют расчётные методы.

Выводы. Завершая описание проблемы водных ресурсов в рассматриваемом регионе, освещающих потенциал для устойчивого развития, можно заключить, что они для гидроэнергетики и сельского хозяйства имеют решающее значение во всех долинах рек, включая высокогорных частей хребтов [6]. Поэтому во всех водохозяйственных организациях должны действовать компьютерные информационно-вычислительные системы, оснащённые моделями «подведомственных» бассейнов и их участков. Это намного эффективнее и дешевле. Конечно, переход к использованию информационно-вычислительных систем как основному инструментальному средству в управлении водными ресурсами потребует радикальных изменений также в подготовке кадров.

Литература

1. *Иманкулов Б., Кендирбаева Дж. Ж.* К методике оценки геоэкологического состояния гидрографической и долинной сети в промышленных зонах Кыргызстана // Геополитика и экогеодинамика регионов. Т. 10. № 2. С. 332-336.
2. *Иманкулов Б., Кендирбаева Дж. Ж.* К проблеме охраны и рационального использования водных ресурсов Кыргызстана // Гидрометеорология и экология. Алма-Ата. 2006. № 1 (40). С. 98-103.
3. *Иманкулов Б., Кендирбаева, Дж.Ж, Жунусакунова А.Р., Сарыгулова К.А., Садабаева Дж.К.* Дифференциация системы мониторинга при оценке экологического состояния водных ресурсов Кыргызстана // Вестник КНАУ им. К.И. Скрябина. 2018. № 2 (47). С. 292-297.
4. *Кендирбаева Дж. Ж, Жунусакунова А.Р., Сарыгулова К.З., Суранова К.* Перспективы использования энергии природных вод в малой гидроэнергетике и агрорекреации // Вестник Кыргызского Национального Аграрного университета им. К.И. Скрябина. Бишкек. 2018. № 4. (49) С. 128-133.
5. *Кендирбаева Дж. Ж.* Особенности формирования и изменения стока рек Кыргызстана в природно-техногенных условиях / Сб. Всероссийской конференции «Виноградовские чтения: гидрология от познания к мировоззрению». С-ПбГУ. 2020. С. 669-674.
6. *Кендирбаева Дж. Ж.* Воды озер и родников зон оледенения северного склона хр. Кыргыз Ала-Тоо – источники устойчивого энергообеспечения Кыргызстана / Расширенные тезисы Всероссийской конференции «Теплофизика и энергетика арктических и субарктических территорий». Якутск. 2019. С. 202-205.

УДК 911.8 DOI:10.34708/GSTOU.2021.42.86.072

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ КБР

© Кондратьева Н.В., Узденова А.Б.

Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик

Антропогенная трансформация представляет большую опасность экологическому благополучию окружающей среды. Особый вклад в деградацию земель вносят участки несанкционированных свалок. В данной статье проводилось исследование состояния земель, загрязненных при несанкционированном размещении твердых коммунальных отходов, размещенных на территории поселка городского типа Кашхатау.

Ключевые слова: *рекультивация, загрязнение, фоновые концентрации, предельно-допустимые концентрации.*

Поселок городского типа (пгт) Кашхатау является административным центром Черекского района Кабардино-Балкарской республики. Посёлок расположен на левом берегу реки Черек. Находится в 35 км к югу от города Нальчик. Рельеф местности пересечённый, высотные отметки составляют 714-726м над уровнем моря. Через посёлок проходит дорога республиканского значения Урвань-Уштулу, связывающая посёлок с Нальчиком. Кашхатау граничит с населёнными пунктами Бабугент, Герпегеж, Аушигер, Зарагиж и Жемтала. Численность населения поселка составляет 5365 чел.

Ежегодно в Кашхатау образуется более 8,7 тыс. тонн твердых коммунальных отходов (ТКО) [2]. Территория представляет собой свалку мусора, заполняющую понижения расчлененного рельефа общей площадью 3,02 га. Остро стоит проблема рекультивации и санации данного участка. Рекультивация земель представляет важный элемент в общей системе мероприятий по ликвидации негативных последствий хозяйственной деятельности человека [1]. Основной целью ликвидации накопленного экологического ущерба на этих территориях является очистка земельного участка от ТБО, концентрированное их складирование путем создания свалочного тела, снятие почвенной оболочки, загрязненной бензапиреном, и укладка ее в хранилище, создание защитных экранов – в основании хранилища почвы, по поверхности хранилища и свалочного тела, – их рекультивация [3].

Экологическая обстановка на территории несанкционированной свалки и вокруг оценивается как неудовлетворительная. Учитывая, что расстояние до ближайших жилых кварталов всего 400 метров, перспективная застройка сократит это расстояние до 30-40м. Площадь земельных участков эксплуатируются в течение 15-20 лет и затем, после рекультивации, надолго (50-100 лет) выбывают из активного землепользования и представляет собой балку ручья, частично залесного, засыпанного мусором. Толща мусора колеблется от 12,5 до 0,5 м в юго-западном направлении. Участок огорожен сеткой рабицей, въезд на территорию участка ограничивает металлический забор (рис.1).

Свалка является источником выбросов в атмосферу. Разлагающиеся отходы выделяют диоксид азота, аммиак, диоксид серы, сероводород, оксид углерода, метан, ксилол, толуол, этилбензол, формальдегид (рис.2).

Р. Черек протекает в 400м к юго-востоку и безымянным ручьем, протекающим непосредственно вдоль восточной окраины участка и впадающим в реку Черек. На данной территории ручей частично протекает в бетонном лотке, местами разрушенном, что приводит к образованию отдельного русла по дну балки, с заходами в тело свалки.

Плотность (насыпная масса) отходов, поступающих на полигон ТКО достаточно низкая и составляет 0,2–0,3 т/м3, влажность колеблется от 40 до 55 %, содержание органического вещества (в процентах на сухую массу) – до 70 % [2]. В связи с тем, что в массиве ТКО содержатся горючие и самовоспламеняющиеся материалы и вещества, а также жидкости, пыли и биогаз, которые могут образовывать взрывоопасные смеси –

данный объект является пожароопасным. Таким образом, на поверхности и в массиве ТКО могут происходить процессы самовоспламенения, самовозгорания, тления и горения.

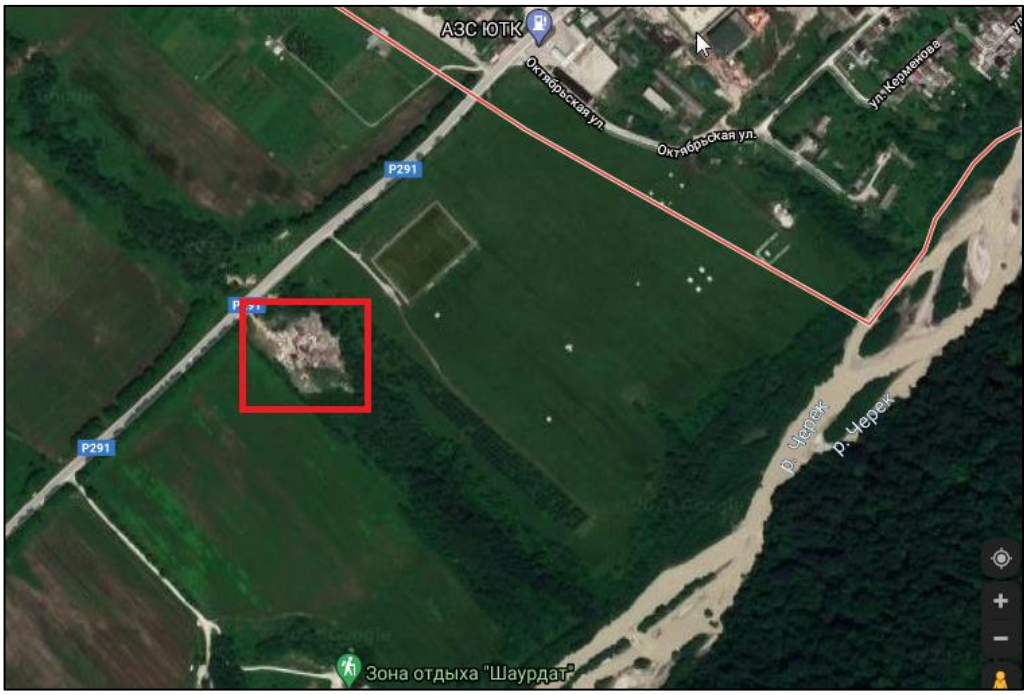


Рис. 1. Свалка мусора в Кашхатау

Степень загрязнения почвы и геологической среды участка оценивается, от умеренно опасной 32 >Zc> 16, до опасной более Zc>32 в поверхностном образце грунта. Категория по показателям эпидемической безопасности загрязненности «загрязненная», по категории эпидемиологической опасности «чрезвычайно опасная». Грунт непосредственно под телом полигона по показателям эпидемической безопасности загрязненности «загрязненная», по категории эпидемиологической опасности «опасная» [2].

В пробах грунта под телом полигона на глубине-11м-12,5м степень загрязнения по показателям эпидемической безопасности загрязненности оценивается как «чистая». Уровень загрязнения воды в ручье в теле свалки по содержанию мышьяка и свинца превышает ПДК. Уровень загрязнения воды в ручье выше и ниже свалки по содержанию тяжелых металлов также не превышает ПДК.

Подземные воды относятся к категории незащищенных грунтовых вод. Разгрузка первого водоносного горизонта осуществляется в балку ручья. Уровень загрязнения подземных вод (грунтовой воды), по содержанию тяжелых металлов и засоленности не превышает ПДК.

По оценке загрязненности донных отложений, можно сделать вывод о высоком уровне хронического загрязнения водного объекта по свинцу, цинку, марганцу, никелю, меди. Загрязнение донных отложений происходит в силу как техногенных, так и природных факторов. Наибольшее загрязнение проявляется в верхней толще отходов по наличию тяжелых металлов и показателям эпидемиологической безопасности. В глубине разреза тела свалки на глубине 8,5-9,0 м происходит замачивание техногенного грунта водами ручья. Вымывание тяжелых металлов и солей водами ручья приводит к высокому загрязнению донных отложений. Подземный горизонт первого водоносного

горизонта по данным исследований [2] не затронут. По мимо этого происходит механическое вымывание пластика, древесины в паводки.

Код	Загрязняющие вещества	Критерий	Класс опасности	ПДК, ОБУВ	г/с	тонны
337	Окись углерода CO	ПДК м/р	4	5	0,0109119	2,68618
301	Двуокись азота NO2	ПДК м/р	3	0,2	0,0307522	1,16723
303	Аммиак	ПДК м.р.	4	0,2	0,1638	5,45987
304	Оксид азота	ПДК м.р.	3	0,4	0,0001022	0,00607
330	Диоксид серы	ПДК м/р	3	0.5	0,018869	0,71696
333	Сероводород	ПДК м.р.	2	0,08	0,00696	0,0264553
380	Диоксид углерода	-	-	-	11,935	453,62
410	Метан	ОБУВ	-	50,0	14,118	536,55
616	Ксилол	ПДК м.р.	3	0,2	0,1181	4,4886
621	Толуол	ПДК м.р.	3	0,6	0,1928	7,32876
627	Этилбензол	ПДК м.р.	3	0,02	0,02544	0,966724
1325	Формальдегид	ПДК м.р.	2	0,05	0,0257	0,977277
2902	Взвешенные вещества	ПДК м.р.	3	0,5	0,03425	0,087
2732	Керосин	ОБУВ	-	1,2	0,0005875	0,01723
328	Сажа	ПДК м.р.	3	0,15	0,0000278	0,00159
Всего веществ: 14					26.681301	1014,2528
в том числе твердых : 2					0.0342778	0.08859
жидких/газообразных : 12					26,647023	1014,1642

Рис. 2. Валовое количество загрязняющих веществ, выделяющихся в атмосферу при функционировании несанкционированной свалки [2]

Оценка загрязненности донных отложений проводится согласно Приказа Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 24.02.2014 №112:

- сравнение концентрации каждого из загрязняющих веществ в пробах донных отложений, отобранных в створах наблюдений и в фоновом створе, при условии идентичности типов донных отложений в абсолютной форме в виде коэффициентов загрязнения, факторов загрязнения, представляющих обнаруженной концентрации к фоновой. Коэффициент донной аккумуляции (КДА) рассчитывается по формуле:

КДА= Сдо/Свода

где Сдо – концентрация загрязняющего вещества в донных отложениях, мг кг-1 или мкг кг-1; Свода – концентрация вещества в воде, отобранной одновременно в том же створе.

Пробы донных отложений возле свалки показали повышение фоновых отметок. Проба донных отложений, отобранная выше участка – фоновая.

При проведении радиометрического обследования источники ионизирующего излучения и участки с повышенными уровнями гамма-излучения на обследованной территории не обнаружены.

Рекультивация данного участка должна предусматривать вырубку деревьев (согласование администрации пгт Кашхатау), формирование откосов, снятие, транспортирование и нанесение почв на рекультивируемые земли, транспортировку и

захоронение токсичных вскрышных пород на действующем полигоне, а также проведение других работ, создающих необходимые условия для дальнейшего использования рекультивированных земель. Также должен проводиться комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий, направленных на улучшение агрофизических, агрохимических, биохимических и других свойств почв, в засеве многолетних трав на поверхность завезенного плодородного слоя.

Авторы благодарят ООО «СК-ГИПРОДОР» и Каирову Л.Л. за предоставленные материалы.

Литература

1. Технология рекультивации земельных участков под свалками твердых бытовых отходов / *Волков А.В., Мордвинов А.В., Кирюшина Е.В., Вокин В.Н., Сибирякова О.В., Зеньков И.В.* // Экология и промышленность России. Москва. 2013. С. 48-51.
2. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС). Проектная документация. ООО «СК-Гипродор». Нальчик. 2021.
3. Технология рекультивации земельных участков под свалками ТБО крупных сельских поселений в Красноярском крае / *Зеньков И.В., Кирюшина Е.В., Вокин В.Н., Сибирякова О.В.* // Экология и промышленность России. 2013. № 5. С. 33-35.

УДК 556.552 DOI:10.34708/GSTOU.2021.15.40.073

ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ ОЗЕРА МАЛЫЙ ЛИМАН

© Куричева А.С.

ЮФУ, г. Ростов-на-Дону

В статье рассмотрен химический состав воды озера Малый Лиман.

Ключевые слова: *образование озера, водородный показатель, концентрация кислорода, измерения показателей, динамика изменения концентрации.*

Малый Лиман (Лиманчик) – лежит на юге полуострова Абрау, прямо у берега Черного моря, в 4 км на запад от озера Абрау. Озеро отгорожено от моря узкой каменной пересыпью шириной около 35 м, возвышающейся над его уровнем на 3 м. Малый Лиман достигает 220 метров в длину, 108 метров – ширина, глубина водоема – 5,5 метров, площадь 2,4 га. Озеро Малый Лиман образовалось в результате эндогенных и экзогенных процессов. Несколько тысяч лет назад при сильном землетрясении образовались сильные оползни склонов реки Абрау, что привело к образованию озера Абрау. Ниже естественной дамбы, непосредственно в прибрежной зоне образовалось озеро Малый Лиман.

Тот факт, что несмотря на такую близость к морю озеро остается пресноводным изучение его экологического состояния представляет, как научный, так и практический интерес.

На озере отмечены нарушения экологического состояния природной среды, ухудшилось санитарно гигиеническое состояние территорий, отмечается эвтрофикация озера [1].

Для характеристики воды были использованы такие показатели как pH, концентрация O_2 в воде, температура, жёсткость, содержание в образцах железа, меди, кальция, карбонатов, гидрокарбонатов, нитратов, сульфатов, хлоридов.

pH – это водородный показатель, характеризующий концентрацию свободных ионов водорода в воде. Величина pH определяется количественным соотношением в воде ионов H^+ и OH^-, образующихся при диссоциации воды. Если в воде пониженное содержание свободных ионов водорода (pH > 7) по сравнению с ионами OH^-, то вода будет иметь щелочную реакцию, а при повышенном содержании ионов H^+ (pH < 7) – кислую. В идеально чистой дистиллированной воде эти ионы будут уравновешивать друг друга. В таких случаях вода нейтральна и pH = 7. При растворении в воде различных химических веществ этот баланс может быть нарушен, что приводит к изменению уровня pH. Он один из важнейших рабочих показателей качества воды**,** во многом определяющих характер химических и биологических процессов, происходящих в воде [2].

Концентрация O_2 в воде влияет на развитие и жизнедеятельность живых организмов. Кислород поступает в воду из атмосферы, в процессе фотосинтеза и с талыми водами. В поверхностных водах содержание растворенного кислорода может колебаться от 0 до 14 мг/л и подвержено значительным сезонным и суточным колебаниям. Суточные колебания в основном зависят от соотношения интенсивности процессов его продуцирования и потребления и могут достигать 2,5 мг/л растворённого кислорода. Дефицит кислорода чаще наблюдается в эвтрофированных водоёмах, а также в водоёмах, содержащих большое количество загрязняющих и гумусовых веществ [2].

Жёсткость воды – совокупность химических и физических свойств воды, связанных с содержанием в ней растворённых солей щёлочноземельных металлов, главным образом, кальция и магния (так называемых солей жёсткости). Жёсткость

природных вод может варьироваться в довольно широких пределах, и в течение года непостоянна. Увеличивается жёсткость из-за испарения воды, уменьшается в сезон дождей, а также в период таяния снега и льда [2].

В ходе прохождения учебной практики в 2019 г. были проведены измерения показателей в оз. Малый Лиман, и для сравнения, в Чёрном море и роднике.

Химический состав воды представлен в таблице 1.

Таблица 1

Результаты измерений химического состава воды

Показатель		Объект исследования			ПДК	$ПДК_{мор}$
		оз. Малый Лиман	Чёрное море	Родник		
NO_3^-	мг/дм^3	н.о.	н.о.	н.о.	40	40
CO_3^{2-}	мг/дм^3	30	36	н.о.	–*	–
	ммоль/дм^3	0,5	0,6	н.о.	–	–
HCO_3^-	мг/дм^3	152,5	115,9	305	500	–
	ммоль/дм^3	2,5	1,9	5	–	–
Cl^-	мг/дм^3	35,5	766,8	106,5	300	11 900
SO_4^{2-}	мг/дм^3	76,8	1 536	384	100	3 500
Fe	мг/дм^3	н.о.	н.о.	н.о.	0,10	0,05
Cu	мг/дм^3	н.о.	н.о.	н.о.	0,001	0,005
Ca	мг/дм^3	42,1	110,2	62,1	180	610
	ммоль/дм^3 экв	2,1	5,5	3,1	–	–
ОЖ	ммоль/дм^3	2,7	>10	4,4	7	–
pH		8,55	8,5	7,9	6,5-8,5	6,5-8,5
$C(O_2)$	мг/дм^3	9,01	10,85	–	≥ 4	≥ 4

* *– показатель не нормируется.*

По результатам измерений видно, что все показатели озера Малый Лиман находятся в пределах допустимых концентраций и благоприятны для проживания живых организмов, рыбы и водорослей. Вода в озере является средней жёсткости. Вода в море является жёсткой. В роднике превышено содержание только сульфатов, что связано с растворением природных сульфатов (гипса), а также с переносом с дождями содержащихся в воздухе сульфатов. Вода в роднике является средней по жёсткости.

Как известно, концентрация O_2 в воде подвержена и суточным колебаниям, что, в первую очередь, связано с процессом фотосинтеза. Измерение значений концентрации O_2 в течение дня показало изменчивость его содержания. В ходе прохождения учебной практики в 2015 г. были проведены измерения содержания кислорода в воде в разные часы (изучение суточных колебаний концентрации O_2) [3].

Динамика изменения концентрации O_2 в воде оз. Малый Лиман приведена на рисунке 1.

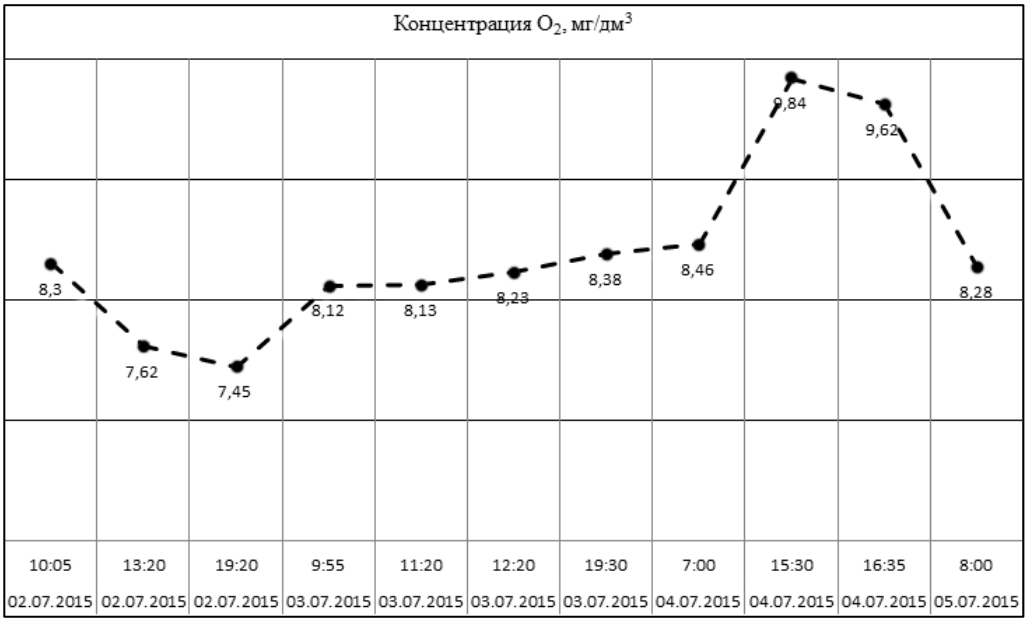


Рис. 1. Динамика изменения концентрации O_2 в воде оз. Малый Лиман [1]

Таким образом, вода озера Малый Лиман – слабоминерализованная, мягкая, со слабощелочной реакцией среды. Превышений ПДК не выявлено.

В целом содержание кислорода в воде находится в норме и меняется от 7,45 до 9,84 мг/дм^3. Если сравнивать содержание в 2015 и 2019 годах, можно отметить что изменение незначительное, кислотность среды не меняется.

Значения pH варьируют в пределах слабощелочной реакции от 8 до 8,55. Можно отметить, что концентрация кислорода незначительно повышалась после выпадения атмосферных осадков, а значение pH – несколько снижалось. Это вполне согласуется с тем, что атмосферные воды, как правило, обогащены кислородом и имеют кислую реакцию среды (pH=4,3-5,0). Факторы, влияющие на содержание кислорода в воде – температура, pH, атмосферные осадки [2].

Литература

1. *Бекух З.А., Щеглова З.П., Ромащук В.А.* Озера - памятники природы Краснодарского края, их современное состояние и перспективы использования: статья в сборнике статей. Изд-во: КубГУ. 2015. С. 176-179.
2. *Коршенко А.Н.* Качество морских вод по гидрохимическим показателям / Под ред. *Коршенко А.Н.* // Ежегодник 2017. Москва: Наука, 2018. 216 с.
3. *Петин А.Н.* Анализ и оценка качества поверхностных вод // Учебное пособие /*А.Н. Петин, М.Г. Лебедева, О.В. Крымская* Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. 252 с.

УДК 504.45; 064.2; 543.3.06 DOI:10.34708/GSTOU.2021.69.65.074

ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОГОРНЫХ РЕК ЧЕГЕМ, ЧЕРЕК БАЛКАРСКИЙ И ЧЕРЕК БЕЗЕНГИЙСКИЙ

© Кучменова И.И.

Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик

В статье рассматривались гидрологический и гидрохимический режим рек: Чегем, Черек Балкарский и Черек Безенгийский. В результате анализа многолетних исследований по изучению основных показателей солевого состава воды, составлены карты минерализации воды рек и их притоков в период летнего половодья и зимней межени.

Ключевые слова: *гидрологический режим, мониторинг, минерализация, зимняя межень, летнее половодье.*

Малые реки являются начальным звеном формирования водных ресурсов страны, и от их состояния во многом зависит количественное и качественное состояние средних и крупных рек. Гидрологический режим водосборов малых рек – закономерные изменения структуры их водного баланса и обусловливающих ее гидротермических, гидрологических и геохимических процессов во времени и пространстве под влиянием колебаний климата и антропогенных воздействий.

Реки высокогорной зоны Чегем, Черек Балкарский, Черек Безенгийский и их притоки, играют важную роль в формировании гидролого-гидрохимического режима крупных рек Баксан и Терек. Механизм формирования стока растворенных веществ в естественных природных условиях позволяет выявить изучение пространственно-временной изменчивости минерализации и солевого состава поверхностных вод, малых горных рек, расположенных в пределах территории Кабардино-Балкарского высокогорного государственного природного заповедника. Особенности формирования местного стока отражает солевой состав воды малых рек, важнейшем из которых является изменение гидрохимических характеристик воды при смене фазы водного режима, когда в реке изменяется не только расход воды, но и соотношение объемов стока вод разных генетических категорий (грунтовых, ледниковых, талых), обладающих различной величиной минерализации. Исследуемые водные объекты, расположены в пределах территории Кабардино-Балкарского высокогорного государственного природного заповедника, не подвержены антропогенному воздействию, что позволяет оценивать их современное состояние как фоновое и рассматривать их в качестве эталона при оценке водных объектов Кабардино-Балкарской республики. Отсутствие на территории заповедника постоянной сети наблюдений за гидрологическими и гидрохимическими характеристиками водных объектов повышает значимость исследований по изучению гидролого-гидрохимических показателей рек.

Предметом исследования стали гидрологический и гидрохимический режим поверхностных вод высокогорных рек Чегем, Черек-Балкарский, Черек-Безенгийский, в зимнюю межень и летнее половодье.

На изучаемой территории формирование химического состава поверхностных вод связано в основном взаимодействием горных пород с подземной водой и условиями водообмена. В истоках всех этих рек находятся ледники, являющиеся основным источником питания рек. Река Черек-Безенгийский вытекает из-под ледника Безенги, и справа принимает водный поток реки Мижирги. Затем в реку впадают ледниковые воды с хребтов Коргашилинтау и Ухбани, образуя мощный поток реки Черек-Безенгийский [5]. Истоки реки Чегем также находятся в ледниках Главного Кавказского и Бокового хребтов. Река Чегем образуется на высоте 2050 м от слияния рек Башиль-Аузусу и Гара-Аузусу, стекающих с ледников Башиль и Кулакчегемчиран [4]. Река Черек-Балкарский

образуется на высоте 2100 м от слияния двух рек Дыхсу и Карасу, истоки которых преимущественно лежат на Главном Кавказском хребте.

В пределах территории Кабардино-Балкарского высокогорного природного государственного заповедника р.Черек-Безенгийский представлена отрезком своего течения от истока протяженностью 14 км, р.Чегем (8 км), ее составляющие реки Башиль-Аузусу и Гара-Аузусу, 14 и 15 км, соответственно, и р. Черек Балкарский 25 км. На рис.1 представлены пункты отбора проб воды на указанных реках.

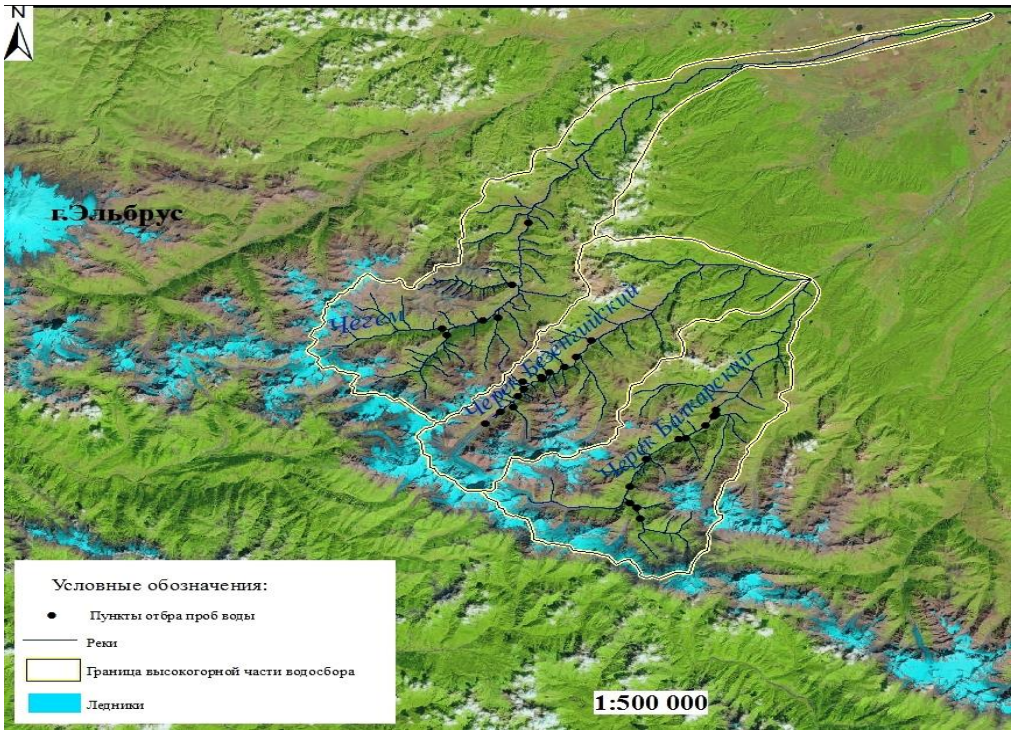


Рис. 1. Картосхема пунктов отбора проб воды на р.Чегем, р.Черек Балкарский и р.Черек Безенгийский

При проведении анализов пользовались аналитическими методами, методом прямой потенциометрии с использованием ионоселективных электродов [1 – 3, 6].

Результаты и обсуждение

Реки заповедника по типу питания относятся к рекам ледникового питания. На летние месяцы – июнь – август, когда тают ледники, высокогорные снега и снежники приходится максимальный сток воды, минимальный – январь – февраль (рис. 2).

Природные условия формирования солевого состава воды в исследованных бассейнах горных рек различны не только по фазам водного режима, но и по длине рек, что связано с высотной зональностью. Основной вклад в повышение минерализации воды вносится притоками, не имеющими ледникового питания и питающимися подземными водами повышенной минерализации.

Для водных объектов изучаемой территории по данным многолетних исследований составлены карты минерализации воды рек и ручьев для зимней межени и летнего половодья. Границы областей минерализации воды проводились как изолинии. Таким образом, по точкам пунктов отбора воды с известными значениями минерализации проводились изолинии равные 50, 100 и 150 мг/л. По данным картам видно, что в период летнего половодья есть большие различия в пределах одной

высотной зоны, что связано, с различным типом питания вод и высокими значениями минерализации подземных вод, питающих эти водотоки (рис. 3-4).

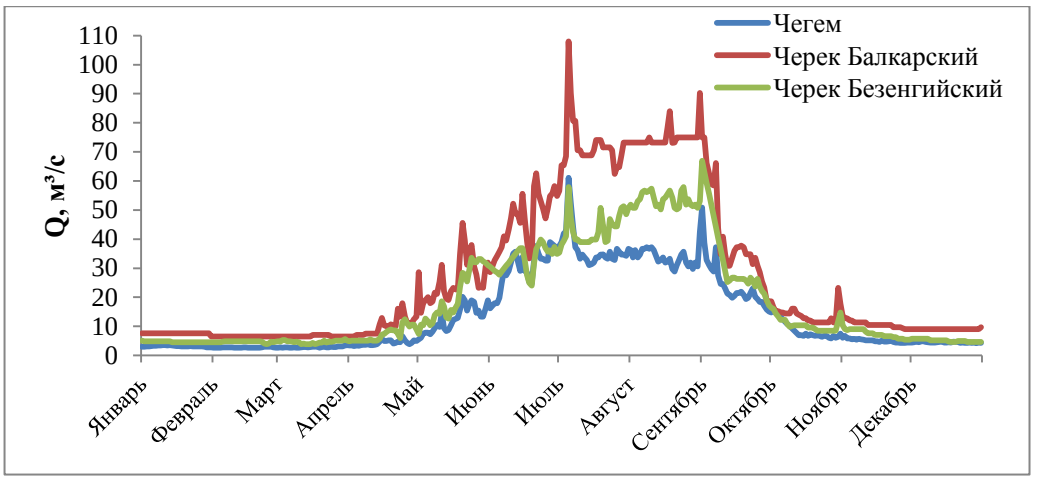


Рис. 2. Гидрографы рек Чегем, Черек Балкарский и Черек Безенгийский за 2017 г.

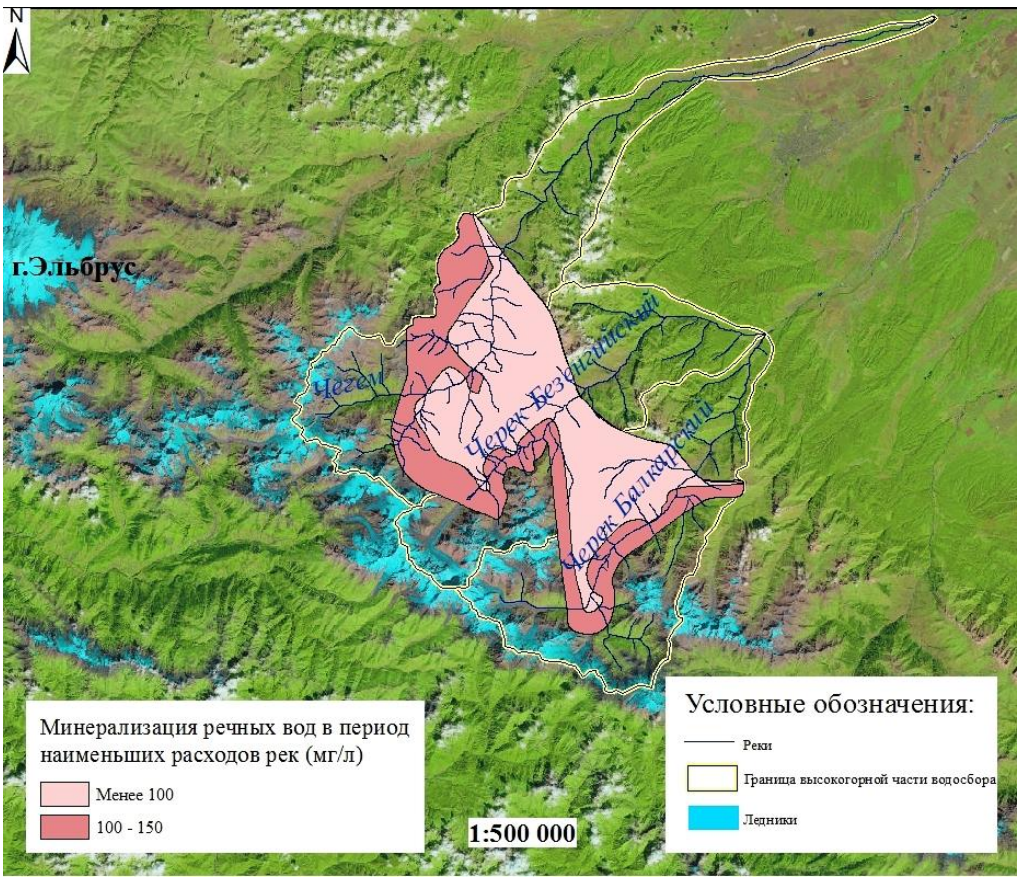


Рис. 3. Минерализация воды в р.Чегем, р.Черек Балкарский, р.Черек Безенгийский и их притоках в период наименьших расходов.

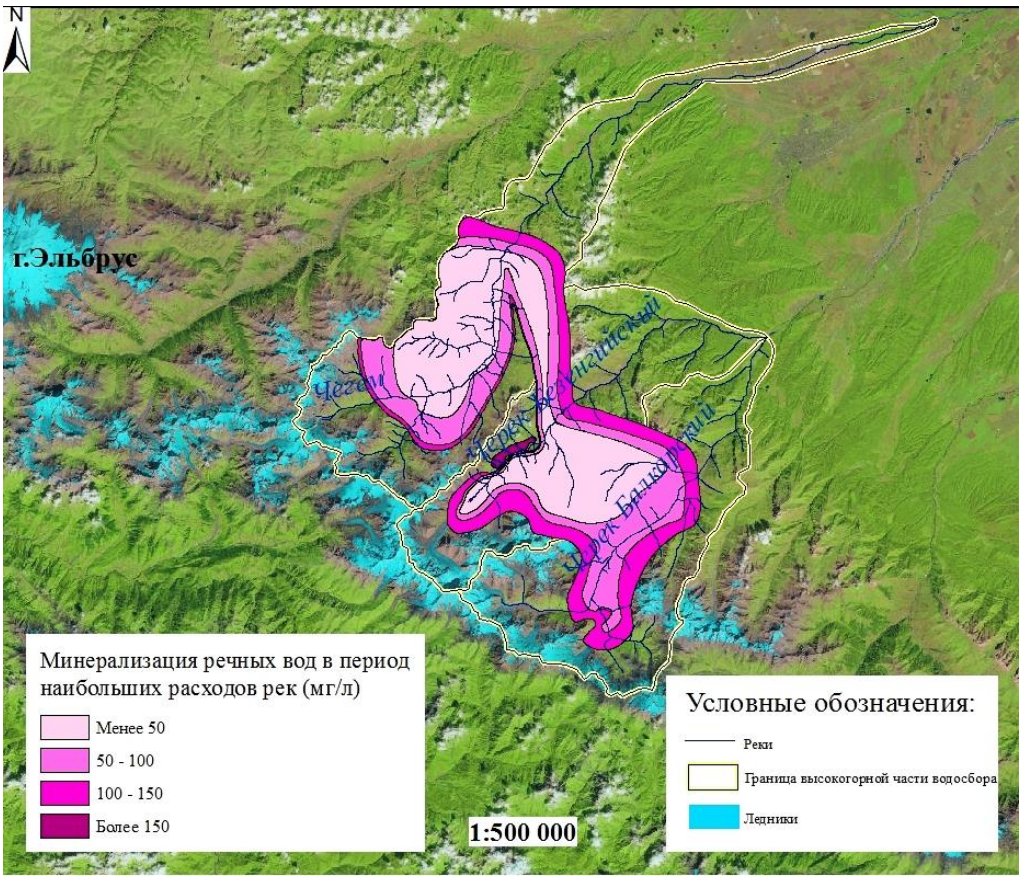


Рис. 4. Минерализация воды в р.Чегем, р.Черек Балкарский, р.Черек Безенгийский и их притоках в период наибольших расходов.

Карты минерализации вод характеризуют условия взаимодействия поверхностных и подземных вод в пределах ландшафтно-гидрологических комплексов высокогорья. На них отражена общая минерализация вод местного формирования, дренируемых реками. Карты характеризуют естественный, природный гидрохимический фон водных объектов, расположенных на территории Кабардино-Балкарского высокогорного государственного природного заповедника.

Минерализация вод зависит от типа питания, когда питание осуществляется преимущественно талыми водами и ледниками, минерализация воды минимальна. При подземном питании минерализация повышенная. Следовательно, тенденция увеличения доли грунтового питания и минерализации, а также переход рек на смешанный тип питания вниз по течению в летнее половодье, наблюдается на всей исследуемой территории. При смене фазы водного режима, то есть в зимнюю межень, водные объекты территории переходят на грунтовое питание, вследствие этого отмечается и сезонное изменение минерализации воды. Минерализация воды в зимнюю межень увеличивается в 1,5-2 раза по сравнению со значениями минерализации в летнее половодье.

По величине общей минерализации вода рек, исследуемого участка относится к ультрапресной и пресной. Величина концентрации гидрокарбонатов и ионов кальция обуславливает принадлежность вод к гидрокарбонатному классу кальциевой группе.

По данным многолетних исследований составлены карты воды рек и их притоков в период зимней межени и летнего половодья. Карты минерализации вод характеризуют

условия взаимодействия поверхностных и подземных вод в пределах ландшафтно-гидрологических комплексов высокогорья. Карты характеризуют естественный, природный гидрохимический фон водных объектов, расположенных на территории Кабардино-Балкарского высокогорного государственного природного заповедника.

Литература

1. *Алекин О.А. и др.* Руководство по химическому анализу вод суши. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 268 с.
2. *Дж. Фритц, Г. Шенк*. Количественный анализ. М.: Мир, 1978. 535 с.
3. *Лурье Ю.Ю.* Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия, 1971. 375 с.
4. *Панов В.Д., Базелюк А.А., Лурье П.М.* Река Терек: гидрография и режим стока. Ростов-на Дону: Донской издательский дом, 2015. 124 с.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 8. Северный Кавказ. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 46 с.
6. Унифицированные методы мониторинга фонового загрязнения природной среды. М.: Гидрометеоиздат, 1986. 178 с.

УДК 502.13 DOI:10.34708/GSTOU.2021.77.67.076

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

© [1]Лысенко И.О., [2]Лысенко А.В.

[1]СГАУ, г. Ставрополь; [2]СКФУ, г. Ставрополь

В статье приведен анализ системы сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) федерального значения, расположенных на территории Северо-Кавказского федерального округа. Подтверждена их роль в охране природы на ландшафтном уровне. Выявлены недостатки правового статуса охраны некоторых категорий. Установлена необходимость придания им более четких правовых норм организации и функционирования.

Ключевые слова: *особо охраняемые природные территории, государственные природные заповедники; национальные парки; государственные природные заказники; дендрологические парки, ботанические сады.*

Интенсивное использование человечеством компонентов природной среды диктует необходимость разработки и использования механизмов сохранения их устойчивости. Охрана природы на ландшафтном уровне является наиболее эффективной формой сохранения естественных экосистем [1].

С целью охраны природы на экосистемном или ландшафтном уровне создаются особо охраняемые природные территории (ООПТ), задачами которых является полное или частичное выведение из хозяйственного использования участков естественной природы для их сохранения и восстановления.

Отношения в области организации, охраны и использования ООПТ в целях сохранения уникальных и типичных природных комплексов и объектов, регулируется Федеральным законом «Об особо охраняемых природных территориях» (Закон об ООПТ) [2].

В соответствии с п.4 ст.2 Закона об ООПТ – особо охраняемые природные территории могут иметь федеральное, региональное или местное значение и находиться в ведении соответственно федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления, а также в ведении государственных научных организаций и государственных образовательных организаций высшего образования [3].

Природа Северо-Кавказского федеральный округа сочетает в себе уникальные рекреационные ресурсы и богатое видовое разнообразие биоты [1]. Вышеуказанные объекты нуждаются в охране, как на видовом, так и на экосистемном уровнях.

На территории субъектов Северо-Кавказского федерального округа располагаются 23 ООПТ федерального значения, из них: подведомственных Минприроды России – 16. Наряду с ООПТ, подведомственными Минприроды России, на территории СКФО функционируют дендрологические парки и ботанические сады, подведомственные другим министерствам и ведомствам, их 7.

До августа 2021 года, федеральные ООПТ в границах СКФО были представлены 6 государственными природными заповедниками: Северо-Осетинский, Эрзи, Дагестанский, Тебердинский государственный природный биосферный заповедник, часть Восточного участкового лесничества Кавказского государственного природного биосферного заповедника имени Х.Г.Шапошникова, Кабардино-Балкарский высокогорный государственные природные заповедники, 4 национальными парками: Кисловодский, Алания, Самурский, Приэльбрусье и 6 государственными природными

заказниками федерального значения: Ингушский, Цейский, Тляратинский, Самурский, Аграханский, Даутский.

Количественно они распределены не равномерно между субъектами СКФО. Больше всего расположено на территории Республики Дагестан – 5, далее идут Карачаево-Черкесская Республика и Республика Северная Осетия Алания, на территориях которых расположено по 3 ООПТ, в границах Кабардино-Балкарской Республики и Республики Ингушетия по 2 ООПТ федерального значения, подведомственных Минприроды России, Ставропольский край располагает оной ООПТ. На территории Чеченской Республики ООПТ федерального значения отсутствуют.

В настоящее время, на основании Постановления Правительства Российской Федерации от 16.08.2021 № 1350 «О преобразовании Тебердинского государственного природного биосферного заповедника в Тебердинский национальный парк» Тебердинский государственный природный биосферный заповедник сменил свой природоохранный статус и стал национальным парком, который находится на территории Карачаево-Черкесской Республики [2].

Как уже было отмечено, на территории СКФО функционирует 7 ООПТ федерального значения, относящихся к категории – дендрологические парки и ботанические сады: Перкальский дендрологический парк, Ставропольский ботанический сад имени В.В. Скрипчинского, Дендрарий СНИИСХ и Ботанический сад Пятигорской государственной фармацевтической академии, расположенные на территории Ставропольского края, Горный ботанический сад Дагестанского научного центра Российской академии наук и Ботанический сад ГОУ ВПО Дагестанского государственного университета, расположенные в границах Республики Дагестан, а также Ботанический сад Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова, функционирующий в Кабардино-Балкарской Республике.

В соответствии со ст. 28 Закона об ООПТ, управление дендрологическими парками и ботаническими садами осуществляется уполномоченными Правительством Российской Федерации федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и подведомственными им государственными учреждениями, а также государственными научными организациями и государственными образовательными организациями высшего образования. На территории СКФО такими органами, в ведомстве которых находятся ботанические сады и дендропарки, являются Министерство здравоохранения и Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Перкальский дендрологический парк (Эколого-ботаническая станция «Пятигорск»), действующий на основании положения от 20.09.2017 № 38н, утвержденного Федеральным агентством научных организаций. Дендрологический парк является обособленным подразделением Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ботанического института им. В.Л. Комарова Российской академии наук (далее - Учреждение), в настоящее время, находящегося в ведении Министерства науки и ВО РФ. Учреждение осуществляет управление Дендрологическим парком, мероприятия по охране и содержанию территории, занимаемой Дендрологическим парком, в том числе мероприятия по сохранению и пополнению коллекций живых растений и других ботанических объектов. Место нахождения Дендрологического парка – Ставропольский край, город Пятигорск, поселок Энергетик, северо-западный склон горы Машук. Общая площадь земельного участка составляет 134 335 квадратных метров (13,4 га).

Дендрологический парк создан на основании Решения исполнительного комитета Ставропольского краевого совета депутатов трудящихся от 25.06.1973 № 528 от 25.06.1973.

Ставропольский ботанический сад имени В.В. Скрипчинского – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (далее – Ставропольский ботанический сад), действующий на основании положения от 22.03.2016 № 7н, утвержденного

Федеральным агентством научных организаций. В настоящее время, Ставропольский ботанический сад находится в ведении Министерства науки и ВО РФ и является структурным подразделением – филиалом Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Место нахождения Ботанического сада - город Ставрополь. Общая площадь земельного участка составляет 2 065 938 квадратных метров (206,6 га).

Ставропольский ботанический сад создан в соответствии с решением исполнительного комитета Ставропольского краевого Совета депутатов трудящихся от 22.01.1959 № 54.

Учреждение осуществляет управление Дендрологическим парком, мероприятия по охране и содержанию территории, занимаемой Дендрологическим парком, в том числе мероприятия по сохранению и пополнению коллекций живых растений и других ботанических объектов. Место нахождения Дендрологического парка: Ставропольский край, город Пятигорск, поселок Энергетик, северо-западный склон горы Машук.

Дендрологический парк создан на основании Решения исполнительного комитета Ставропольского краевого совета депутатов трудящихся от 25.06.1973 № 528 от 25.06.1973.

Дендрарий Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Ставропольский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (Дендрарий СНИИСХ) в настоящее время, находится в ведении Министерства науки и ВО РФ и является структурным подразделением Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Дендрарий СНИИСХ действует на основании положения от 04.07. 2016 № 30н, утвержденного Федеральным агентством научных организаций. В настоящее время, Дендрарий СНИИСХ находится в ведении Министерства науки и ВО РФ. Место нахождения Дендрария СНИИСХ – Ставропольский край, город Михайловск. Общая площадь земельного участка составляет 147729 квадратных метров (14,8 га). Дендрарий СНИИСХ создан на основании решения исполнительного комитета Ставропольского краевого совета народных депутатов от 29.08.1990 № 257.

Ботанический сад Пятигорского медико-фармацевтического института - филиала ФГБОУ высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» (Ботанический сад Пятигорской государственной фармацевтической академии) в настоящее время является структурным подразделением Пятигорского медико-фармацевтического института - филиала ФГБОУ высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» и находится в ведении Министерства здравоохранения РФ. Общая площадь земельного участка составляет 85000 квадратных метров (8,5 га). Место нахождения – Ставропольский край, город Пятигорск. Ботанический сад Пятигорского медико-фармацевтического института создан в 1949 году. Информация о документе, обосновывающем образование вышеуказанной ООПТ отсутствует.

Горный ботанический сад Дагестанского научного центра Российской академии наук **(**ГорБС ДНЦ РАН**)** действует на основании положения от 13.04.2016 № 13н, утвержденного Федеральным агентством научных организаций. В настоящее время находится в ведении Министерства науки и ВО РФ. Управление ГорБС ДНЦ РАН осуществляет ФГБУ науки Дагестанский федеральный исследовательский центр Российской академии наук. Место нахождения ГорБС ДНЦ РАН - Республика Дагестан. Общая площадь земельных участков составляет 438181 квадратных метров (43,8 га). ГорБС ДНЦ РАН создан в соответствии с постановлением Президиума Российской академии наук от 11.02.1992 № 56.

Ботанический сад ГОУ ВПО Дагестанского государственного университета (Ботанический сад ГОУ ВПО ДГУ) действует на основании положения о Ботаническом саде Дагестанского государственного университета, утвержденного постановлением Правительства Республики Дагестан от 08.09.1999 № 210. В настоящее время Ботанический сад ГОУ ВПО ДГУ является структурным подразделением ФГБОУ ВПО

Дагестанского государственного университета и управляется им находится в ведении Министерства науки и ВО РФ. Общая площадь земельных участков составляет 28 5000 м^2 (28,5 га).

Дендрологический парк и ботанический сад федерального значения «Ботанический сад Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова» является структурным подразделением Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова и находится в ведении Министерства науки и ВО РФ. Общая площадь земельных участков составляет 45000 м^2 (4,5 га).

Наиболее неурегулированными, с точки зрения правового статуса охраны, являются дендрологические парки и ботанические сады. Речь идет, в первую очередь о том, как некоторые из них попали в реестр ООПТ федерального значения?

Например, из 4 дендрологических парка и ботанических сада расположены на территории Ставропольского края, но только 3 имеют документы обосновывающие их образование. У Ботанического сада Пятигорской государственной фармацевтической академии таковые документы отсутствуют.

Такая же ситуация складывается с обоснованием образования Дендрологического парка и ботанического сада федерального значения «Ботанический сад Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова». В нем отсутствует положение и документы обосновывающие образование ООПТ.

Ботанический сад ГОУ ВПО ДГУ действует на основании положения о Ботаническом саде Дагестанского государственного университета, утвержденного постановлением Правительства Республики Дагестан от 08.09.1999 № 210, однако, в соответствии со ст. 28 Закона об ООПТ, положение о дендрологическом парке и ботаническом саде федерального значения утверждается уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти. В настоящее время остается неизвестно.

Возникает также вопрос, на основании чего, вышеуказанные ООПТ называются природными территориями, если они созданы человеком, в основном, для научно-исследовательской работы, являются искусственными насаждениями и не представляют собой природный ландшафт, обладающий естественной репрезентативностью. Где документы обосновывающие их образование?

Из представленного анализа системы ООПТ Северо-Кавказского федерального округа становится понятным, что СКФО обладает богатым потенциалам заповедников, национальных парков, заказников, дендрологических парков и ботанических садов федерального значения, которые являются основой устойчивости и сохранности природных ландшафтов. Вместе с тем, необходимо усиление работы по урегулированию правового статуса некоторых категорий ООПТ федерального значения, например, таких как дендрологические парки и ботанические сады, придание им более четких правовых норм, что, несомненно, приведет к повышению качества охраны природы на ландшафтном уровне.

Литература

1. *Лысенко И.О.* Сравнительная оценка особо охраняемых природных территорий Ставропольского края / *И.О. Лысенко, А.В. Лысенко, Ю.А. Мандра* / Проблемы экологии и защиты растений в сельском хозяйстве: сборник науч. статей по матер. 77-й науч.-практич. конф. Ставрополь: «Параграф», 2013. С. 69-71.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 16.08.2021 № 1350 «О преобразовании Тебердинского государственного природного биосферного заповедника в Тебердинский национальный парк» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202108200041/.
3. Федеральный закон от 14.03.1995 № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://base.garant.ru/10107990/.

УДК 574.52: 504.45.058 DOI:10.34708/GSTOU.2021.22.15.077

ДИНАМИКА БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФИТОПЛАНКТОНА В ПОРТУ ТЕМРЮК (2006-2020 ГГ.)

© Матасова И.Ю., Теюбова В.Ф.

Новороссийский учебный и научно-исследовательский морской биологический центр (филиал) КубГУ, г. Новороссийск

Проанализированы динамика биогенных веществ в морской воде и состава и структуры фитопланктона в порту Темрюк, а также влияние биогенов на численность и биомассу как всего фитопланктонного сообщества, так и микроводорослей из разных отделов. Корреляционный анализ показал значимые положительные взаимосвязи между всеми биогенами, положительные и отрицательные связи между биогенами и некоторыми количественными характеристиками микроводорослей разных отделов. Выявлены многолетние тренды изменения концентрации биогенов, численности и биомассы фитопланктона.

Ключевые слова: *порт Темрюк, Азовское море, биогенные вещества, фитопланктон, многолетняя и сезонная динамика, статистический анализ, тренды, корреляция.*

Порт Темрюк – активно развивающийся порт Азовского моря, способный перегружать до 9400 тыс. тонн в год сухих, наливных, накатных и контейнерных грузов. Площадь акватории морского порта составляет 22.68 кв. км и включает в себя подходной канал, затоны Чайкин, Газовиков, Чирчик, операционные акватории 20 причалов, район якорных стоянок (9 якорных мест). В ближайшее десятилетие в порту планируется увеличение мощности существующих и строительство новых терминалов, что неизбежно приведет к росту антропогенной нагрузки, оказывающей влияние на среду обитания морских организмов.

Сведения о динамике гидрохимических показателей и состава, структуры морской биоты, в частности фитопланктона, в порту Темрюк в течение последних 10–15 лет малочисленны или недостаточны. Информацию по некоторым гидрохимическим показателям, включая биогенные вещества, в подходном канале порта Темрюк (1 постоянная станция) можно получить из ежегодников государственного океанографического института (ГОИН). В отдельных публикациях описаны особенности формирования состава и структуры фитопланктона и его сезонной динамики в порту Темрюк [1, 2].

В представленной работе проанализированы динамика биогенных веществ в морской воде и состава и структуры фитопланктона в порту Темрюк, а также влияние биогенов на численность и биомассу как всего фитопланктонного сообщества, так и микроводорослей из разных отделов в период с 2006 по 2020 гг. Отбор проб проводили у причалов №№ 19, 22 и 23 (затон Газовиков) 3–4 раза в год: в марте, июне, сентябре и в конце ноября – начале декабря. Пробы морской воды и фитопланктона отбирали одновременно, гидрологическим батометром в поверхностном горизонте. Всего для химического анализа и для определения качественного и количественного состава фитопланктона было отобрано по 148 проб морской воды. Определение биогенов (фосфаты, ионы аммония, нитриты, нитраты) осуществляли по стандартным методикам в аккредитованной лаборатории НУНИМБЦ. Пробы фитопланктона объемом 1.5 л фиксировали формалином, далее в лаборатории НУНИМБЦ сгущали методом обратной фильтрации через трековую мембрану с размером пор 2 мкм. Часть полученного концентрата просматривали под микроскопом при увеличении ×200, ×400, одновременно определяя линейные размеры клеток фитопланктона. Исходя из форм клеток, рассчитывали величины их объемов, использую формулы для вычисления

объемов геометрических фигур и их комбинаций. Идентификацию микроводорослей проводили с использованием определителей.

Статистическая обработка полученных данных (с критическим уровнем значимости 5 %) включала в себя корреляционный, кластерный и факторный анализ. Перед анализом данных была проведена их стандартизация (нормировка). Расчеты производились с помощью пакетов программ Statistica 12.0 и Microsoft Office Excel.

Гидролого-гидрохимическая обстановка в порту складывается в результате совместного влияния вод собственно Азовского моря, более соленых черноморских вод из Керченского пролива и стока реки Кубань, в 3 км от устья которой он расположен.

Морская вода в порту Темрюк специалистами ГОИН по индексу загрязненности вод (ИЗВ), рассчитанному с использованием показателей «растворенный кислород», «нефтепродукты» и, чаще всего, «аммонийный азот», «нитриты» или «фосфаты», отнесена ко II классу качества вод – «чистые» (значения индекса колеблются от 0.46 до 0.69). По данным НУНИМБЦ самые высокие значения кратности ПДК приходятся на БПК5, взвешенные вещества, фенолы, железо и нефтепродукты, значения индекса колеблются от 0.87 (2009 г.) до 1.35 (2006 г.), составляя в среднем 1.06, что соответствует III классу качества вод – «умеренно загрязненные» [3].

Анализ результатов количественного химического анализа показал, что по биогенным веществам морская вода в порту Темрюк в период исследования соответствовала рыбохозяйственным нормативам (табл. 1).

Таблица 1

Концентрация (мг/м^3) и некоторые статистические характеристики биогенных веществ в порту Темрюк

Показатель	Нормативный документ на метод анализа	Диапазон значений	Среднее с ошибкой среднего	Количество случаев превышения ПДК	Коэффициент корреляции с периодом исследования*
Фосфаты	РД52.10.738-2010	<0.005–0.220	0.027±0.003	0	0.34
Ион аммония	ПНД Ф 14.1:2:3.1-95	<0.05–0.530	0.129 ±0.008	0	0.45
Нитриты	РД 52.10.740-2010	<0.002–0.083	0.020 ±0.002	0	0.52
Нитраты	РД 52.10.745-2020	<0.02–0.900	0.123 ±0.014	0	0.46

*Примечание: * коэффициенты корреляции при $r_{крит.}=0.18$.*

Проведенный корреляционный анализ показал высокую степень взаимосвязи между концентрациями исследуемых биогенных веществ (табл. 2).

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа между концентрацией биогенных веществ (корреляционная матрица) в порту Темрюк по сезонам в период 2006–2020 гг.

Показатель	Нитраты				Нитриты				Ион аммония			
	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень	зима
Фосфаты	**0.37**	**0.68**	**0.45**	**0.52**	**0.48**	**0.68**	**0.63**	**0.58**	**0.54**	0.22	**0.49**	**0.51**
Ион аммония	**0.47**	**0.39**	**0.57**	**0.64**	**0.62**	**0.36**	**0.70**	**0.85**				
Нитриты	**0.48**	**0.84**	**0.77**	**0.65**								

*Примечание: * жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции*

Для анализа многолетних изменений качества воды в исследуемой акватории порта Темрюк был проведен корреляционный анализ по поиску взаимосвязей между биогенными веществами и периодом исследования. Определено, что все биогенные вещества имеют статистически достоверный тренд увеличение концентрации в период с 2006 по 2020 гг. (рис. 1). Самый высокий коэффициент корреляции выявлен для нитритов (r = 0.52), менее тесная связь – у фосфатов (r = 0.34).

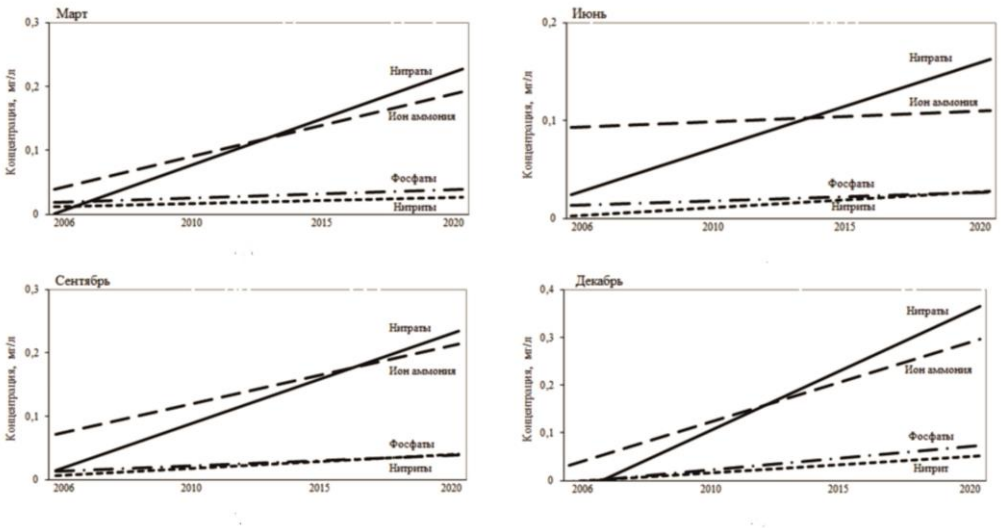


Рис. 1. Тренды биогенных веществ в порту Темрюк в период 2006-2020 гг.

Неорганические соединения фосфора и азота являются одним из факторов, лимитирующих развитие фитопланктонных сообществ – первичного продуцента органического вещества.

В период исследования в акватории у причалов №№ 19, 22 и 23 было идентифицировано 140 видов фитопланктона. Большая часть из них относилась к отделам Bacilariophyta и Miozoa (67 и 38 видов соответственно), так же встречено 14 видов из отдела Chlorophyta, 13 – Cyanobacteria, 3 – Euglenozoa, по 2 – Haptophyta и Ochrophyta, 1 – Cercozoa. Диатомеи имели 100 % встречаемость и доминировали в составе сообществ практически на всех этапах отбора, на них приходилось в среднем 86 % общей численности и 78 % общей биомассы (рис. 2). Динофитовые водоросли встречались в 55 % общего количества проб, цианобактерии – 30 %, эвгленовые – 20 %, зеленые – 13 % и золотистые – в 5 %. Численность микроводорослей варьировала от 2.4 до 7933.0 тыс. кл./л, биомасса – от 16.3 до 7749.6 мг/м^3, при медианных значениях – 147.0 тыс. кл./л и 205.5 мг/м^3 соответственно.

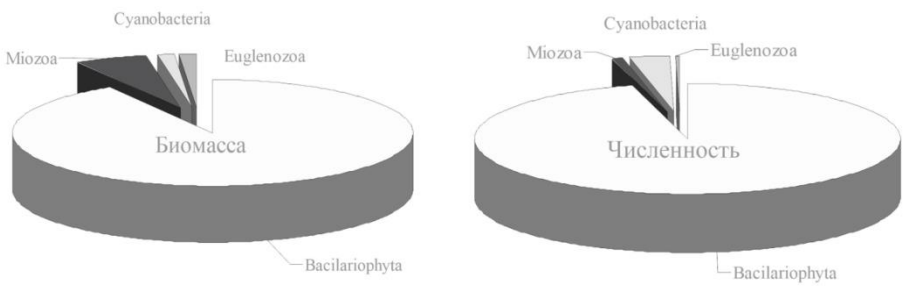


Рис. 2. Вклад микроводорослей из различных отделов в общие биомассу и численность фитопланктона в порту Темрюк в период 2006-2020 гг.

Сезонная динамика состава и структуры фитопланктона ярко выражена, поэтому межгодовую анализировали с ее учетом. В первом полугодии (март-июнь) превалировали мелкоклеточные водоросли, в основном, из отдела диатомей – виды родов *Sceletonema, Pseudo-nitzshia, Cyclotella, Chaetoceros* и др.). В исследуемый период их численность имеет тенденцию к увеличению (r = 0.32÷0.69).

Во втором полугодии роль мелкоразмерных водорослей уменьшалась, а крупноклеточных немногочисленных диатомей и динофлагеллят (*Pseudosolenia calcar-avis, Cerataulina pelagica*, виды родов *Coscinodiscus, Tripos* и др.) возрастала. При этом биомасса их с годами имеет тенденцию на снижение (r = -0.40 ÷ -0.70) (рис. 3, табл. 3).

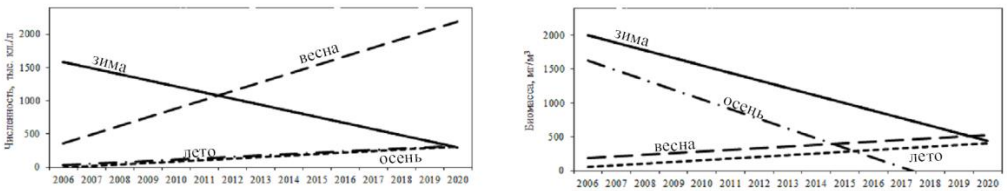


Рис. 3. Тренды количественных характеристик фитопланктона в порту Темрюк в разные сезоны в период 2006-2020 гг.

Таблица 3

Корреляция между количественными показателями фитопланктона и периодом исследования (по сезонам)

Сезон	Численность (N)					Биомасса (B)				
	B*	M	C	E	O	B	M	C	E	O
Март	**0,32****	-0,10	0,13	**-0,30**	**0,32**	0,24	-0,3	-0,1	**-0,30**	0,24
Июнь	**0,38**	0,23	**0,33**	**0,46**	**0,69**	0,31	0,12	**0,33**	**0,49**	**0,45**
Сентябрь	**0,45**	**-0,40**	**-0,40**	0,16	0,36	**-0,60**	**-0,40**	**-0,40**	0,1	**-0,60**
Декабрь	-0,20	**-0,50**	**-0,50**	0,09	-0,20	-0,30	**-0,70**	**-0,50**	0,25	**-0,40**
Общее	-0,10	0,01	**0,18**	-0,10	-0,10	**0,32**	0,00	**0,17**	-0,1	**0,33**

*Примечание: * здесь и далее: B – диатомовые водоросли, M – динофитовые водоросли, C – сине-зеленые водоросли, E – эвгленовые водоросли, O – общая.*

*** жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции*

Такие изменения в сторону увеличения в составе планктонных микроводорослей роли r-стратегов (r-стратегия выживания), учитывая тренд на увеличение концентрации биогенов (повышение уровня эвтрофикации), особенно во второй половине года (r = 0.40 ÷ 0.87), указывают на негативные трансформации в структуре фитопланктонных сообществ.

В связи с выявленными сезонными и годовыми трендами изменения количественных характеристик фитопланктона проведен корреляционный анализ с целью поиска взаимосвязи между биогенами и количественными показателями микроводорослей из различных отделов. Статистически значимая положительная связь зафиксирована в марте между нитратами и общими численностью и биомассой, а также диатомовых водорослей (0,34-0,43), в июне между азотсодержащими биогенами и общей биомассой (0,36-0,58), в сентябре между некоторыми биогенами и эвгленовыми. Статистически значимая отрицательная взаимосвязь отмечена во второй половине года: в сентябре между биогенами и общей биомассой, а также биомассой диатомей (-0,37÷-0,47), в декабре - между всеми биогенами и количественными показателями динофлагеллят (-0,38÷-0,66) и между ионом аммония, нитритами и общими биомассой и численностью (-0,35÷-0,7).

Наличие зависимостей между биогенными веществами и некоторыми характеристиками фитопланктона дает возможность группировать их в кластеры и проводить выделение скрытых факторов, влияющих на них методом главных компонент.

Результаты кластер-анализа представлены в виде дендрограммы (рис. 4).

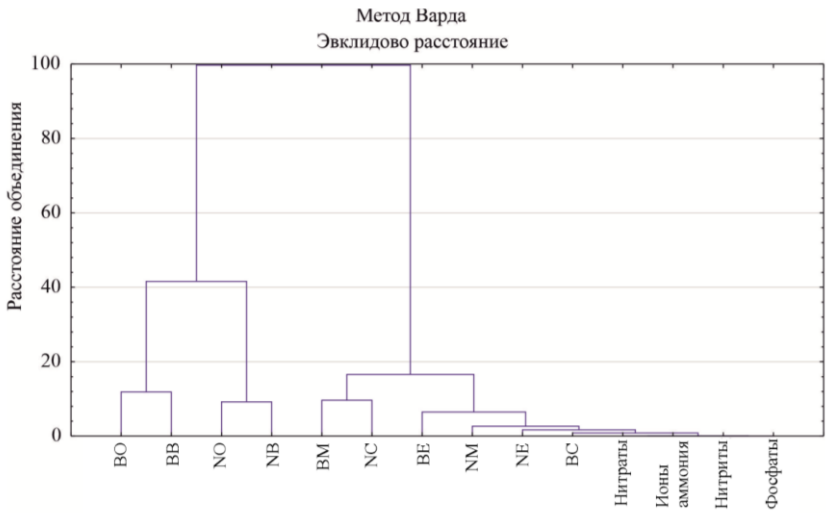


Рис. 4. Дендрограмма корреляционной матрицы между биогенными веществами и некоторыми характеристиками фитопланктона порта Темрюк

Согласно проведенному кластерному анализу по методу K-средних значимыми ассоциациями рассматриваемых показателей порта Темрюк являются:

– ассоциация {биогены-BC-NE-NM- BE};

– ассоциация {NB-NO};

– ассоциация {NC-BM};

– ассоциация {BB-BO}.

Для отражения процессов, влияющих на динамику биогенных веществ и показателей фитопланктона в рассматриваемый период использовался факторный анализ. При отборе значимых факторов с использованием критерия «каменистой осыпи» было установлено, что можно ограничиться четырьмя факторами.

Согласно полученным данным, высокие факторные нагрузки распределились по факторам следующим образом:

- Фактор 1 – фактор, связанный с концентрацией биогенных веществ и биомассой сине-зеленых водорослей положительной корреляционной связью;

- Фактор 2 – фактор, связанный с общей численностью фитопланктона и численностью диатомовых водорослей положительной корреляционной связью и с отрицательной связью с общей биомассой и диатомовых водорослей.

- Фактор 3 – фактор, связанный с общей численностью и биомассой динофитовых водорослей.

- Фактор 4 – фактор, связанный с общей численностью и биомассой эвгленовых водорослей.

Можно предположить, что фактор 1 обусловлен поступлением биогенных веществ в акваторию порта Темрюк с поверхностным стоком. Остальные факторы (2-3) требуют дополнительного изучения. Вполне вероятно, что некоторыми из этих факторов будут рассматриваемые биогенные вещества.

В целом, небольшое лимитирующее влияние на основную массу микроводорослей, представленную в преимущественно диатомеями, выявлено только весной. В остальные сезоны положительное влияние биогенов отмечено только на развитие эвгленовых водорослей, но на водоросли других отделов биогены, вероятно, могут оказывать угнетающее влияние.

Литература

1. *Болгова, Л.В.* Современное состояние планктонных альгоценозов в районе Таманского полуострова Черного моря / Л.В. Болгова, И.М. Луговая // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2009. № 4(152). С. 86-91.
2. *Матасова, И.Ю.* Многолетняя динамика гидрохимических показателей и количественных характеристик фитопланктона в порту Темрюк (2006-2020 гг.) / И. Ю. Матасова, В. Ф. Теюбова // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность: тезисы докладов Международной научной конференции, посвящённой 150-летию Севастопольской биологической станции — Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий», Севастополь, 13–18 сентября 2021 г. Севастополь : ФИЦ ИнБЮМ, 2021. 507-508 с.
3. *Ясакова, О.Н.* Фитопланктон Темрюкского залива в летний период 2014 года / О.Н. Ясакова, Ю.В. Лохман, А.С. Афонин / Материалы Всероссийского форума с международным участием «Эколого-экономический потенциал экосистем северо-кавказского федерального округа, причины современного состояния и вероятные пути устойчивого развития социоприродного комплекса». (Республика Дагестан, г. Махачкала, Эколого-географический факультет ДГУ. 24-27 сентября 2015 г.). г. Махачкала, 2015. С. 194–197.

УДК 502.1:504.1: 470.4 DOI:10.34708/GSTOU.2021.35.17.078

РАЗВИТИЕ ЭРОЗИОННОЙ СЕТИ В СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТАХ В УСЛОВИЯХ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ)

© Мячина К.В., Дубровская С.А., Ряхов Р.В.

Институт степи УрО РАН ОФИЦ УрО РАН, г. Оренбург

Предлагаются результаты анализа динамики линейной эрозии в степных ландшафтах в условиях совместного влияния нефтегазодобывающего и сельскохозяйственного производств. Исследования проводились на участке площадью 100 км², расположенном в Оренбургской области. Осуществлены оцифровка и классификация объектов эрозионной сети для трех временных срезов – 1985, 2000, 2019 гг. Классифицированы элементы эрозионной сети, проанализирована их пространственная плотность. Оценка степени активности и направлений эрозионных процессов показала, что большая часть территории исследования характеризовалась низкой степенью эрозионной активности вплоть до активизации техногенной деятельности на нефтяном месторождении. Разработка месторождения усилила текущие эрозионные процессы, связанные с воздействием сельскохозяйственного производства, в связи с чем в настоящее время наблюдается устойчивый рост суммарной длины объектов эрозионной сети. Показано, что сельскохозяйственные земли, находящиеся в зоне влияния нефтепромысла, подвержены повышенному риску развития эрозионных процессов.

***Ключевые слова**: степные ландшафты, сельскохозяйственное производство, нефтедобыча, эрозионные процессы, Оренбургская область.*

Добыча нефти в степных регионах сопряжена с многосторонним воздействием на сельскохозяйственное производство, являющееся, как правило, приоритетной отраслью экономики на равнинных умеренно-засушливых территориях. В то же время, нефть и газ являются стратегическими ресурсами, поэтому их добыча незаменима: роль невозобновляемых источников энергии, по некоторым прогнозам, к 2040 году вырастет лишь на 4% - с 12 фактических до 16% [6]. В российских степных регионах разрабатывается более 500 нефтегазовых месторождений, что определяет значительные масштабы техногенного воздействия на естественные и аграрные ландшафты. На фоне назревающего мирового дефицита продовольственных ресурсов важнейшей из задач является всесторонняя оценка взаимодействия нефтедобывающего и сельскохозяйственного производств. Взаимопроникновение земельных отводов и элементов инфраструктуры этих отраслей приводит к созданию многосторонних взаимосвязей, которые, в свою очередь, вызывают определенные социально-эколого-экономические последствия и проблемы. Один из основных конфликтных аспектов – вывод из сельскохозяйственного оборота участков продуктивных земель для организации эффективного нефтепромысла, результатом функционирования которого может быть развитие и приумножение эрозионных процессов [7]. Эрозия почвы считается одним из основных факторов техногенной дестабилизации природных и аграрных ландшафтов, которая может способствовать потере продуктивных сельскохозяйственных земель, создавая социально-экономическую напряженность [3]. В результате многолетней эксплуатации нефтяных месторождений в природных и техногенных почвах отмечаются повышение концентрации газообразных углеводородов, способствующих образованию грифонов (прорыв газа из затрубного пространства буровой скважины), вызывающих проседание почвенных горизонтов. Далее при воздействии постоянных и временных водотоков на таких участках идет постепенное образование промышленной овражно-балочной сети. Для образования техногенной эрозионной сети достаточным условием является игнорирование

особенностей рельефа окружающей местности и отсутствие на участке месторождения обустроенной дренажной системы поверхностных и приповерхностных грунтовых вод. Кроме того, эрозионные процессы могут возникать или усиливаться при активном использовании техники и перемещении больших объемов грунта и строительных материалов. Следствием таких мероприятий может быть перераспределение стока во вновь образованных водосборах и активизация эрозионных процессов [1, 2].

Основной задачей работы являлся анализ влияния объектов нефтепромысла на динамику линейной эрозии степных ландшафтов.

В качестве ключевого участка исследования выбрана территория площадью 100 км², расположенная в Оренбургской области, входящей в состав Волго-Уральского нефтегазоносного региона. На ключевом участке размещена густая сеть нефтепромысловых объектов, внедрение которых началось в конце 80-х – начале 90-х гг. 20 в. Объекты нефтепромысла расположены на левом и правом берегу р. Большой Уран. Ландшафты участка исследования характеризуются, по большей части, равнинным рельефом, что объясняет наличие многочисленных сельскохозяйственных угодий (пашен, пастбищ, сенокосов), перемежающихся с объектами нефтяной инфраструктуры.

Анализ влияния разработки нефтяного месторождения на динамику линейной эрозии выполнялся в три этапа. На первом этапе осуществлены оцифровка, картографирование и классификация объектов эрозионной сети для трех временных срезов – 1985, 2000, 2019 гг. В 1985 г. на участке исследования еще не осуществлялась деятельность по добыче нефти, что подтверждает исследовательскую репрезентативность выбранного ключевого участка. На основании градации по морфометрическим признакам все элементы имеющейся на участке исследования эрозионной сети разделены на 3 типа:

1 - овраги (глубина 10-20 м, ширина до 30 м),

2 - балки (глубина до 30 м, ширина до 50 м),

3 - речные долины (глубина до 50 м, ширина до 200 м).

На втором этапе выполнен расчет активности эрозионных процессов на основе определения плотности пространственного распределения активных компонентов эрозионной сети - борозд, рытвин, оврагов, объектов вторичного оврагообразования. Полученные данные пространственного распределения плотности овражно-балочной сети позволили выделить следующие зоны в границах ключевого участка:

1 - с очень низкой плотностью (менее 200 м/км^2),

2 – с низкой плотностью (200-400 м/км^2),

3 – со средней плотностью (400-600 м/км^2),

4 – с высокой плотностью (600-800 м/км^2),

5 – с очень высокой плотностью (более 800 м/км^2).

Полученные результаты преобразованы в векторный формат для сбора статистической информации.

На третьем этапе выполнен анализ степени активности эрозионных процессов. Векторные данные по трем временным срезам сопоставлены при помощи алгоритма наложения пространственной информации в программе ArcGis. Выделено шесть направлений эрозионной активности: 1 - устойчивое снижение, 2 - снижение, 3 - отсутствие динамики эрозионных процессов, 4 – слабый рост, 5 - устойчивый рост, 5 - значительный рост.

Результаты исследования показали, что до внедрения нефтедобывающей инфраструктуры большая часть территории отличалась низкой и очень низкой степенью эрозионной активности (снимок Landsat 1985 г). До 2000 г. – начального этапа разработки месторождения – экзогенные процессы в ландшафтах протекали достаточно слабо (рис. 1).

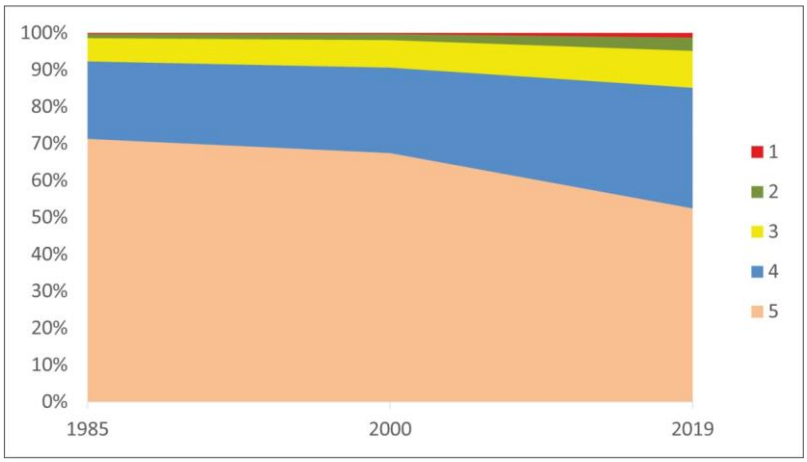


Рис. 1. Зоны эрозионной активности на ключевом участке исследования:
1 – зона с очень высокой активностью, 2 – зона с высокой активностью, 3 – зона со средней активностью, 4 – зона с низкой активностью, 5 – зона с очень низкой активностью

Активизация техногенной деятельности на месторождении инициировала новые и усилила текущие эрозионные процессы, связанные с воздействием сельскохозяйственного производства [4]. Таким образом, к 2019 г. обнаружен значительный рост эрозионной активности на участке исследования.

Наблюдается устойчивый рост суммарной длины объектов эрозионной сети с течением времени (рис. 2).

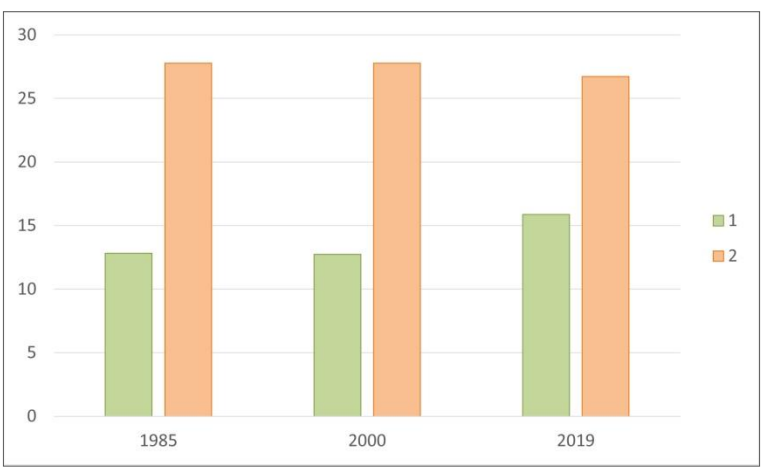


Рис. 2. Динамика суммарной длины элементов эрозионной сети на участке исследования, км/год: *1 - овраги, 2 - балки*

Выявлено, что увеличение количества объектов нефтегазодобычи и ее интенсивности совпадает с ростом параметров эрозионной сети на ключевом участке исследования. Можно утверждать, что процессы добычи нефти и обслуживания месторождения приводят к образованию техногенных оврагов. Техногенные овраги расположены как локально, вокруг обваловки площадок скважин, так и могут становиться центрами техногенного оврагообразования, существенно активизируя деструктивные процессы, направленные в сторону базиса эрозии. В тоже время,

наблюдается снижение протяженности балочных форм за счет активизации процессов вторичного оврагообразования вблизи объектов нефтедобывающей инфраструктуры, вызванных частичным изменением структуры локального водосбора. Некоторые из балочных форм выступают в роли коллекторов отработанных жидкостей, русла других разрушаются или перекрываются при дорожном строительстве, тем самым создавая упор для накопления осадков, что приводит к поднятию уровня грунтовых вод и, как следствие, активизации процессов вторичного оврагообразования.

На основе полученных геоинформационных показателей построена интегральная картосхема многолетней динамики эрозионных процессов в пределах ключевого участка (рис. 3). Картосхема позволяет выделить ландшафтные особенности многолетних трендов и определить степень влияния объектов нефтегазового комплекса на структуру овражно-балочного типа местности. Хотя основа эрозионной сети сформировалась до начала активной разработки нефтяного месторождения, нефтедобыча становится дополнительным катализатором экзогенных процессов.

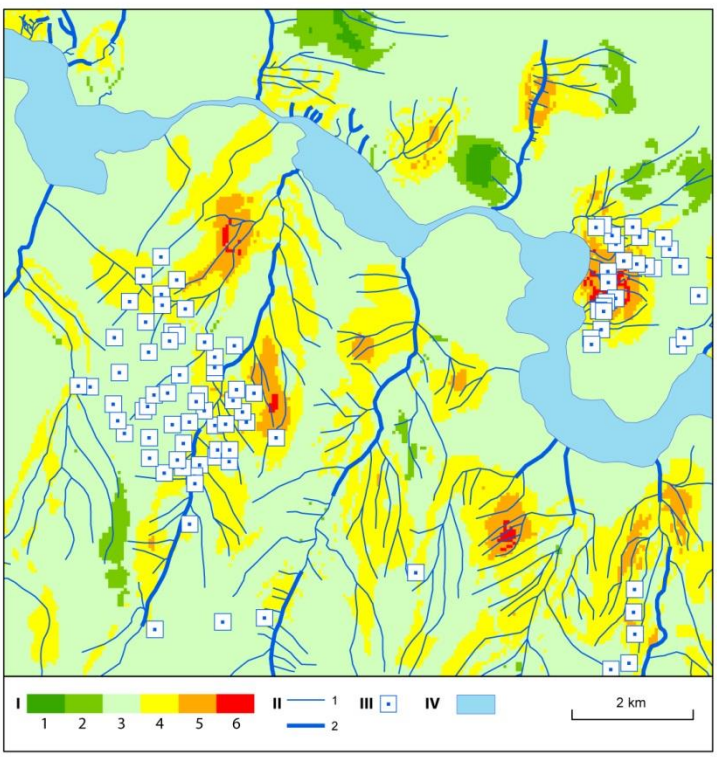


Рис. 3. Интегральная картосхема динамики эрозионных процессов и структуры овражно-балочного типа местности на ключевом участке исследования (1985-2019 гг.):
***I** - динамика активности эрозионных процессов: 1 - устойчивое снижение, 2 - снижение, 3 - динамика отсутствует, 4 - повышение, 5 - устойчивое повышение, 6 - значительное повышение; **II** - структура эрозионной сети (на 2019 г.): 1 - овраги, 2 - балки; **III** - объекты нефтегазопромысла; **IV** – долина р. Большой Уран*

На картосхеме четко прослеживаются зоны снижения активности эрозионных процессов, в том числе и на сельскохозяйственных землях, которые впоследствии были изъяты из сельскохозяйственного оборота по тем или иным причинам [5]. Подобные участки в настоящее время представляют собой мало- и средневозрастные залежи. В категорию земель с измененным типом землепользования попадают также угодья, переведенные из пахотных в пастбищно-сенокосные.

Предложенная форма геоинформационного анализа для оценки многолетней динамики эрозионных процессов позволила определить тренды и причины современного оврагообразования в зоне сосуществования сельскохозяйственного и нефтедобывающего производств. На ключевом участке исследования обнаружено интенсивное протекание эрозионных процессов, катализируемых функционированием нефтепромысла. Сельскохозяйственные земли, находящиеся в зоне влияния нефтепромысла, подвержены повышенному риску развития элементов эрозионной сети. Таким образом, разработка методов сохранения ценных сельскохозяйственных земель является обязательным требованием для поддержания аграрного производства и благополучных социально-экономических условий в нефтеносных регионах.

Работа выполнена в рамках гос. задания ИС УРО РАН (№ГР АААА-А20-120011390069-6).

Литература

1. *Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В.* Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация // Учебное пособие / под ред. акад. РАН Г.В. Добровольского. М.: Ойкумена, 2003. 268 с.
2. *Григорьев И.И., Рысин И.И.* Исследования техногенных и сельскохозяйственных оврагов в Удмуртии // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2006. № 11. С. 83-92.
3. Arabameri A., Pradhan B., Bui D.T. (2020). Spatial modelling of gully erosion in the Ardib River Watershed using three statistical-based techniques. Catena, 190. Pp. 104-545.
4. Dotterweich M., Stankoviansky M., Minár J., Koco Š., Papčo P. (2013). Human induced soil erosion and gully system development in the Late Holocene and future perspectives on landscape evolution: The Myjava Hill Land, Slovakia. Geomorphology, 201. Pp. 227-245.
5. Meyfroidt P., Schierhorn F., Prishchepov A.V., Müller D., Kuemmerle T. (2016). Drivers, Constraints and Trade-Offs Associated with Recultivating Abandoned Cropland in Russia, Ukraine and Kazakhstan. Global Environmental Change 37. Pp. 1–15.
6. Sieminski A. International Energy Outlook. U.S. Energy Information Administration. Retrieved from 2016. http://www.eia.gov/pressroom/presentations/sieminski_05112016.pdf
7. Wang G., Innes J., Yusheng Y., Shanmu C., Krzyzanowski J., Jingsheng X., Wenlian L. (2012). Extent of soil erosion and surface runoff associated with large-scale infrastructure development in Fujian Province, China. Catena, 89(1). Pp. 22-30.

УДК 550.4:556.5 DOI:10.34708/GSTOU.2021.87.19.080

ПРОЯВЛЕНИЕ СТРОНЦИЕВОЙ АНОМАЛИИ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ БАССЕЙНА р. БАКСАН

© Реутова Т.В., Дреева Ф.Р., Реутова Н.В., Хутуев А.Х.

ЦГИ КБНЦ РАН, г. Нальчик

Целью работы являлось изучение бассейна р. Кенделен, отличавшейся от других притоков р. Баксан повышенным содержанием стронция, вызывающего 3-кратное увеличение его концентрации в главной реке. При обследовании основного русла р. Кенделен и его многих притоков и сравнении их с другими реками среднегорной зоны в бассейне Баксана была выявлена зона с аномально высоким уровнем содержания стронция до значений более 10 мг/л в нижнем течении р. Кенделен. Анализ соотношений концентраций Sr^{2+} с концентрациями главных ионов (Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-}), с которыми он ассоциирован в горных породах и минералах, позволил предположить наличие двух источников поступления этого металла в гидросферу: с глубинными сероводородными водами из гипсоносных толщ и от целестиновой минерализации, относительно неглубоко залегающего месторождения.

Ключевые слова: *геохимическая аномалия, поверхностные воды суши, стронций, р. Баксан, р. Кенделен/Тызыл***.**

Стронций является относительно распространенным биофильным элементом, относится к тяжелым металлам повышенной опасности (II класс опасности). Однако, этот элемент редко включают в список определяемых компонентов при исследовании микроэлементного состава природных вод, и его распределение в гидросфере все еще мало изучено. Проведенные в ЦГИ КБНЦ РАН исследования показали, что после прохождения рекой Баксан зоны Скалистого хребта в ее водах ступенчато повышается содержание щелочно-земельных металлов и особенно стронция. Так, между 60-ым и 112-ым километрами ее течения происходит обогащение кальцием в 2,3 раза, магнием в 2 раза, а стронцием в 13,2 раза [3]. На этом участке Баксан принимает 3 крупных притока (Гижгит, Гескенти и Кенделен). Для всех характерны высокие по сравнению с главной рекой концентрации магния и повышенные кальция. Но р. Кенделен, кроме того, значительно отличалась по содержанию стронция, в 20 раз превосходящему его уровень в двух притоках и р. Баксан до впадения р. Кенделен.

В связи с этим, в 2019-2020 гг. были проведены маршрутно-экспедиционные обследования бассейна р. Кенделен (в верховьях р. Тызыл). Были опробованы многие притоки, начиная от межгорной котловины выше Скалистого хребта и до устья, расстояние между которыми составляло всего несколько километров. На самой реке наблюдения проводили на 3 створах. Для сравнения проводили анализ вод двух притоков Баксана (р. Гескенти правый приток и р. Гижгит – левый), сформированных в пределах Северо-Юрской депрессии и двух маловодных левых притоков ниже Скалистого хребта, один из которых представляет собой холодный сероводородный источник. Такого рода источник имеется и в бассейне р. Кенделен. Также объектом исследования была р. Экипцоко, относящаяся к бассейну р. Малка, поскольку ее водосбор граничит с запада с бассейном р. Кенделен. На главной реке Баксан наблюдения проводили тоже на трех створах, два из которых находятся выше впадения р. Кенделен и один ниже.

Известно, что кроме собственных минералов, самым распространенным из которых является целестин ($SrSO_4$), Sr входит в состав минералов других металлов в качестве изоморфной примеси. Самые высокие концентрации обнаруживаются в сульфатах. Например, в гипсе до 1900 г/т [1]. По нашим данным в горной части территории Кабардино-Балкарской республики отмечаются корреляционные связи между содержанием в водах стронция и магния, стронция и кальция. Поэтому наряду со

Sr были определены концентрации ионов других щелочноземельных металлов – Ca и Mg, а также сульфат-ионов. Пробы анализировали методом капиллярного ионофореза с использованием прибора «Капель 104Т».

Полученные результаты представлены в таблице и показаны на рисунке в виде отношения измеренной в каждом объекте концентрации Sr к его кларку в речных водах равному 0,05 мг/л (КК-кларк концентрации). В таблице кроме средних значений концентраций приведены величины отношений главных ионов к Sr. Условные названия пунктов наблюдений в таблице и на рисунке совпадают.

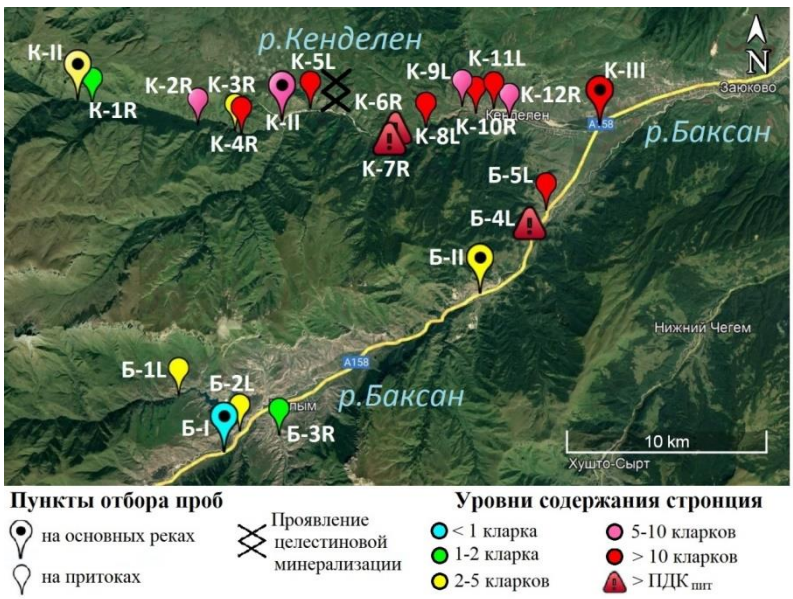


Рис. 1. Распределение стронция в водах средней части бассейна р. Баксан (кларки концентраций)

Из рисунка видно, что содержание стронция на уровне кларка (КК 0,5-2) отмечалось всего в нескольких пунктах выше по течению рек Баксан и Кенделен. Немногочисленные водные объекты содержали до 5 кларков Sr. Все водные объекты с невысокими концентрациями располагались в пределах межгорной речной котловины, относящейся к Северо-Юрской депрессии, а наименьшее содержание ниже кларка отмечено на 60-ом километре течения р. Баксан. Здесь химический состав реки еще незначительно изменен по сравнению с его высокогорным участком. Для рек высокогорной зоны характерно очень низкое содержание стронция, зачастую ниже предела определения метода капиллярного ионофореза (0,015 мг/л). В большинстве водных объектов значительно обогащены стронцием по сравнению со средне мировым уровнем. Степень обогащения достигает 40-50 кларков, причем не только в притоках, но и в устье основной реки Кенделен. В трех водных объектах концентрации превысили предельно допустимую для питьевой воды ($ПДК_{пит}$ =7 мг/л) и составили более 200 кларков.

Таблица 1

Щелочноземельные металлы в поверхностных водах района исследования

Пунк-ты отбора	Водные объекты	Концентрация, мг/л				Мольные отношения		
		Sr^{2+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	$\frac{Ca^{2+}}{Sr^{2+}}$	$\frac{Mg^{2+}}{Sr^{2+}}$	$\frac{SO_4^{2-}}{Sr^{2+}}$
Створы наблюдений на р.Кенделен/Тызыл								
К-I	Кенделен/Тызыл 29-й км от истока	0,160	34,94	11,14	29,63	609	324	220
К- II	Кенделен/Тызыл 40-й км от истока	0,284	40,59	14,71	32,11	314	190	104
К- III	Кенделен 59-й км от истока	2,490	118,90	16,45	260,03	108	25	98
Притоки р. Кенделен								
К-1R	Р. Таласу впадает на 29-ом км	0,092	40,90	7,72	6,45	841	264	55
К-2R	Ручей впадает на 35-ом км	0,314	35,02	8,09	5,10	274	115	17
К-3R	Родник впадает на 37-ом км	0,208	12,68	2,73	2,83	134	48	12
К-4R	Ручей с вдп впадает на 38-ом км	2,164	56,62	8,34	21,71	58	14	9
К-5L	Водоток временный впадает на 42-ом км	5,820	47,88	5,90	15,24	18	4	2
К-6R	Источник H_2S, основной выход впадает на 47-ом км	10,234	451,55	40,92	1132,60	97	15	101
К-6R	Источник H_2S, дополнительный выход впадает на 47-ом км	11,545	335,61	31,73	801,40	64	10	64
К-7R	Водоток временный впадает на 47-ом км	8,510	45,58	8,38	26,41	12	4	3
К-8L	Р. Цисубаши впадает на 50-ом км	1,677	48,36	11,60	9,56	63	25	5
К-9L	Р. Чучхурсуу впадает на 52-ом км	0,403	51,98	8,11	22,33	287	74	52
К-10R	Родник питьевой впадает на 53-ем км	2,518	49,85	8,58	22,10	44	12	8
К-11L	Ручей впадает на 54-ом км	1,262	88,04	25,91	227,48	153	75	165
К-12R	Руч. Тапшин впадает на 55-ом км	0,250	43,52	7,12	36,65	360	113	149
	Р. Экипцоко, приток р. Малка	0,414	73,75	10,55	32,06	391	93	71
Створы наблюдений на р.Баксан								
Б-I	Р. Баксан 60-й км от истока	0,027	11,6	2,49	11,19	1197	434	560
Б-II	Р. Баксан 76-й км от истока	0,129	16,22	3,79	19,35	281	109	148
	Р. Баксан 112-й км от истока	0,359	26,84	5,01	37,13	176	55	113
Притоки р. Баксан								
Б-1L	Р. Гижгит 25-й км от истока впадает на 61-ом км	0,137	36,26	21,62	29,81	823	695	240
Б-2L	Р. Гижгит устье впадает на 61-ом км	0,114	42,67	20,62	32,43	592	556	247
Б-3R	Р. Гескенти впадает на 63-ем км	0,098	27,00	12,62	28,15	612	470	296
Б-4L	Источник H_2S впадает на 80-ом км	12,975	453,29	54,18	1377,90	77	15	102
Б-5L	Р. Хаюко впадает на 83-ем км	0,621	69,01	10,85	34,35	252	63	59

Примечание: в 1-й колонке и на карте правые притоки имеют обозначение «R»; левые притоки –«L»

Данные таблицы свидетельствуют о том, что водные объекты в бассейне р. Кенделен значительно отличаются по содержанию Sr, но водотоки, расположенные с 35-го по 54-й километры течения, содержат его в повышенных и очень высоких (превышающих и близких к $ПДК_{пит}$), концентрациях. Последние были связаны с сероводородным многоголовым источником «Кенделенский», а также с водами двух поверхностных водотоков, не имеющих постоянного стока. Источник выше с. Жанхотеко и подобные выходы холодных сероводородных вод в Малкинском и Черекском ущельях также содержат от 6 до 10 мг/л Sr, причем всегда в сопровождении высоких концентраций кальция, магния и сульфатов. Они очевидно имеют общее происхождение, связанное с выщелачиванием обогащенных стронцием гипсоносных осадочных пород. Об этом можно судить по относительно высоким, причем примерно одинаковым для водных объектов этого типа, соотношениям Ca/Sr (80-90), Mg/Sr (15-20) и SO_4^{2-}/Sr (90-100). Что касается ручьев и малых рек, впадающих в Кенделен на этом участке, то повышение концентраций Sr до 1,5-2,5 мг/л наблюдается при обычно встречающихся в реках среднегорной зоны концентрациях кальция и сульфат-ионов

порядка 30-50 мг/л и 20-30 мг/л соответственно. Это приводит к снижению соотношений с главными ионами до 40-60 с кальцием и 5-8 с сульфат-ионами, что в свою очередь может быть диагностическим признаком иного источника поступления стронция в поверхностные воды. особенно высокие концентрации Sr и низкие значения Ca/Sr (12 и 18) и SO_4^{2-}/Sr (2 и 3) относились к двум притокам правому и левому на 42-ом и 47-ом километрах от истока Кенделена, представляющих поверхностные потоки, временами исчезающие. Следует отметить, что в этих водах концентрации редкого Sr и одного из главных ионов Mg сравнялись по величине. Действительно в районе исследования имеется месторождение целестина [2], прослеживаемое по левобережью р. Кенделен (показано на рисунке). Воды малых рек, бассейны которых находятся на том же высотном уровне к востоку (р. Хаюко) и к западу (р. Экипцоко) от аномальной зоны на р. Кенделен, тоже обогащены стронцием относительно его кларка в речных водах, но судя по мольным соотношениям «главный ион/стронций» влияние стронциевой аномалии на них не отражается.

Отношение Ca/Sr имеет особенно важное биологическое значение, т.к. в живых организмах Sr проявляет себя как конкурент Ca. Критическим считается соотношение менее 100 [1]. Низкие значения этого отношения на уровне 40-60, а во временных водотоках и меньше, неоднократно встречались в районе стронциевого рудопроявления на р.Кенделен, в том числе в роднике, находящемся в с. Кенделен активно используемом населением для питья. Хотя достаточно высокая концентрация Sr здесь не достигала $ПДК_{пит}$, составляя 0,36 ПДК, при постоянном употреблении таких вод возможно развитие эндемических заболеваний костной системы (уровская болезнь).

По мере прохождения аномальной по Sr зоны вода р. Кенделен значительно обогащается ионами этого металла, как по массовой концентрации, так и относительно других компонентов ионного состава. То же, но в меньшей степени, происходит и с рекой Баксан. От Северо-Юрской депрессии к северному склону Скалистого хребта и к выходу в предгорно-низкогорную зону наблюдается повышение концентраций стронция, связанное на участке 60-76 км с проявлениями гипса со значительной примесью стронция (Бедыкское месторождение [2]), а между 76-ым и 112-ым километрами течения с впадением р. Кенделен.

Выводы. Проведенные наблюдения показали, что в бассейне р. Баксан, а именно на 20-ти километровом участке нижнего течения ее притока р. Кенделен прослеживается зона повышенных и высоких концентраций стронция в поверхностных водах суши, которую можно охарактеризовать как локальную геохимическую аномалию, связанную с целестиновой минерализацией, существующей в этом районе. Вследствие проявления аномалии резко увеличивается содержание Sr не только в водах основного русла небольшой р. Кенделен, но и самой многоводной реки КБР Баксана. Заметный вклад вносят и холодные глубинные сероводородные воды источников, которые приурочены к узкой полосе вдоль северного склона Скалистого хребта, минерализация которых связана с выщелачиванием гипсовых толщ. Для выявления природы и расположения аномальной зоны важным диагностическим признаком является наряду с массовыми концентрациями выделяемого компонента анализ его соотношений с главными ионами.

Литература

1. *Иванов В.В.* Экологическая геохимия элементов. Книга 1. S-элементы. М.: Недра, 1994. 305 с.
2. Минералы и месторождения России и стран ближнего зарубежья. https://webmineral.ru/deposits.
3. *Реутова Н.В., Реутова Т.В., Дреева Ф.Р.* Геоэкологические исследования на территории Кабардино-Балкарской Республики за период с 2012 по 2018 годы. Том 2. Пространственное распределение примесей в водах бассейнов главных рек Кабардино- Балкарской Республики. Нальчик: Изд-во КБНЦ РАН, 2019. 170 с.

УДК 630.232.32(252.51) DOI:10.34708/GSTOU.2021.38.87.081

ДИНАМИКА СОХРАННОСТИ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ КОРЕЙСКОЙ (PINUS KORAIENSIS SIEBOLD ET ZUCC) НА ТЕРРИТОРИИ УССУРИЙСКОГО ФИЛИАЛА КГКУ «ПРИМОРСКОЕ ЛЕСНИЧЕСТВО»

© Розломий Н.Г., Плужник М.А.

Приморская государственная сельскохозяйственная академия, г. Уссурийск

В статье представлены данные анализа состояния лесных культур на территории Уссурийского филиала КГКУ «Приморское лесничество». За последние 60 лет площади лесов с участием сосны корейской в Приморском крае сократились на 35,6 %. Объектом исследования стали созданные культуры 30-летнего возраста. Культуры были созданы разновозрастными саженцами при одинаковой схеме размещения. Дана характеристика участков посадки лесных культур, определены таксационные показатели древостоя на данный момент, проведен мониторинг сохранности сосны корейской в созданных насаждениях.

Ключевые слова: *Приморский край, сосна корейская, лесные культуры, сохранность.*

Сохранение биологического разнообразия сегодня стало одной из важнейших задач современного лесоводства. Во многих странах мира разрабатываются комплексы рекомендаций по сохранению биологического разнообразия в процессе проведения различных лесохозяйственных мероприятий. [2–4]. Однако, как показывают исследования в научной литературе практически нет работ, оценивающих влияние создания искусственных насаждений на современное состояние биологического разнообразия. Последнее особенно важно в условиях быстро растущих городов и увеличивающейся антропогенной нагрузки.

Целью наших исследований являлся анализ лесных культур сосны корейской (*Pinus koraienensis Siebold et Zucc*), созданных на территории Уссурийского филиала КГКУ (краевое государственное казенное учреждение) «Приморское лесничество» (Приморский край).

За период с 1959 по 2021 г. площади лесов с участием сосны корейской в Приморском крае сократились на 35,6 %. Активная эксплуатация лесов с кедром как главного объекта лесозаготовок при отсутствии эффективного восстановления за последние 100 лет сделала ареал его распространения разорванным, нарушив популяционную структуру. В результате часть генофонда, представляющая высокобонитетные насаждения сосны корейской, стала потерянной. По данным Ореховой (2004) Приморский край владеет тремя лесосеменными районами, что предполагает необходимость выделения на его территории не менее 9 генетических резерватов, которых в Приморье пока не существует [6].

Объектами исследований являлись лесные культуры в возрасте до 30 лет, созданные на территории Уссурийского лесничества в 1987 году. В процессе исследований были проанализированы книги учета лесных культур и проекты создания лесных культур за 1980-90ые года. При проведении работ на первом этапе определялся тип лесорастительных условий и характеристика почв на участках создания лесных культур. На втором этапе основываясь на данные выполненного анализа подбирались участки для закладки пробных площадей с целью установления основных таксационных показателей лесных культур и их качественной оценки. При исследовании использовался метод пробных площадей, которые закладывались в соответствии с общепринятыми в лесном хозяйстве и широко апробированными методиками [5, 7]. Основной целью ставилось установление показателей сохранности лесных культур.

Сосна корейская (кедр корейский) распространялась на территории Уссурийского городского округа в 1980-90-х годах, общая площадь насаждений насчитывает 165 га (таблица 1).

Таблица 1

Характеристика участков расположения лесных культур

№ квартала	№ выдела	Площадь, га	Характеристика лесорастительных условий	Способ подготовки почвы	Способ создания лесных культур	Схема смешения	Схема размещения и густота на 1 га	Характеристика семенного или посадочного материала
9,10	3,4,16,20	30	Д3, склон до 8°,3-4 бонитет 3	без подготовки	посадка	чистая	5х1 2000	2-х летние сеянцы
12	4,5,6,46,47,48	90	Д3, склон 7°, бонитет 4	без подготовки	посадка	чистая	1500	3-х летние сеянцы
2	6.7	9	Д3, склоны разных экспозиций, бонитет 4	без подготовки	посадка	чистая	1500	3-х летние сеянцы
20, 21, 30	11,14	36	малоценные дубняки, склон 11º	без подготовки	посадка	чистая	1500	однолетние сеянцы

Культуры были созданы разновозрастными саженцами при одинаковой схеме размещения. Участки создания лесных культур расположены преимущественно на склонах во избежание затопления [8]. В 2017 годы были заложены пробные площади в наиболее типичных участках.

Таблица 2

Таксационная характеристика культур кедра корейского (1987 г. создания)

№ п/п	Состав	Бонитет	Возраст, лет	Диаметр, см	Высота, м	Полнота	Запас, м³/га
1	10 К	II	30	8,0	4,0	0,3	2,1
2	10 К	II	30	10,0	5,0	0,3	3,4
3	10 К	III	30	10,0	6,3	0,4	3,7
4	10 К	III	30	12,0	6,3	0,4	3,6
5	10 К	II	30	8,0	4,2	0,3	2,2

Бонитет созданных лесных культур варьирует с II до III (прямая зависимость от лесорастительных условий), диаметр культур от 8 до 12 см, высота от 4,0 до 6, 3 см. По данным книги учета лесных культур проанализировали сохранность созданных насаждений (таблица 3).

Таблица 3

Сохранность лесных культур на территории Уссурийского лесничества

№ квартала	№ выдела	Площадь, га	Отметки о приживаемости лесных культур, %			Сохранность лесных культур (2021 г.), %
			1-й год	3-й год	5-й год	
9,10	3,4,16,20	30	27,0	25,4	21,3	15,3
12	4,5,6,46,47,48	90	89,0	87,1	84,2	64,1
2	6.7	9	85,0	83,4	78,5	53,2
20,21, 30	11,14	36	86,0	83,3	79,1	47,1

Таким образом проведенные исследования показали, что сохранность лесных культур сосны корейской в первый год составляет 27,0-89,0 %, в третий год от 25,4-87,1 %, на пятый год результаты показывают сохранность в пределах 21,3 – 84,2 %. Исследования, проведенные в 2021 году, показали очень низкую сохранность от 15,3 до 64,1 %. Основные причины низкой сохранности - низовые пожары и влияние человека (вытаптывание, выкапывание крупных саженцев, уничтожение саженцев) [1].

Литература

1. *Белов А.Н.* Устойчивость различных видов хвойных растений к условиям техногенной среды / *А.Н. Белов, Н.В. Репш, Г.Г. Колтун, С.В. Теребова* // Естественные и технические науки. 2020. № 1 (139). С. 32-36.
2. Проблема сохранения биологического разнообразия и ее решение при заготовке древесины / *Е.С. Залесова, С.В. Залесов, В.Н. Залесов, А.С. Оплетаев, Д.А. Шубин* // Успехи современного естествознания. 2017. № 6. С. 56-60. URL: http:// www.search.rae.ru.
3. Задачи сохранения биоразнообразия при заготовке древесины и пути их решения / *С.В. Залесов, Е.А. Ведерников, В.Н. Залесов, О.Н. Сандаков, А.В. Пономарев, Д.Э. Эфа* // Аграрн. вестник Урала. 2016. № 2 (144). С. 37–40.
4. Рекомендации по отводу и таксации лесосек в насаждениях Архангельской области / сост. *С.В. Третьяков, С.В. Коптев, А.А. Бахтин.* Архангельск: ИДСАФУ, 2014. 100 с.
5. *Огиевский В.В., Хиров А.А.* Обследование и исследование лесных культур (методическое пособие для лесоводов). М.: Лесн. пром-сть, 1964. 51 с.
6. 6.*Орехова Т.П.* Семена сосны корейской (Pinus koraiensis Sieb.et Zucc.) (биологическая характеристика, биохимический состав, рекомендации по сбору и длительному хранению). Владивосток. 2004. 64 с.
7. *Данчева А.В., Залесов С.В.* Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 152 с.
8. Rozlomiy N.G. The state of monocultures in the territory of green zones of Vladivostok aglomeration (the programm Big Vladivostok)/Rozlomiy N.G., Titova M.S., Gukov G.V.//International Journal of Green Pharmacy. 2017. Т. 11. № 3. Pp. 514-518.

УДК 504.05 DOI:10.34708/GSTOU.2021.11.44.084

К ВОПРОСУ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ УГЛЕВОДОРОДАМИ (НА ПРИМЕРЕ Г. ГРОЗНОГО)

© [1]Усманов А.Х., [1,2]Гайрабеков У.Т., [2]Алахвердиев Ф.Д.

[1]Академия наук Чеченской Республики, г. Грозный
[2]Чеченский государственный университет имени А.А. Кадырова, г. Грозный

Проведён анализ воздействия объектов переработки, хранения и транспортировки нефти на геологическую среду г. Грозного. Техногенные залежи углеводородов, образовавшиеся в геологической среде г. Грозного стали причиной загрязнения подземных вод и водозаборов питьевого водоснабжения города. Сложившаяся экологическая ситуация требует всестороннего изучения и осуществления мероприятий по оптимизации геологической среды.

Ключевые слова: *нефть и нефтепродукты, нефтезагрязнение, переработка, хранение и транспортировка нефти, бурение скважин, техногенные залежи.*

Современное состояние нефтяной отрасли характеризуется высокими темпами добычи, переработки, транспортировки и хранения нефти и нефтепродуктов, что привело к тому, что антропогенное воздействие на окружающую среду становится все более интенсивным и приобретает масштабный характер. Эти обстоятельства породили не мало геоэкологических проблем, решение которых требуют постоянного мониторинга всех компонентов природной среды, и также эффективных путей улучшения экологической ситуации в изучаемом регионе.

На территории г. Грозного различными организациями («Грозгипрнефтехим» (1966 г.), Чечено-Ингушской геологической экспедицией (1978 г.), Советско-Германским СП «ЭПЕК» (1991–1993 гг.) проводились исследования по оценке углеводородного загрязнения геологической среды и формирования техногенных залежей нефтепродуктов. Однако, в силу известных причин, эти исследования были несистемными, часто прерывались и откладывались надолго. Полученные результаты не всегда подвергались системному анализу и обобщению. В связи с этим анализ изученности техногенного загрязнения геологической среды г. Грозного, что и позволит выработать практические выводы относительно дальнейших действий по восстановлению нефтезагрязненных земель и водных объектов, представляет научный и практический интерес.

Несмотря на интенсивную добычу и переработку нефти, экологическим проблемам не уделялось должное внимание, об этом свидетельствует то, что первые работы по оконтуриванию техногенных линз нефтепродуктов были начаты только в 1966 г. В 1991-1993 гг. эти исследования были продолжены. Однако, начавшиеся военные действия на территории Чеченской Республики прервали начатые исследования и только в 2007-2008 гг. они были возобновлены. При этом иимеющиеся данные получены различными организациями, в разные периоды, они не подвергнуты критическому анализу и, на их основе не сделаны конкретные выводы.

Исходя из этого, в работе сделана попытка собрать существующие результаты поисковых работ 1966-1978,1991-1993, 2007-2008 гг. и сделать соответствующие выводы.

Цель сообщения – провести ретроспективный анализ изученности вопроса техногенного загрязнения геологической среды г. Грозного углеводородами.

Материалы и методы. В основу работы легли результаты исследований проведённых по оценке воздействия нефтепромышленного производства на геологическую среду г. Грозного.

Использованы результаты исследований, проведенных «Грозгипрнефтехим» (1966 г.), Чечено-Ингушской геологической экспедицией (1978 г.), Советско-Германским СП «ЭПЕК» (1991-1993 гг.), ОАО «Геосинтез» (2007-2008 гг.)

Дальнейшие исследования по выявлению техногенных залежей углеводородов в геологической среде г. Грозного были начаты в 2002 г. рамках реализации Федеральной целевой программы «Восстановление экономики и социальной сферы Чеченской Республики на 2002 и последующие годы». Учитывая остроту проблемы загрязнения геологической среды территории Заводского района г. Грозный, по заданию Федерального агентства по недропользованию ОАО «Геосинтез» эти исследования были продолжены. Была разработана специальная программа «По выявлению и оконтуриванию площадей техногенных подземных линз нефтепродуктов в районе г. Грозного и оценке их запасов».

Проведенные исследования ОАО «Геосинтез» охватывает огромный раздел, отражающий экологическую, геологическую составляющую природной среды, претерпевшую негативные изменения в связи с воздействием нефтепромышленного производства.

Проведенным комплексом георадарных исследований, геохимического опробования вод, газовой съемки, исследования теплового поля были выявлены и оконтурены аномальные площади, интерпретированные как зоны максимального загрязнения подземных вод нефтепродуктами. С учетом полученных данных была построена схема, проведены буровые работы.

В исследованиях, проведенных в 2007-2008 гг. была проделана огромная работа. Было пробурено 50 скважин по 50 м глубиной. Однако не в одной из скважин не был получен приток нефтепродуктов, хотя проявления были почти во всех скважинах. Причиной, на наш взгляд, является колонковое бурение с применением бурового раствора. При колонковом бурении с использованием бурового раствора (стенки) створ скважины от забоя до устья сглаживаются «цементируются» тем самым препятствуя притоку нефтепродукта в скважину, так же несанкционированный отбор нефтепродуктов в течении 15 лет. И вторая военная компания (1999-2000 гг.) ознаменовалась интенсивными военными действиями в Заводском районе, сопровождавшихся бомбардировкой объектов инфраструктуры нефтяной отрасли, что привело к образованию гидравлических окон и разлинзованию единой техногенной залежи.

Анализ результатов проведенных буровых работ на левобережье р. Сунжа показал, что, на исследуемой территории отсутствует существовавшая ранее, техногенная линза на грунтовых водах, а присутствует остаточное загрязнение (не получен приток нефтепродуктов в пробуренных скважинах). Присутствующее загрязнение является результатом выработки имевшихся нефтепродуктов за прошедшие годы (незаконными и бесконтрольными кустарными разработками в районе проведения работ) и возможного миграционного исхода остаточной «линзы» в направлении Старосунженского водозабора г. Грозного [1, 2, 3].

Нефтяное загрязнение геологической среды происходит в результате деятельности, связанной с добычей, переработкой, хранением и транспортировкой нефти и нефтепродуктов, на всех этапах работы с углеводородным сырьем [3].

В Грозном были сосредоточены предприятия и объекты, занимающиеся добычей углеводородного сырья, протянуты около 500 км нефтепродуктоводов, а вместе с ними организованы нефтеперекачивающие станции, нефтеперерабатывающие заводы, нефтебазы.

Исторически сложилось, что нефтеперерабатывающие заводы, предприятия нефтехимии и нефтебазы были сосредоточены в прибрежной зоне р. Сунжа. В период их строительства (в конце XIX, начале XX века мало кто задумывался об охране окружающей среды), это положение служило угрозой для подземных, и поверхностных вод р. Сунжа.

Очень часто утечки происходили из подземных емкостей и трубопроводов, что затрудняет их своевременное обнаружение, и приводило, к значительным потерям нефтепродуктов и загрязнению подземных вод и почвогрунтов.

В ряде случаев количество попавшего в подземную гидросферу нефтепродукта измеряется тысячами $м^3$. По многим показателям такое загрязнение опаснее, чем поверхностные разливы нефтепродуктов, которым уделяется значительно больше внимания. Разливы нефтепродуктов на поверхность оперативно устраняются, в случае поверхностных разливов значительная часть нефтепродуктов обычно задерживается в верхней части зоны аэрации и не достигает уровня подземных вод. При подземных утечках загрязнение попадает непосредственно на поверхность водоносного горизонта [6].

При утечках значительных количеств нефтепродуктов, на начальной стадии, происходит преимущественно вертикальная фильтрация до тех пор, пока нефтепродукты не достигнут уровня грунтовых вод, где и формируется зона «свободных нефтепродуктов». Дальнейшее движение гравитационно-подвижных углеводородов происходит вниз по уклону зеркала грунтовых вод к области разгрузки, в нашем случае к р. Сунжа [4, 5].

При розливах важно своевременно оценить масштабы и площади распространения нефтепродуктов, а также оценить объёмы их подпочвенных скоплений, что очень важно для рекомендаций способов реабилитации, загрязнённой нефтепродуктами территории.

Литература

1. *Боревский Б.В., Боревский Л.В., Щипанский А.А., Перлин Л.Я., Орлов Д.И., Мурдалов Л.А.* Оценка состояния загрязнения подземных вод нефтепродуктами на территории г. Грозный и его возможного влияния на водозаборы хозяйственно - питьевых вод. М.: ГИДЭК. 1995.
2. *Гайрабеков У.Т., Дадашев Р.Х., Усманов А.Х.* Геоэкологическая оценка воздействия техногенных залежей нефтепродуктов на геологическую среду г. Грозный // Естественные и технические науки. 2009. №2. С.241-244.
3. *Гайрабеков У.Т.* История изученности вопроса нефтепродуктового загрязнения территории г. Грозного // Естественные и технические науки. 2010. №5.С.114-117.
4. *Гайрабеков У.Т., Дадашев Р.Х., Усманов А.Х.* Современное состояние проблемы техногенного загрязнения нефтепродуктами территории г. Грозный //Доклады. Адыгской (Черкеской) международной академии наук. 2009. №1. С. 132-137.
5. *Керимов И.А., Уздиева Н.С., Даукаев А.А.* Оценка загрязнения Чеченской Республики нефтяными углеводородами. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Наука, образование и производства». Грозный, ГГНИ. 2006. С. 12-15.
6. *Пиковский Ю.И.* Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: Изд-во МГУ, 1993. 207 с.

УДК 502.65 DOI:10.34708/GSTOU.2021.78.94.085

БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА, НАРУШЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

© Харыбина А.С., Юмашева А.К., Белов Д.А., Миронова М.А.

РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Москва

В данной работе рассмотрены характеристики различных видов биотекстилей, которые применяются для биологической рекультивации склонов в районах Крайнего Севера, подверженных действию эрозионных процессов. Изучены материалы изготовления, периоды разложения данных биоматов. Представлено сравнение эффективности, а также экологической безопасности их применения для данных целей в северных регионах. Проанализированы климатические факторы и особенности, влияющие на процессы восстановления нарушенных территорий в условиях Крайнего Севера.

Ключевые слова: *Крайний Север, биотекстиль, биоматы, биологическая рекультивация, эрозия, ландшафт, природно-территориальный комплекс.*

Территории Крайнего Севера и приравненные к ним в нашей стране являются основными источниками для добычи углеводородов, которые являются основной статьей российского экспорта и обеспечивают финансовую стабильность нашей страны.

В то же время данные территории отличаются сложностью логистики, высокой уязвимостью природно-территориальных комплексов (ПТК), медленными процессами самовосстановления ландшафтов. Все это накладывает большой отпечаток на ведение хозяйственной деятельности в регионах Крайнего Севера, увеличивая затраты на разведку, разработку месторождений, транспортировку углеводородов и восстановление нарушенных территорий. При этом обязательным условием ведения хозяйственной деятельность является рекультивация земель.

Особое внимание здесь уделяется тщательному подбору методов и инструментов не только для ведения хозяйственной деятельности, но и для последующей рекультивации нарушенных территорий. Нарушение природно-территориальных комплексов происходит при строительстве, укладке автомобильных дорог, прокладывании нефте- и газопроводов. При этом активизируются склоновые (эрозионные) процессы, которые могут нанести существенный ущерб деятельности человека и повлечет дополнительные затраты. Наибольшую активность эрозионные процессы имеют на откосах и склонах, меньшую – на пологих территориях [2].

Рис. 1. Рассекатели склонов на полосе отвода трассы трубопровода

Рекультивация нарушенных территорий осуществляется в два этапа: технический и биологический. На первом этапе происходит физическое восстановление затронутых ландшафтов с помощью техники, то есть засыпка траншеи, сооружение рассекателей склонов (рис. 1), водоотводных лотков. Далее наступает процесс биологической рекультивации – то есть восстановление растительных сообществ.

Для предотвращения разрушения склонов в рамках проектов по биологической рекультивации земель применяются биотекстили, или биоматы различных типов. Они призваны, в первую очередь, закрепить склон, а также – способствовать росту травянистого покрова, который в свою очередь с помощью корневой системы будет сдерживать грунты.

По конфигурации биоматы [3] могут представлять собой как обычную сетку из кокосового волокна (рис. 2а), так и двухслойную, полностью биологически разлагающуюся основу (из соломы, льна, кокосового волокна), между слоями которой уложена рекультивационная смесь, включающая семена многолетних растений, питательные вещества (минеральные и органические удобрения, стимуляторы роста растений, почвообразующие бактерии) и влагоудерживающие компоненты (в виде синтетических полимеров), которые улучшают способность почвы к удержанию влаги (рис. 2б) [1].

Рис. 2. Различные типы биотекстилей: а) сетка из кокосового волокна;
б) биомат из соломы, льна и джута с прослойкой из семян

При использовании биотекстилей сетчатого типа высадка семян осуществляется с помощью технологий гидропосева (нанесение семян в виде смеси с водой и удобрениями). При ее применении рекомендуется использование семян тех растений, которые произрастают на данной территории. Заявленный производителем срок разложения – 3-5 лет (для сетки из кокосового волокна, или кокомата).

Биоматы сендвичного типа имеют более короткий срок разложения – 1-2 сезона. За это время семена успевают прорасти, и корневая система растений начинает самостоятельно выполнять роль сдерживающего фактора.

Рекультивационная смесь в случае с двуслойными биоматами в каждом конкретном случае подбирается исходя из климатических, почвенно-грунтовых и гидрологических условий района применения биомата. Использование биоматов позволяет восстанавливать почвенно-растительный слой в течение первого летнего сезона без укладки плодородного слоя почв и последующего досева трав [4].

В первое время, в период развития растений, биомат выполняет защитные функции, в том числе предотвращает эрозионные процессы. После укладки биомат по технологии присыпают местным или привозным песчаным или мелкокомковатым суглинистым грунтом. Толщина слоя не должна превышать 3-4 см. При соблюдении правил укладки рулонов биомата озеленение территории происходит в течение одного-двух месяцев (рис. 3).

Рис. 3. Полоса землеотвода, прошедшая рекультивацию

В течение 2-3 лет, к моменту образования равномерного травостоя с обильной корневой системой, которая проникает глубоко в почву, он связывает грунт и образует дернину. Образуемый дерновый покров обладает высокой механической прочностью, кроме того, за счет влагоудерживающих компонентов улучшается водный режим почвенного слоя [2].

В России в условиях Крайнего Севера и приравненных к ним применяются биоматы обоих типов, причем сетка из кокосового волокна показала себя неоднозначным образом на примере мероприятий по рекультивации полосы отвода трассы трубопровода в рамках проекта «Сахалин-2», оператором которого является компания «Сахалин Энерджи».

Биотекстиль, планируемый период разложения которого составляет от трех сезонов, спустя десять лет в некоторых местах остается в первоначальном состоянии (рис. 4), не подвергаясь процессам деструкции. Это связано, в первую очередь, с климатическими условиями на острове Сахалин.

Рис. 4. Остатки кокосового волокна на поверхности почвы

В условиях Крайнего Севера возможность применения биотекстилей сетчатого типа и их эффективность уменьшается в связи с тем, что при высоком уровне влажности, обильных осадках, небольшом количестве солнечного света и теплых дней разложение происходит медленными темпами, тем самым данный материал становится инертным, не подвергаясь в полной мере процессам деструкции. Когда складывается такая ситуация, зарастание склонов происходит более медленными темпами, потому что сетка мешает корням и надземной части растений, подавляя их рост. Данные склоны зарастают частично, во многих местах сетка находится пластом на поверхности, сдерживая склоновые процессы, но не способствуя восстановлению земель.

Тем самым можно сказать, что применение биотекстилей сетчатого типа из кокосового волокна может иметь неоднозначный эффект на окружающую среду. С одной стороны склоны будут защищены от процессов эрозии, а с другой – полного

восстановления склонов на этапе рекультивации нарушенных территорий не произойдет.

В то же время двуслойные биоматы сендвичного типа отлично показали себя при рекультивации нарушенного участка площадки геологоразведочной скважины Р-2012 ЗАО «Арктикгазстрой» Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО), где прорастание семян было отмечено в течение первой недели после укладки.

На данном примере можно сделать вывод о том, что технологии производства рекультивационных материалов не стоят на месте, в связи с чем при соблюдении условий хранения и укладки биомата (рис. 5), а также при правильном подборе травосмесей в зависимости от особенностей местной флоры и климата, можно добиться полного или почти полного восстановления территорий в более краткие сроки, чем в естественных условиях.

Рис. 5. Технология укладки биомата

Также применение таких биоматов способно снизить затраты компании на осуществление рекультивационных мероприятий, в отличие от той же технологии гидропосева, при которой необходимо регулярно осуществлять подсев новых семян, что существенно увеличивает смету на осуществление восстановительных работ [1]. Также в случае с гидропосевом для подготовки смеси для сеялки необходима разработка торфяных месторождений в качестве питательного элемента смеси, что также приводит к росту затрат на проводимые мероприятия.

Тем самым можно сказать, что применение двуслойных биоматов с правильно подобранными травосмесями может не только снизить затраты на восстановление территорий, но и более интенсивно способствует восстановлению земель и снижает эрозионную активность на склонах, что необходимо, как минимум, для того чтобы закрепить склон на время прорастания семян. В связи с чем применение биотекстилей в условиях Крайнего Севера является перспективным.

Литература

1. *Аистова И.П., Гаглоева А.Е.* Перспективы использования биоматов при проведении рекультивации нарушенных земель в районах Крайнего Севера // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 4 (20). С. 188-191.
2. *Халиулина Л.Э.* Применение биоматов в районах Крайнего Севера. // Наука, образование и культура. 2018. С. 14-15.
3. *Сметанин В.И.* Рекультивация и обустройство нарушенных земель. М.: Колос, 2000. 96 с.
4. Технология рекультивации техногенно нарушенных земель в условиях Ямало-Ненецкого автономного округа / РАСХН. Сиб. отде. Ямальская СХОС. Новосибирск. 1996. 24 с.

УДК 556 DOI:10.34708/GSTOU.2021.81.58.086

ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ ПРИ ДОСТИЖЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

© [1]Чембарисов Э.И. [2]Хожамуратова Р.Т. [3]Шодиев С.Р.

[1]Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, г. Ташкент, Узбекистан
[2]Каракалпакский государственный университет им. Бердаха, г. Нукус, Республика Каракалпакстан
[3]Навоийский государственный педагогический институт, г. Навоий, Узбекистан

В статье рассматриваются гидроэкологические проблемы бассейна Аральского моря, которые необходимо решить при достижении устойчивого развития региона: истощение и загрязнение речных вод, роль коллекторно-дренажных вод в ухудшении гидроэкологии региона, ухудшение качества питьевой воды и др.

Ключевые слова: *устойчивое развитие бассейна Аральского моря, гидроэкологические проблемы, загрязнение речных вод, ухудшение качества питьевой воды, сохранение части Аральского моря.*

Основы концепции Устойчивого развития (УР) были сформулированы в 1980 г. во всемирной стратегии охраны окружающей среды. Было подчеркнуто, что устойчивое развитие общества невозможно без сохранения окружающей природной среды. Из существующих определений Устойчивого развития приведем следующее: Устойчивое развитие - это развитие, направленное на удовлетворение потребностей нынешнего поколения, не ставя под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности [1].

Так как одной из базовых целей УР являются экологические, то в данной статье перечислены некоторые современные гидроэкологические проблемы бассейна Аральского моря, которые необходимо решить при достижении устойчивого развития региона.

Гидроэкология бассейна Аральского моря в настоящее время переживает новый этап своего развития, который можно назвать начальным. С точки зрения времени за начало этого этапа можно принять период с 1988-1990 гг.

Главной задачей данного этапа развития гидроэкологии, по- видимому, является выделение ее первоочередных проблем и обоснование научно-обоснованных путей их решения. В качестве таких гидроэкологических проблем, требующих первоочередного решения, в данной статье рассмотрены: истощение и загрязнение речных вод, роль коллекторно-дренажных вод в ухудшении гидроэкологии региона, состояние и возможности использования антропогенных ирригационно-сбросовых озер, загрязнение региона пестицидами, проблема питьевой воды, необходимость развития картографического изображения гидроэкологических процессов (ГИС-карты), а также гидроэкологические аспекты проблемы бассейна Аральского моря как водоема [2-5].

При решении проблемы истощения и загрязнения речных вод в настоящее время важно знать не только характеристику изменения расходов воды на различных участках рек, но, что особенно важно, многолетние и сезонные изменения величины минерализации воды, содержание главных ионов, биогенных (соединения азота, фосфора, кремния и железа), органических веществ, растворенных газов, микроэлементов и др.

Как известно, величина содержания различных химических ингредиентов в жизни растительного мира, гидробионтов животных и человека чрезвычайно велика. Поэтому важно знать современное качество воды, которое на практике в большинстве случаев характеризуется величиной показателя ИЗВ – индекс загрязненности воды.

Так как в современных условиях речные воды используются не только для орошения и промышленных нужд, а и в целях питьевого водоснабжения, то необходимо рассматривать изменение качества воды по длине рек, и рекомендовать первоочередные меры по его улучшению.

Нужно отметить, что во многих регионах Узбекистана основная роль в ухудшении гидроэкологической обстановки в различных районах региона принадлежит коллекторно-дренажному стоку. Причем это проявляется не только за счет его сброса в речные артерии, но и за счет образования искусственных ирригационно-сбросовых озер, которые также отрицательно влияют на окружающую природную среду: засоляют окружающий эти водоемы почвенный покров, угнетающе действуют на растительный покров, являются источником загрязнения, остатками ядохимикатов различных гидробионтов и др.

Важно показать не только какие объемы коллекторно - дренажного стока формируются сейчас в пределах бассейна Аральского моря (конечно же включая и Узбекистан), но и где они географически расположены, т.е. провести районирование территории по этому элементу. Необходимо провести районирование орошаемой территории по бассейнам отдельных коллекторов.

Нужно отметить, что авторы уже давно стоят на принципах бассейнового рассмотрения рационального использования водно-земельных ресурсов различных территорий, включая и вопросы регулирования формирования коллекторно - дренажного стока и уменьшения его отрицательного влияния на окружающую среду.

Проведенное разделение орошаемой территории по бассейнам отдельных коллекторов окажет значительную помощь при изучении гидрологического и гидрохимического (выделены различные его типы) режимов коллекторных вод, а также при анализе возможностей использования этого стока в народном хозяйстве.

В настоящее время в средних, и особенно в нижних частях речных бассейнов Амударьи и Сырдарьи, а также в пустынной зоне Средней Азии (Кызылкумы, Каракумы и др.) существует множество ирригационно-сбросовых озер, которые появились в виду сброса коллекторно-дренажных вод в естественные понижения и впадины и являются отчасти и конечными водоприемниками речных вод. При этом они выполняют функцию не только водо-, но и солеприемников, так как обычно в них поступают сильно минерализованные воды до 3-5 г/л и более.

В связи с тем, что эти озера влияют на гидроэкологическое состояние окружающей среды, то возникла необходимость их тщательного изучения. В регионе, где наблюдается дефицит пресных водных ресурсов, очень важно дать оценку объемам этих озер, их химическому составу и степени загрязненности для того, чтобы найти правильные пути их использования, возможно при смешении с пресными водами, или же после их опреснения и очистки.

Загрязнение поверхностных и подземных вод остатками ядохимикатов и минеральных удобрений, применяемых в сельском хозяйстве, продолжает оставаться одной из актуальнейших гидроэкологических проблем в данном регионе. В первую очередь конечно это сказывается на качестве питьевой воды, так как пестициды благодаря своей высокой миграционной способности загрязняют не только поверхностный слой орошаемых почв и речные воды, но и проникают в нижележащие горизонты почв и грунтов. Причем некоторые из них (например, линдан – гамма гексахлоран), существенно влияют на здоровье животных и человека.

Проблема питьевой воды в Центрально-среднеазиатском регионе в большинстве случаев конечно же характеризуется не ее отсутствием, а значительным ухудшением качества речных и подземных вод, такими опасными для здоровья человека и животных элементами, как ртуть, фтор, стронций, алюминий, свинец, нефтепродукты и др.

На основе собранного гидрохимического материала была проведена оценка качества питьевой воды во всех крупных реках Узбекистана с применением предложенных критериев и выделением следующих категорий: хорошей, удовлетворительной, плохой и опасной. Оказалось, что практически в той или иной

степени процесс ухудшения качества питьевой воды наблюдается во всех крупных реках Узбекистана. Одной из главных мер по его улучшению является прекращение поступления всех загрязнителей в воду.

Проблема сохранения Аральского моря, которая сейчас стала международной, также является гидроэкологической. Необходимо сохранить какую-то часть гидроэкосистемы Арала со всеми исторически населявшими его породами рыб и гидробионтами, но и осуществлять в него сброс речных вод.

С другой стороны существует опасность полного исчезновения отдельных видов растительного и животного мира и на территории Приаралья. Поэтому проблема Арала требует совместного, взаимосвязанного решения различных гидроэкологических вопросов не только по самому морю, но и по имеющимся водотокам и водоемам дельты Амударьи.

Литература

1. *Азизов Н.А., Акиншина Н.Г.* Образование в интересах устойчивого развития / учебно-методическое пособие. Ташкент: Представительство ЮНЕСКО в Узбекистане, 2009. 142 с.
2. *Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т.* Практическая гидроэкология (на примере Республики Каракалпакстан). Нукус: Билим, 2012. 82 с.
3. Многолетние изменения качества речных вод Узбекистана / *Чембарисов Э.И., Хожамуратова Р.Т., Шодиев С.Р., Рахимова М.Н.* // Журнал Природные ресурсы, среда и общество. Выпуск 3(7). Тува. 2020. С. 55-58.
4. *Чембарисов Э.И. Хожамуратова Р.Т.* Комплексная оценка мелиорации на гиддроэкологтческое состояние водных ресурсов Республики Каракалпакстан и пути его улучшения. Ташкент: Навруз. 2020. 150 с.
5. Системный подход при оценке ирригационного качества поверхностных вод / *Чембарисов Э.И., Рахимова М.Н., Шодиев С.Р.,Эргашева Т.Д.* // МРПК Состояние науки, образования и технологий в XXI веке. Москва. 2021. С. 207 -211.

IV. ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА. ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

УДК 911.2+551.583.1(477.75) DOI:10.34708/GSTOU.2021.90.83.051

ДИНАМИКА РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЭКОСИСТЕМ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

© Горбунов Р.В.

ФИЦ ИнБЮМ, г. Севастополь

В работе представлены результаты исследований динамики региональных геоэкосистем Крымского полуострова в условиях смены циркуляционных эпох и периодов Северного полушария. На примере ключевых участков детально показано, как изменяются экологические ниши в пространстве факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм» при смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария, а также рассчитаны и проанализированы основные характеристики двухмерных экологических ниш в пространстве факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм». Представлены результаты оценки пространственно-временной взаимосвязи и межгодовой динамики продуктивности региональных экосистем Крымского полуострова с гидротермическими условиями среды. За период 1979–2013 гг. выявлено четыре периода, характеризующиеся различной степенью пространственно-временной корреляции рассматриваемых характеристик.

***Ключевые слова**: геоэкосистема, ландшафт, динамика, продуктивность, экологическая ниша, Крым.*

Современные климатические изменения проявляются в изменении факторных пространств геоэкосистем на всех уровнях иерархии и определяют во многом их индивидуальные стратегии. То есть можно говорить, что в результате функционирования в геоэкосистемах формируется отклик на изменение условий среды, который проявляется в динамике их характеристик. Интегральными показателями динамики региональных геоэкосистем в условиях изменения климата могут служить продуктивность и изменение характеристик экологических ниш, что было показано в предыдущих работах автора [2, 3, 11]. В данной работе сделана попытка на конкретных примерах проиллюстрировать динамику региональных геоэкосистем Крымского полуострова в условиях изменения климата как результата их реакции на эти изменения.

В качестве операционно-территориальной единицы исследования динамики региональных геоэкосистем использована ландшафтно-типологическая карта Крымского полуострова, составленная Г.Е. Гришанковым [9]. В качестве операционно-временной единицы – границы циркуляционных эпох и периодов Северного полушария [6].

Для анализа совместного влияния факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм» на региональные геоэкосистемы предлагается использовать концепцию экологической ниши. В качестве исходных данных были использованы климатические карты, полученные в предыдущих работах автора [1, 10]. На исследуемой территории строилась сетка равноудаленных точек, для которых извлекались среднегодовые значения температуры воздуха и количества осадков. В результате была получена таблица, где для каждой точки имеется набор пространственных характеристик различных факторов. По методике, описанной в работах [4, 5, 8], производится построение двухмерных экологических ниш, где осями факторного пространства выступают факторы «Температура, °С» и «Осадки, мм» соответственно для каждой циркуляционной эпохи и периода Северного полушария. Далее для выбранных ландшафтных контуров осуществляется расчет значений характеристик экологических ниш.

Для исследования пространственно-временной динамики продуктивности региональных геоэкосистем были использованы космические снимки Landsat за период с 1979 по 2017 г. Снимки были получены путем скачивания с открытого ресурса USGS [12]. В качестве меры продуктивности региональных геоэкосистем использовался вегетационный индекс NDVI. С целью проведения анализа многолетней

пространственно-временной динамики продуктивности геоэкосистем как отражения смены их многолетних состояний была составлена база данных величин продуктивности геоэкосистем.

Пространственно-временная динамика характеристик экологических ниш региональных геоэкосистем. Анализ экологических ниш региональных геоэкосистем Крымского полуострова в пространстве факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм» при смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария показывает смещение экологических ниш большинства региональных геоэкосистем в сторону роста среднегодовых значений температуры воздуха и количества выпадающих осадков. В то же время на территории Равнинного Крыма для большинства ключевых участков это смещение выражено более четко, чем в Горном Крыму, хотя при этом объемы экологических ниш в Равнинном Крыму практически на порядок меньше, чем в Горном Крыму. Средние значения ширины факторных амплитуд в пределах Равнинного Крыма являются небольшими, что позволяет говорить о том, что в пространстве факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм» тут преобладают стенофакторные ландшафты. В Горном Крыму для Предгорья и ЮБК характерны большей частью мезофакторные ландшафты, а для Главной гряды – эврифакторные, что объясняется широкой факторной амплитудой и характеризует эти геоэкосистемы как наиболее устойчивые к внешним воздействиям (рис. 1).

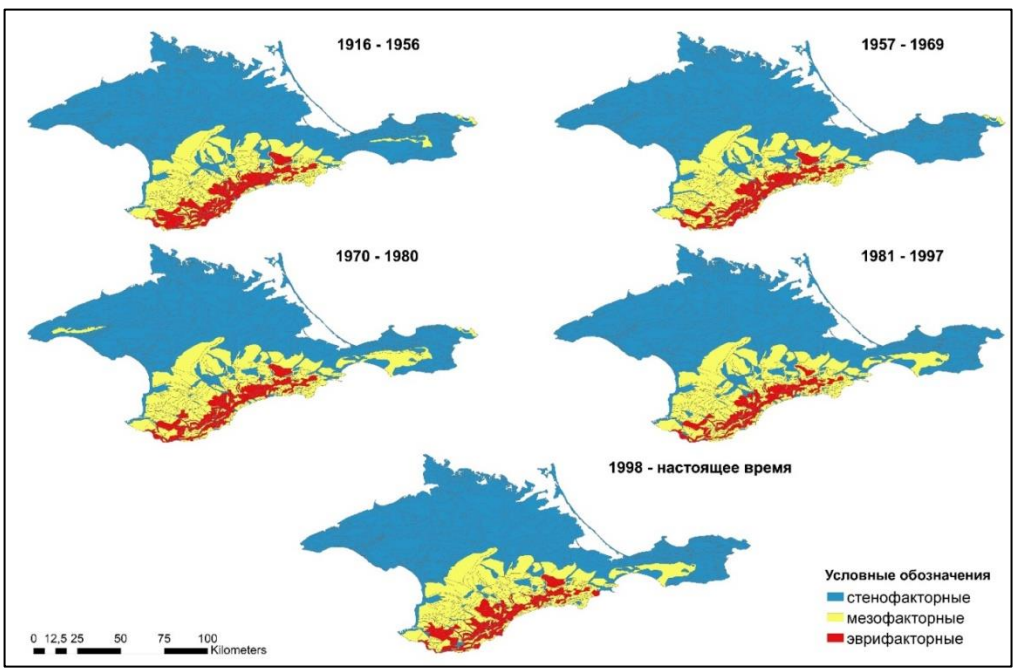


Рис. 1. Пространственно-временная динамика региональных геоэкосистем Крымского полуострова по показателю среднего значения факторной амплитуды

В многомерном факторном пространстве экологические ниши относительно друг друга могут располагаться независимо; одна ниша может быть включена в другую; ниши могут перекрываться. Анализ показывает, что в большинстве случаев при смене циркуляционных эпох и периодов изменение экологических ниш происходит плавно, о чем свидетельствуют довольно большие значения перекрытия экологических ниш, особенно в смежных эпохах и периодах. В то же время пересечение показывает схожесть условий рассматриваемых осей факторного пространства для развития ландшафтных контуров в различные циркуляционные эпохи и периоды. Стоит отметить,

что для большинства ландшафтных контуров Равнинного Крыма наблюдается отсутствие перекрытия экологических ниш зональной циркуляционной эпохи (далее – ЗЦЭ) и четвертого периода меридиональной южной циркуляционной эпохи (далее – МЮЦЭ), что проявляется в более резких различиях факторного пространства. В то же время в Горном Крыму отмечается более плавная динамика перекрытия экологических ниш, которые частично включены друг в друга во всех рассматриваемых циркуляционных эпохах и периодах.

На рис. 2 представлены результаты расчетов объемов экологических ниш ландшафтных контуров в пространстве факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм» на территории Крымского полуострова по циркуляционным эпохам и периодам Северного полушария.

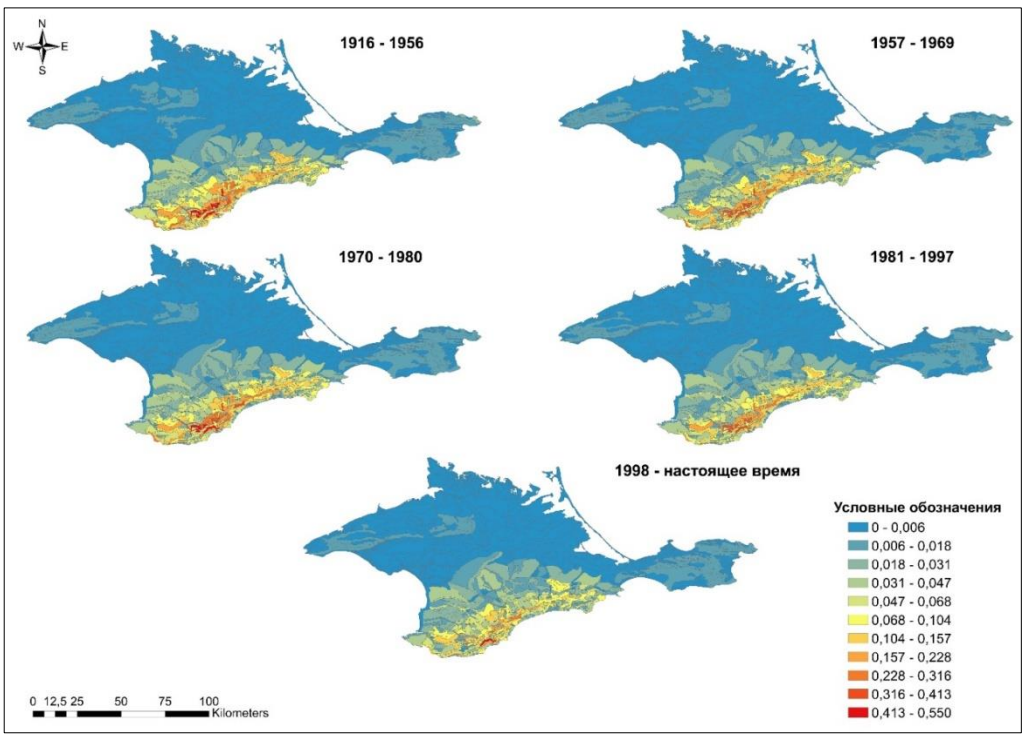


Рис. 2. Пространственно-временная динамика объемов экологических ниш ландшафтных контуров

На территории гидроморфного и плакорного ландшафтных уровней ландшафтные контуры характеризуются более низкими показателями объема экологических ниш, чем ландшафтные контуры низкогорного и среднегорного ландшафтных уровней. В целом на территории Крымского полуострова прослеживается тенденция увеличения объема экологических ниш ландшафтных контуров с севера на юг – от Присивашской низменности до Главной гряды Крымских гор, что связано с увеличением ландшафтного разнообразия, сложностью формирования позиционных отношений к полям климатических факторов и ростом абсолютной высоты рельефа.

Анализ объемов экологических ниш региональных геоэкосистем показывает, что с ЗЦЭ до четвертого периода МЮЦЭ для большинства региональных геоэкосистем объем их экологических ниш уменьшился. При этом только в геоэкосистемах сосновых лесов наблюдается незначительное увеличение объемов экологических ниш (на 1–2 %).

В то же время объем экологических ниш геоэкосистем гидроморфного ландшафтного уровня уменьшился на 29–69 %, плакорного уровня – на 43–70 %. В

геоэкосистемах скальнодубовых лесов объем экологических ниш уменьшился на 14–38 %, а пушистодубовых – на 25–55 %. В геоэкосистемах можжевеловых лесов произошло уменьшение объемов экологических ниш на 4–44 %, в геоэкосистемах буковых лесов – на 4–29 %, а в геоэкосистемах яйлинских ландшафтов – на 64–82 %. Стоит отметить следующее: за исключением геоэкосистем пушистодубовых лесов, сокращение объемов экологических ниш на южном макросклоне Крымских гор менее выражено чем на северном макросклоне.

Пространственно-временная динамика продуктивности региональных геоэкосистем. В работе была составлена база данных величины продуктивности геоэкосистем Крыма на основе данных мультиспектральных космических снимков за период 1979–2017 гг.

В качестве примера многолетней динамики изменения состояний геоэкосистем, выраженной в виде «эффекта» продуктивности, был выбран контур 68 – среднегорно-склоновый, расчлененный балками с дубовыми и смешанными широколиственными лесами (геоэкосистема скальнодубовых лесов). Данные контур по ландшафтно-экотопическим условиям наиболее полно соответствует свежему сугруду. На рис. 3 приведены величины изменения продуктивности по состоянию на август месяц. Среднее значение индекса NDVI находится в диапазоне 140–150 единиц, при этом устоявшейся многолетней нормой возможно считать 146–148, что в среднем может соответствовать величине фактической продуктивности в 153 м³/га, определенной на основе многолетних наблюдений Ю. В. Плугатарем [7]. Минимальные значения для данного ландшафтного контура находятся в диапазоне 70–120 единиц, а максимальные – в пределах 165–170, что свидетельствует о снижении фактической продуктивности до 70 м³/га в определенных частях ландшафта и возможном ее увеличении до 165–170 м³/га на отдельных участках в зависимости от изменения экотопических условий.

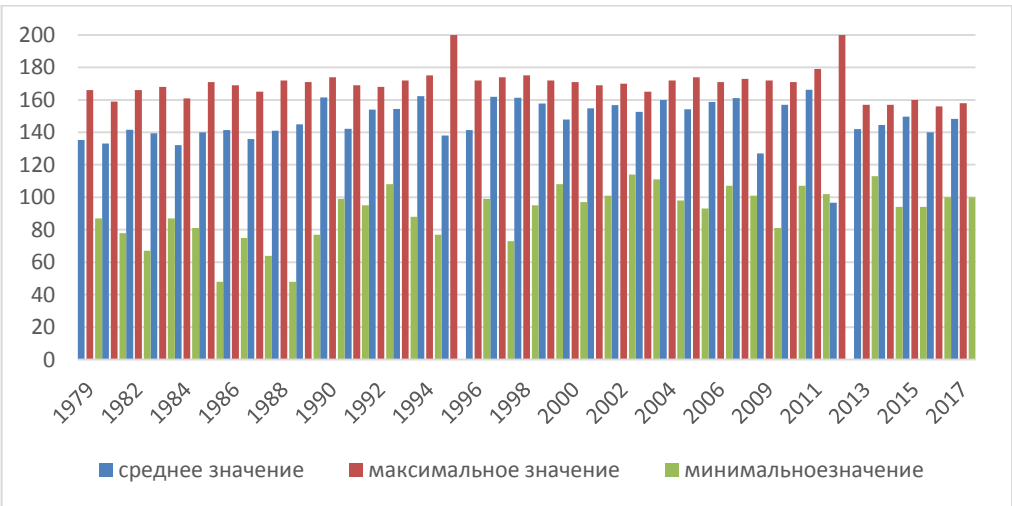


Рис. 3. Многолетнее изменение величин продуктивности
для среднегорно-склонового ландшафта,
расчлененного балками с дубовыми и смешанными широколиственными лесами

Таким образом, для типов ландшафтов территории Крыма возможно выделение типов состояния геоэкосистем в зависимости от величины продуктивности на уровне нормальной продуктивности, пониженной и повышенной.

Анализ многолетней динамики показателя позволяет выявить определенные периоды в виде своеобразных волн. Период с 1979 по 1988 г. характеризуется нормальным уровнем продуктивности рассматриваемых геоэкосистем с

незначительными колебаниями параметра; период с 1989 по 1998 г. имеет тенденцию к нарастанию флуктуаций параметра и появлению единичных состояний пониженной и повышенной продуктивности. Период с 1999 по 2007 г. характеризуется устойчивыми значениями параметра в диапазоне, близком к повышенной продуктивности. В период с 2008 г. по наши дни наблюдается резкое колебание параметров – хаотичные изменения в сторону повышения и понижения, что может свидетельствовать об определенных тенденциях изменения параметров тепло- и влагообеспеченности в сторону колебания температурных норм и величин осадков.

Для анализа связи продуктивности геоэкосистем с гидротермическими условиями среды выбраны сумма температур за вегетационный период с ограничением до августа месяца и среднегодовая сумма осадков. Соответствующие базы данных были составлены для трех вариантов параметрических сочетаний, где в качестве объекта анализа выступают различные операционно-территориальные единицы: 1) типы контуров ландшафтной дифференциации Крыма (124 типа контуров); 2) контуры ландшафтной дифференциации в пределах горной части Крыма без типизации (величины определялись для каждого контура, всего выделено 338 контуров); 3) единицы дифференциации сети ООПТ Крыма (59 объектов). На рис. 4 представлены результаты расчетов пространственной связи показателей тепло- и влагообеспеченности геоэкосистем Крыма и их продуктивности за период 1979–2013 гг.

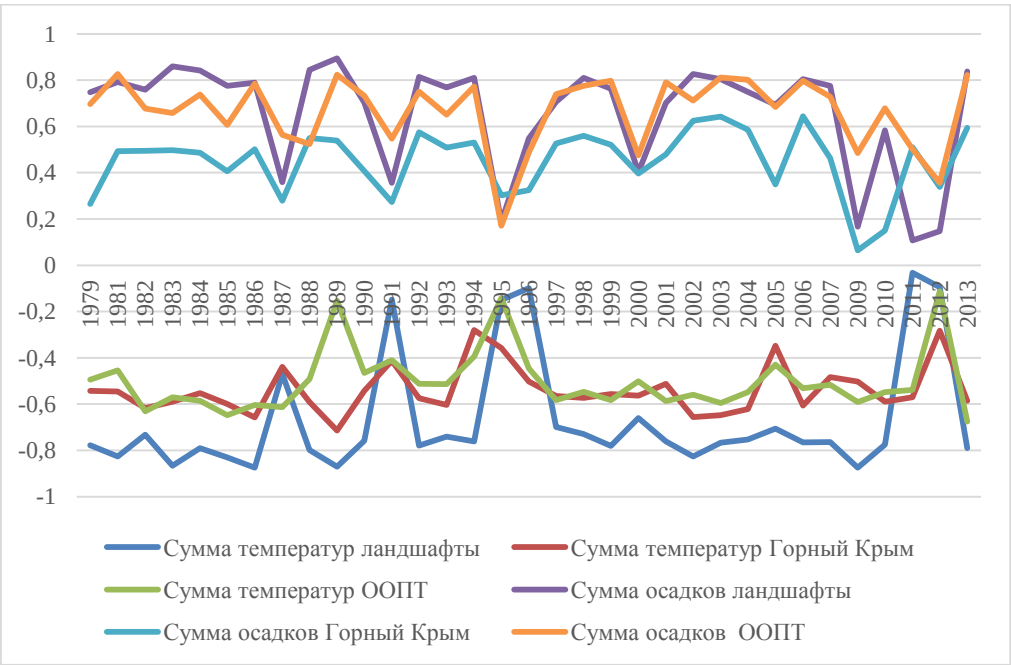


Рис. 4. Динамика показателей пространственной связи показателей тепло- и влагообеспеченности геоэкосистем Крыма и их продуктивности за период 1979–2013 гг. на основе рангового коэффициента

Рассматривая динамику показателей пространственной связи показателей тепло- и влагообеспеченности геоэкосистем Крыма и их продуктивности за период 1979–2013 гг., на основе рангового коэффициента возможно выделить несколько четко выраженных интервалов данного индекса:

1) интервал крайне тесной взаимосвязи – величина рангового коэффициента в пределах 0,8…0,9 и −0,8… −0,9;

2) интервал тесной взаимосвязи – величина рангового коэффициента в пределах 0,6…0,8 и −0,6…−0,8;

3) интервал умеренно тесной взаимосвязи – величина рангового коэффициента в пределах 0,5…0,6 и −0,5…−0,6;

4) интервал незначительной взаимосвязи – величина рангового коэффициента в пределах 0,4…0,5 и −0,4…−0,5;

5) интервал практического отсутствия взаимосвязи с точки зрения экологической составляющей при наличии статистически значимых результатов – величина рангового коэффициента в пределах 0,3…0,4 и −0,3…−0,4;

6) интервал практического отсутствия взаимосвязи с точки зрения экологической составляющей при отсутствии статистически значимых результатов – величина рангового коэффициента в пределах менее 0,3 и более −0,3.

Отмечается наличие широкого диапазона колебания индекса пространственной взаимосвязи продуктивности с температурами воздуха и с осадками. Для первых двух диапазонов гидротермические условия являются определяющими в при формировании пространственной структуры продуктивности региональных геоэкосистем. Последующие диапазоны уже характеризуют второстепенную роль данных факторов при формировании пространственной структуры продуктивности геоэкосистем.

Выявлены следующие закономерности динамики геоэкосистем. В случае рассмотрения сумм температур, определено: чем выше сумма температур вегетационного периода, тем меньше величина продуктивности, в связи со сдвигом наступления соответствующих внутрисезонных состояний региональных геоэкосистем с августа на июль. При учете сумм величины годовых осадков определено, что чем выше суммы осадков и их средние величины в разрезе года и каждого конкретного месяца, тем выше величина продуктивности. В свою очередь выявляются определенные временные периоды на основе влияния гидротермических условий геоэкосистем на формирование величины их биологической продуктивности: период 1: 1979–1987 гг.; период 2: 1987–1996 гг.; период 3: 1996–2010 гг.; период 4: 2010–2013 гг. Выделенные периоды достаточно четко связаны с изменением преобладающих циркуляционных процессов. Отмечается, что вплоть до 1985 года абсолютное преобладание имел рост продолжительности северной циркуляции. Барьер в 1985 году достаточно четко совпадет со сменой 1-го периода данного анализа. Это явно обеспечивало стабильность показателей пространственной связи в 1-й период и некоторое их расхождение на 2-м периоде после смены типа циркуляции.

Выводы

Анализ экологических ниш региональных экосистем Крымского полуострова при смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария показывает смещение экологических ниш большинства региональных экосистем в сторону роста среднегодовых значений температуры воздуха и количества выпадающих осадков. В тоже время на территории Равнинного Крыма для большинства ключевых участков это смещение выражено более четко, чем в горном Крыму, хотя при этом объемы экологических ниш в равнинном Крыму практически на порядок меньше, чем в горном Крыму. Средние значения ширины факторных амплитуд в пределах равнинного Крыма небольшие что позволяет говорить о том, что в пространстве факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм» тут преобладают стенофакторные ландшафты. В Горном Крыму для Предгорья и ЮБК характерны большей частью мезофакторные ландшафты, а для Главной гряды — эврифакторные, что объясняется широкой факторной амплитудой и характеризует эти экосистемы как наиболее устойчивые к внешним воздействиям.

Впервые на основе данных мультиспектральных космических снимков составлена база данных величины продуктивности геоэкосистем Крыма за период 1979–2017 гг. Выполнен анализ и выявлены закономерности изменения величины биологической продуктивности для основных типов региональных геоэкосистем Крыма. Установлено наличие тесной пространственно-временной связи между гидротермическими

условиями геоэкосистем и их продуктивностью. В целом для геоэкосистем Горного Крыма характерно увеличение продуктивности на фоне ее сильного снижения в степных сообществах Равнинного Крыма.

Работа выполнена в рамках темы НИР ФИЦ ИнБЮМ № 121040100327-3.

Литература

1. Изменение температуры воздуха в Крыму / *Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Дрыгваль А.В., Табунщик В.А.* // Социально-экологические технологии. 2020. Т. 10. № 3. С. 370–383. DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-370-383.
2. *Горбунов Р.В.* Связь продуктивности региональных экосистем с динамикой гидротермических условий на территории Крымского полуострова // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2021. № 138. С. 17-25.
3. Экологические ниши региональных экосистем Крымского полуострова в условиях изменения климата / *Горбунов Р.В., Табунщик В.А., Горбунова Т.Ю., Дрыгваль А.В.* // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2021. Т. 7 (73). № 2. С. 249-278.
4. *Гродзинський М.Д.* Ландшафтна екологія / *М.Д. Гродзинський*. Київ: Знання, 2014. 550 с. (Університетський підручник).
5. *Гродзинський М.Д.* Ніші ландшафтів України у просторі кліматичних факторів / *М.Д. Гродзинський, Д.В. Свідзінська*. Київ: Обрії, 2008. 259 с.
6. *Кононова Н.К.* Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / *Н.К. Кононова, А.Б. Шмакин*. Москва: Воентехиниздат, 2009. 372 с.
7. *Плугатарь Ю.В.* Леса Крыма. Симферополь: ГБУ РК «НБС-ННЦ», 2015. 368 с.
8. *Позаченюк Е.А.* Построение ниш ландшафтов Крымского Присивашья (в пределах Джанкойского района АР Крым) / *Е.А. Позаченюк, В.А. Табунщик* // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Т. 10. Вып. 1. С. 322–328.
9. Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий / под ред. *Е.А. Позаченюк*. Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. 672 с.
10. Gorbunov R., Gorbunova T., Kononova N., Priymak A., Salnikov A., Drygval A., Lebedev Ya. Spatiotemporal aspects of interannual changes precipitation in the Crimea // Journal of Arid Environments. 2020.Volume 183. Pp. 104-280. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104280.
11. Gorbunov R. Productivity dynamics of oak forests of the Crimean Peninsula // E3S Web of Conferences 169. 03007. 2020. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016903007
12. USGS – Science for a Changing World: official site. U.S. Geological Survey. URL: https://www.usgs.gov/ (accessed on: 10.03.2021).

УДК 504.75 DOI:10.34708/GSTOU.2021.17.11.062

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

© Заалишвили В.Б., Кануков А.С., Корбесова К.В.

Геофизический институт – филиал ВНЦ РАН, г. Владикавказ

В статье рассмотрены вопросы экологического загрязнения урбанизированной территории выхлопами автомобильного транспорта. Наибольшему загрязнению подвержен город Владикавказ - столица Республики, на территории которого расположены основные стационарные источники загрязнения и сосредоточено наибольшее количество автотранспорта. Показана динамика увеличения количества автотранспорта в городе Владикавказе за период с 1995 по 2017 годы и увеличение вредных выбросов от продуктов сгорания. Рассмотрено количество выбросов вредных веществ в атмосферу от стационарных источников в целях сравнения их вклада в общее загрязнение по сравнению с автомобильным транспортом. На основе проведенных исследований показано, что основным источником загрязнения по объему выбросов на территории Республики Северная Осетия – Алания является автомобильный транспорт, число которого увеличивается год за годом, на фоне уменьшения суммарных выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников.

Ключевые слова: *экология, загрязнение, автомобильный транспорт, вредные выбросы.*

Введение

Глобальная индустриализация и техническое развитие привели к значительному ухудшению экологического состояния окружающей среды [1-2]. Внедрение новых и развитие существующих технологий предполагают проведение оценки экологических рисков от их использования. Кроме того, оценка рисков необходима при принятии управленческих решений как на региональном, так и на государственном уровнях [3-4]. К сожалению, в настоящее время отсутствуют методики оценки риска позволяющие сравнить экологический эффект от различных источников загрязнения, например стационарных и автомобильного транспорта [5]. В общем случае необходима разработка показателя, позволяющего сравнить два источника загрязнения, для которых характерен выброс в окружающую среду совершенно разных загрязняющих веществ.

Загрязнение территории г. Владикавказа

Более 30 предприятий находится в промышленном узле г. Владикавказа, их деятельность в той или иной мере связана с загрязнением атмосферного воздуха. Самым крупным предприятием в Республике являлся ОАО "Электроцинк", которое все годы существования активно загрязняло среду обитания [6-8]. Хотя за последнее десятилетие предприятие работало в более приемлемых для города рамках, проведя масштабные реконструкции цехов и технологий. Начиная с 2004 года на ОАО «Электроцинк» реализовывался переход на новую технологию производства свинца. Эти мероприятий позволили снизить выбросы загрязняющих веществ на 74% (выбросы по свинцу снизились на 90%, а пары серной кислоты на 68%). В конце 2016 г. по договоренности руководства республики и ОАО «Электроцинк» состоялось закрытии экологически вредного свинцового производства. В данный момент ОАО «Электроцинк» находится в состоянии консервации [9].

Но значительно больший вклад в загрязнение воздуха вносит автотранспорт [10]. В связи с тем, что большую часть территории занимают горные и предгорные районы, автомобильный транспорт служит основным видом транспорта во внутрихозяйственных связях республики. Характерным для республики является расширение сферы рационального применения автомобильного транспорта. Автотранспорт принял на себя перевозки мелких партий высокоценных и скоропортящихся грузов на дальние

расстояния, значительную долю перевозок на средние расстояния (300-1000 км) и практически все перевозки на короткие расстояния (до 100-150 км). В структуре пассажирооборота перевозка пассажиров автомобильным транспортом составляет 64,9%.

Количество автотранспорта в г. Владикавказ за последние 20 лет увеличилось более чем в 2 раза (не считая большого количества автомобилей, зарегистрированных в других республиках и государствах, составляющих немалую долю от общего числа) [11]. Установлено, что рост автомобильного транспорта носит линейный характер. Аппроксимируя построенный график линейной функцией можно увидеть высокую корреляционную зависимость количества автотранспорта от года, с величиной достоверности аппроксимации R^2=0.984. Аналогичная картина наблюдается и для Российской Федерации в целом [12], рост автомобилей в которой так же имеет линейный характер.

Основными загрязняющими веществами характерными для автомобильного транспорта являются, оксид углерода (CO), оксиды азота NOx (в пересчете на диоксид азота), углеводороды (CH), сажа, диоксид серы ($S0_2$), формальдегид, бензапирен, свинец и различные взвешенные вещества.

В работе [13] нами проводилось исследование по выявлению основных источников загрязнения атмосферного воздуха в городе Владикавказ, согласно которому выбросы от автомобильного транспорта на порядок превосходят стационарные источники.

В настоящей работе нами оценивалось общее количество выбросов всех загрязняющих веществ. Но оценивать вред, наносимый окружающей среде, только по объему выбросов является некорректным, т.к. в выбросах от стационарных источников присутствует большое количество тяжелых металлов, при этом вред от их поступлений может превышать вред от выбросов газообразных соединений, характерных для автомобильного транспорта. Применяя стандартную методику, нами были рассчитаны выбросы определенных химических соединений, которые можно сравнить напрямую с выбросами от стационарных источников. На рисунке 1 представлена, в качестве примера, динамика объемов выбросов диоксида азота от стационарных источников и автотранспорта на территории РСО-А за 2001-2015 гг.

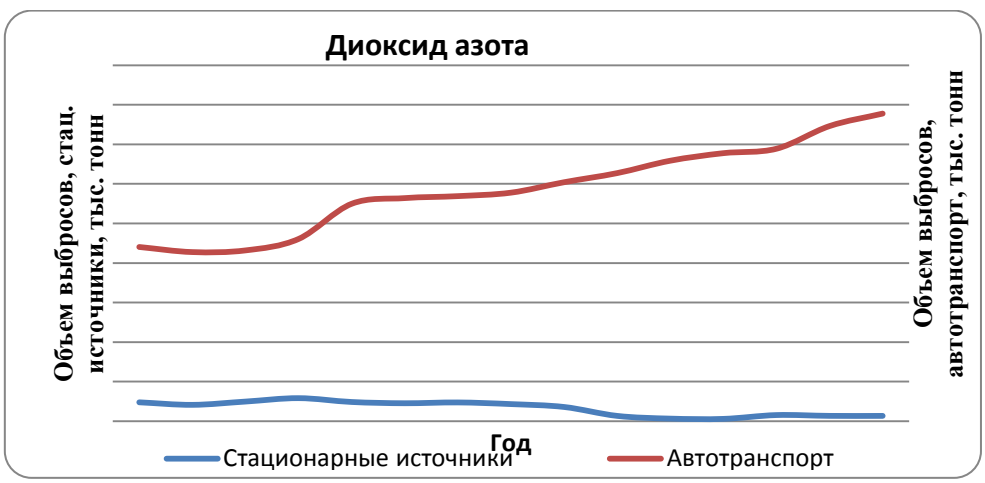


Рис. 1. Динамика объемов выбросов диоксида азота от стационарных источников и автотранспорта на территории РСО-А за 2001-2015 гг.

На приведенном выше графике объемы выбросов от различных источников выведены на 2 оси: на основной оси представлены объемы выбросов от стационарных

источников, на вспомогательной – от автомобильного транспорта. Кроме того, подобные исследования нами проведены для оксида углерода и углеводородов. Наименьшее различие объемов выбросов наблюдается для углеводородов, где выбросы от автомобильного транспорта на один порядок превышают выбросы от стационарных источников. Для диоксида азота и оксида углерода максимальные отношения выбросов от автомобильного транспорта к стационарным источникам равны 60ти и 120ти соответственно.

При этом необходимо отметить, что вред, наносимый окружающей среде нельзя оценивать непосредственно по данному показателю. В составе автомобильных выбросов преобладают оксид углерода, летучие органические соединения и оксид азота, составляя практически 99% от общего объема выбросов, в то время как в выбросах от стационарных источников их доля не столь значительна.

Лабораториями североосетинских организаций проведены исследования атмосферного воздуха по основным автомагистралям города в 9 точках, из них в 6 – по городу и 3 – на въезде в город с одномоментным подсчетом количества проезжающего автотранспорта. Полученные результаты позволили установить, что прослеживается прямая зависимость между потоком машин и загрязнением воздушной среды, наиболее интенсивное загрязнение отмечено в районе кинотеатра «Дружба» и Архонского перекрестка. Отмечается высокая запыленность воздуха и загазованность при отсутствии ветра. На трассах при въезде в город выявлена высокая концентрация двуокиси серы (до 4 ПДК), что, в частности, может служить косвенным признаком использования некачественного топлива большегрузным транспортом. Полученные данные свидетельствуют об устойчивой тенденции увеличения загрязнения атмосферного воздуха от возрастающего негативного влияния выбросов автотранспорта, что также плохо сказывается на состоянии здоровья населения.

Выводы

На территории Республики наибольший вклад в загрязнение окружающей среды вносит деятельность предприятий цветной металлургии и автотранспорта. Более 30 предприятий находится в промышленном узле г. Владикавказа, их деятельность в той или иной мере связана с загрязнением атмосферного воздуха.

Огромный вклад в загрязнение воздуха вносит автотранспорт, количество которого в г. Владикавказ за последние двадцать лет увеличилось более чем в 2 раза.

Преобладающими вредными примесями, которые содержатся в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания, являются: оксиды углерода и азота, альдегиды, углеводороды, а также другие вещества.

Таким образом, можно заключить, что основным источником загрязнения на территории Республики Северная Осетия – Алания является автомобильный транспорт, число которого увеличивается год за годом, на фоне уменьшения суммарных выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников. Выбросы углеводородов от автомобильного транспорта на один порядок превышают выбросы от стационарных источников. Для диоксида азота и оксида углерода максимальные отношения выбросов от автомобильного транспорта к стационарным источникам равны 60ти и 120ти соответственно. При этом необходимо отметить, что, несмотря на столь значительное превышение объемов выбросов от автотранспорта над стационарными источниками, вред, наносимый окружающей среде нельзя оценивать непосредственно по данному показателю. В составе автомобильных выбросов преобладают оксид углерода, летучие органические соединения и оксид азота, составляя практически 99% от общего объема выбросов, в то время как в выбросах от стационарных источников их доля не столь значительна.

При этом необходимо отметить, что, несмотря на значительное превышение объемов выбросов от автотранспорта над стационарными источниками, вред, наносимый окружающей среде нельзя оценивать непосредственно по данному показателю. В составе автомобильных выбросов преобладают оксид углерода, летучие органические соединения и оксид азота, составляя практически 99% от общего объема

выбросов, в то время как в выбросах от стационарных источников их доля не столь значительна.

Благодарности: *Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90090.*

Литература

1. *Burdzieva O.G., Zaalishvili V.B., Beriev O.G., Kanukov A.S., Maisuradze M.V.* Mining impact on environment on the North Ossetian territory // International Journal of GEOMATE. 2016. Т. 10. № 1. С. 1693-1697.
2. *Бериев О.Г., Заалишвили В.Б., Бурдзиева О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С.* Онкозаболеваемость населения г. Владикавказа и его взаимосвязь с различными факторами // Геология и геофизика Юга России. – 2013. – №3. – С. 29-38.
3. *Заалишвили В.Б., Бурдзиева О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С.* Корреляционные взаимосвязи в заболеваемости онкологией в горнодобывающем регионе / В сб.: Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии. Коллективная монография. Под ред. А.*В. Николаева, В.Б. Заалишвили*. 2019. С. 681-688.
4. *Заалишвили В.Б., Бурдзиева О.Г., Кануков А.С., Архиреева И.Г., Дзобелова Л.В., Корбесова К.В., Маргошвили М.Т.* Заболеваемость населения урбанизированной территории в условиях неблагоприятной экологической обстановки / Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Коллективная монография по материалам IX Всероссийской научно-технической конференции. 2019. С. 598-603.
5. *Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю.* Геоэкологический мониторинг. Учебное пособие для вузов. Томск, 2003. 336 с.
6. *Zaalishvili V.B., Burdzieva O.G., Zaks T.V., Kanukov A.S.* Investigation of ecogeophysical factors of the environment of Vladikavkaz // В сборнике: E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. С. 07026.
7. *Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б., Бериев О.Г., Закс Т.В., Кануков А.С.* // Об экологических аспектах современной урбанизированной территории при сильных землетрясениях // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2012. № 3. С. 62-67.
8. *Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б., Бериев О.Г., Кануков А.С., Майсурадзе М.В* Влияние горнодобывающей деятельности на загрязнение окружающей среды // Геология и геофизика Юга России. 2014. № 4-2. С. 8-13.
9. Zaalishvili V.B., Kanukov A.S., Korbesova K.V. Pollution of urbanized territories by motor transport using the example of the republic of North Ossetia – Alania // E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. p. 07024.
10. *Zaalishvili V.B., Bekuzarova S.A., Burdzieva O.G., Korbesova K.V.* Monitoring the auto-road air and reducing its toxicity // В сб.: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. С. 052051.
11. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды и природных ресурсов Республики Северная Осетия-Алания в 2003-2017 году / Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Республики Северная Осетия – Алания. – Владикавказ, 2004-2018.
12. Федеральная служба государственной статистики // url: https://rosstat.gov.ru/folder/23455?print=1 (дата обращения: 07.10.2021).
13. *Кануков А.С., Джусоева Н.Г., Корбесова К.В.* Загрязнение урбанизированных территорий автомобильным транспортом на примере Республики Северная Осетия – Алания / Опасные природные и техногенные процессы в горных регионах: модели, системы, технологии. Коллективная монография. Под редакцией *А.В. Николаева, В.Б. Заалишвили*. 2019. С. 696-702.

УДК 504.38 DOI:10.34708/GSTOU.2021.41.10.068

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ АРИДНЫХ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

© [1,2]Керимов И.А., [1]Братков В.В., [1]Бекмурзаева Л.Р.

[1]ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный
[2]ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН, г. Грозный

Целью исследования является анализ климатических условий полупустынных ландшафтов Северного Кавказа, проводимый с использованием данных инструментальных наблюдений опорной метеорологической сети. В статье анализируется гидротермический коэффициент (ГТК), характеризующий условия тепло- и влагообеспечения ландшафтов в период активной вегетации. Выявленные тренды изменений гидротермических условий полупустынных ландшафтов Северного Кавказа показали, что, не смотря на снижение гидротермического коэффициента, значение его остается в пределах, характерных для полупустынь и сухих степей.

***Ключевые слова**: Северный Кавказ, ландшафт, климатическая изменчивость, гидротермические условия.*

Введение. На сегодняшний день глобальные и региональные изменения климата признаются учеными всего мира без исключения. Споры возникают только по поводу причин происходящих изменений и их последствий для окружающей среды и человека. Впервые заявление об угрозе глобального изменения климата было обнародовано Всемирной метеорологической организацией в 1976 г. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) обнародовала пять оценочных докладов, в которых рассматриваются наблюдаемые и ожидаемые изменения климата, а также влияние климатических изменений на различные сферы Земли [13].

Изменения климата, согласно метеорологическому словарю С.П. Хромова, Л.И. Мамонтовой [11, с. 169] делятся на геологические, исторические и современные. При этом под современными понимаются изменения климата длительностью несколько десятилетий.

Анализ и обобщение современных климатических условий для Северного Кавказа и его регионов проведен в работах П.М. Лурье и др. [9] для территории Карачаево-Черкесии, В.Д. Панова и др. для территории Ростовской области [10], Г.Х. Бадаховой и А.В. Кнутаса для территории Ставропольского края [1]. Отклик региональных природных комплексов Северного Кавказа на современные климатические изменения проведен в работах Б.О. Байрамкуловой для горно-котловинных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа [2], Ю.В. Бурыма для территории Ставропольского край [3], М.И. Гаджибекова для полупустынных ландшафтов Северо-Западного Прикаспия [4], Т.З. Джандубаевой для равнинных ландшафтов Западного Предкавказья [5], М.М. Дышекова для территории Карачаево-Черкессии [7]. Сведения о климатических изменениях и их влияниях на ландшафтную структуру Северного Кавказа содержатся в диссертации Заурбекова Ш.Ш. [8], которая является обобщающей для всех вышеперечисленных работ.

Целью исследования является анализ климатических условий полупустынных ландшафтов Северного Кавказа, проводимый с использованием данных инструментальных наблюдений опорной метеорологической сети.

Методы. Полупустынные ландшафты Северного Кавказа получили распространение в его восточной части (рис. 1).

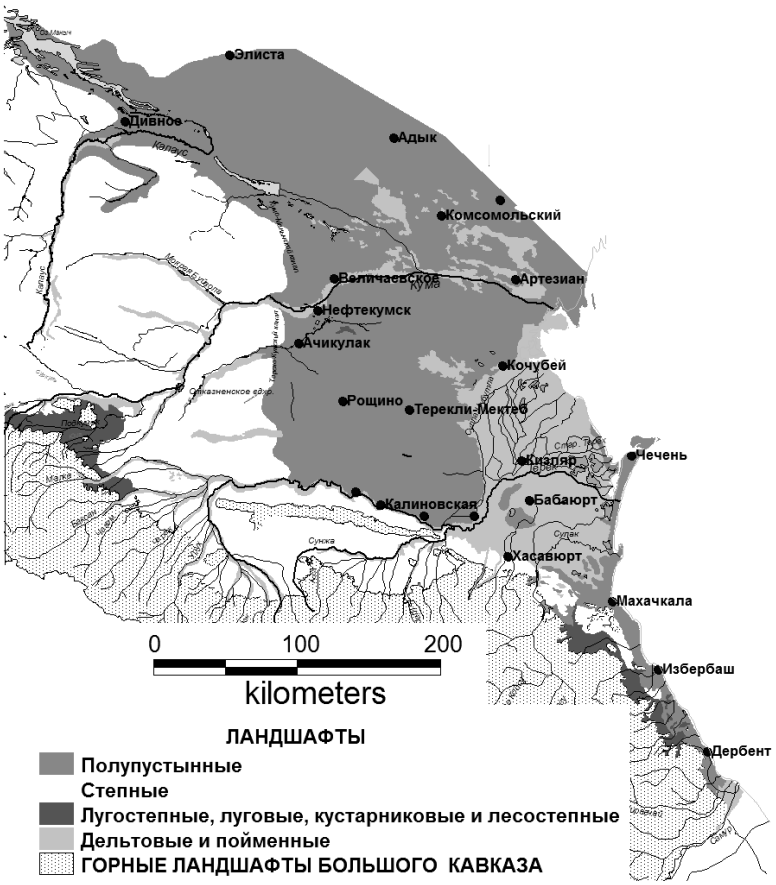


Рис. 1. Ареал полупустынных ландшафтов Северного Кавказа

Среди большого числа климатических параметров наибольшее влияние на ландшафт оказывают тепло- и влагообеспеченность. Эти параметры оцениваются посредством различных коэффициентов и индексов. Например, гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК) представляет собой отношение суммы осадков вегетационного периода к сумме средних суточных температур этого периода. Величина ГТК больше 1,6 характеризует избыточно влажную зону, 1,6-1,3 – лесную влажную зону, 1,3-1,0 – лесостепь (недостаточное увлажнение), 1,0-0,7 – степь (засушливая зона), 0,7-0,4 – сухую степь (очень засушливая зона), 0,4 и меньше – полупустыню и пустыню [12].

Для анализа современных климатических изменений полупустынных ландшафтов Северного Кавказа были использованы данные метеостанций Дивное, Рощино, Наурская, Махачкала и Дербент с 1961 по 2020 гг. Временной ряд достаточен для оценки изменчивости гидротермических условий полупустынных ландшафтов. Обработка материала наземных наблюдений осуществлялась с использованием статистических методов (Excel).

Результаты. Изменения гидротермического коэффициента по данным метеостанции Дивное, расположенной в северо-западном ареале полупустынных ландшафтов, иллюстрирует рисунок 2. Тенденцию к снижению ГТК иллюстрирует линейный тренд. Полиномиальный тренд иллюстрирует периоды с повышенным и пониженным влагообеспечением. Среднее значение ГТК за исследуемый период составило 0,7, при среднеквадратическом отклонении 0,2. ГТК менялся от 0,25 в 2018 г. до 1,36 в 2002 г., т.е. условия влагообеспечения менялись от полупустынь и пустынь до

лесостепи. Большая часть значений ГТК соответствует степи и сухой степи. Условия, характерные для полупустынь и пустынь встречаются в 12% случаев.

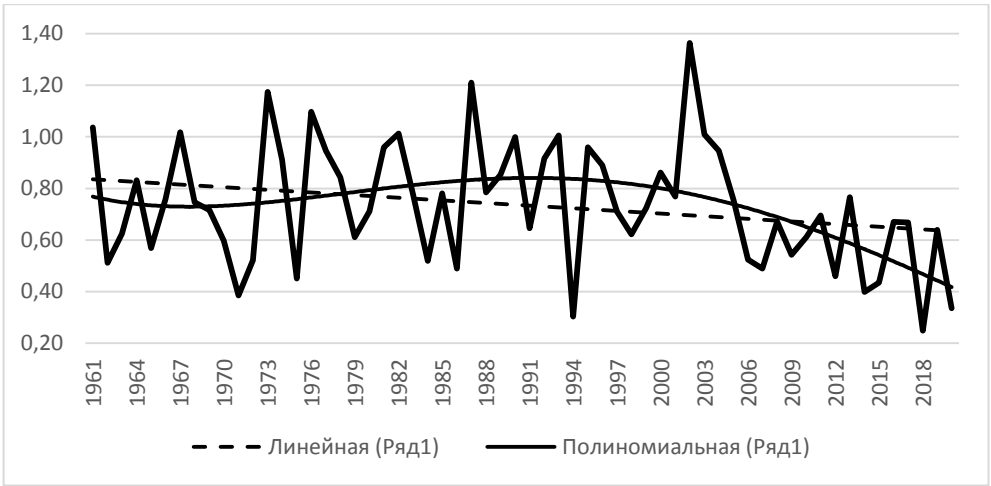


Рис. 2. Изменение ГТК по данным метеостанции Дивное

Изменение гидротермического коэффициента по данным метеостанции Рощино, расположенной в юго-западном ареале полупустынных ландшафтов Северного Кавказа, иллюстрирует рисунок 3. Среднее значение ГТК составило 0,7, при стандартном отклонении 0,2, что соответствует сухой степи. Минимальное значение ГТК составило 0,29 в 1976 г, максимальное – 1,18 в 1988 г.. Чаще всего встречается группа значений ГТК равная 0,49-0,69 и 0,29-0,49, т.е. сухая степь и полупустыня и пустыня. На рис. 3 заметно устойчивое снижение ГТК.

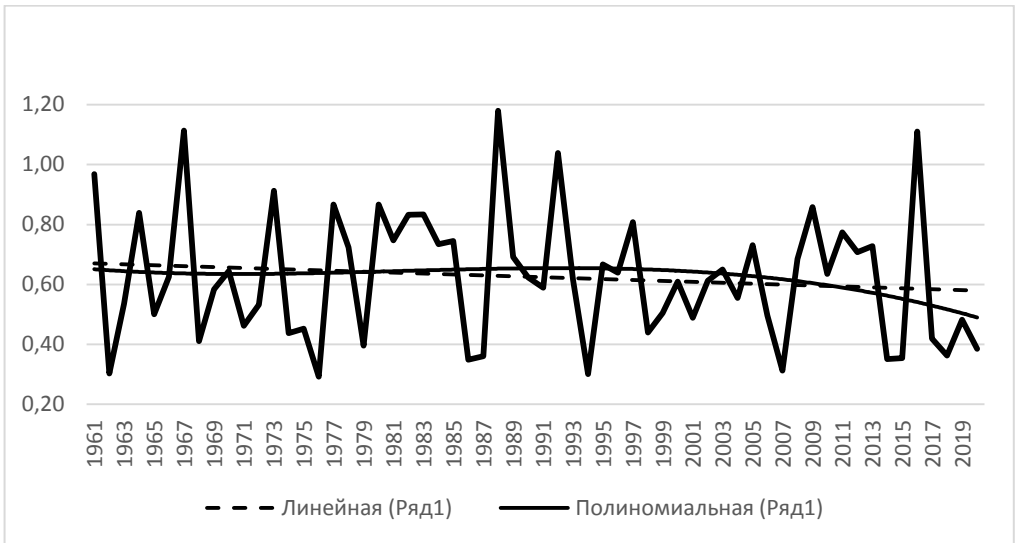


Рис. 3. Изменение ГТК по данным метеостанции Рощино

Изменение гидротермического коэффициента по данным метеостанции Наурская, расположенной в юго-западном ареале полупустынных ландшафтов Северного Кавказа, иллюстрирует рисунок 4. Как видно из рисунка 4, значение ГТК имеет тенденцию к

уменьшению. Среднее значение ГТК составило 0,7, при стандартном отклонении 0,3, что соответствует сухой степи. Минимальное значение ГТК отмечалось в 1998 г. и было равно 0,28. Максимальное значение 1,37 было в 1988 г. Чаще всего встречается группа значений ГТК равная 0,51-0,74 – сухая степь.

Рис. 4. Изменение ГТК по данным метеостанции Наурская

Изменение гидротермического коэффициента по данным метеостанции Махачкала, расположенной в юго-восточном ареале полупустынных ландшафтов, иллюстрирует рисунок 5. Среднее значение ГТК составило 0,5, при стандартном отклонении 0,2, что соответствует сухой степи. Минимальное значение ГТК 0,2 отмечалось в 2019 г. Максимальное значение 1,04 – в 1990 г. Чаще всего встречается группа значений ГТК, равная 37-0,54. На рис. 5 заметно, что ГТК практически стабилен.

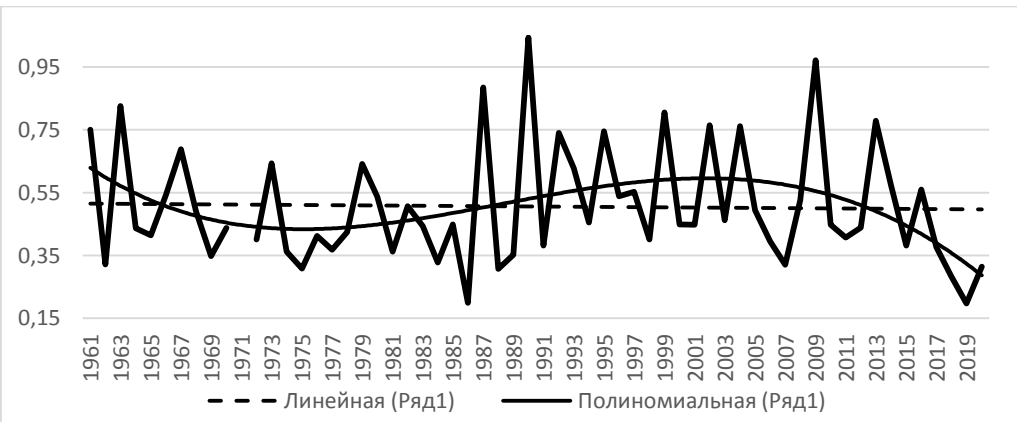


Рис. 5. Изменение ГТК по данным метеостанции Махачкала

Изменение гидротермического коэффициента по данным метеостанции Дербент, расположенной в юго-восточном ареале полупустынных ландшафтов, иллюстрирует рисунок 6. Среднее значение ГТК составило 0,5 при стандартном отклонении 0,2, что соответствует сухой степи. Минимальное значение ГТК отмечалось в 2019 г. и составило 0,19. Максимальное – в 1990 и составило 0,83. Чаще всего встречается группа значений ГТК равная 0,47-0,61. На рисунке 6 заметно, что ГТК уменьшается, линия полинома сглажена.

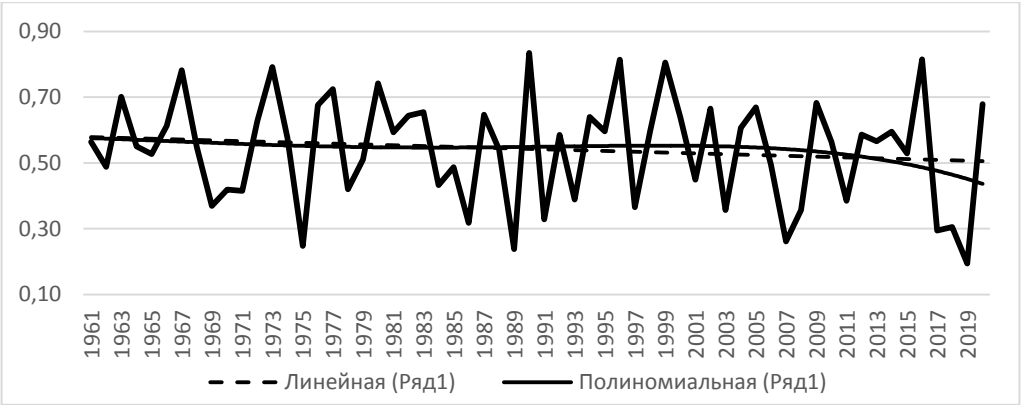


Рис. 6. Изменение ГТК по данным метеостанции Дербент

Таблица 1

Значения гидротермического коэффициента по пятилетиям

Пентады среднее	Дивное	Рощино	Наурская	Махачкала	Дербент
1961-1965	0,71	0,63	0,93	0,55	0,57
	-0,02	0,00	0,20	0,04	0,02
1966-1970	0,77	0,68	0,88	0,50	0,55
	0,03	0,05	0,15	0,00	0,00
1971-1975	0,69	0,56	0,69	0,43	0,53
	-0,05	-0,06	-0,05	-0,08	-0,01
1976-1980	0,84	0,63	0,75	0,48	0,61
	0,11	0,00	0,01	-0,03	0,07
1981-1985	0,81	0,78	0,72	0,42	0,56
	0,08	0,15	-0,01	-0,09	0,02
1986-1990	0,87	0,64	0,79	0,56	0,52
	0,13	0,02	0,06	0,05	-0,03
1991-1995	0,77	0,64	0,63	0,59	0,51
	0,03	0,02	-0,10	0,08	-0,03
1996-2000	0,76	0,60	0,55	0,55	0,64
	0,03	-0,02	-0,18	0,04	0,10
2001-2005	0,97	0,61	0,83	0,59	0,55
	0,23	-0,02	0,09	0,08	0,01
2006-2010	0,57	0,60	0,71	0,53	0,47
	-0,17	-0,03	-0,02	0,03	-0,07
2011-2015	0,55	0,58	0,66	0,52	0,53
	-0,18	-0,04	-0,07	0,01	-0,01
2016-2020	0,51	0,55	0,66	0,35	0,46
	-0,22	-0,07	-0,07	-0,16	-0,08

** В числителе среднее значение за пятилетие; в знаменателе – отклонение значения за пятилетие от среднемноголетнего значения.*

В таблице 1 приведены осредненные значения ГТК по пятилетиям. Такое осреднение позволяет сравнить современные условия влагообеспечения с теми, что были раньше. Согласно данным таблицы 1, происходит чередование периодов с повышенным и пониженным увлажнением. Однако, на всех метеостанциях в последние

пятнадцать лет рассматриваемого периода отмечается снижение показателя ГТК, что дает отрицательный тренд, который мы видим на графиках.

Обсуждения. Проведённый анализ климатических условий полупустынных ландшафтов Северного Кавказа за 1961-2020 гг. выявил ухудшение условий влагообеспечения периода активной вегетации, оцениваемого посредством ГТК. Полученные нами данные коррелируют с официальными данными Росгидромета. Так, в ежегодном Докладе об особенностях климата Российской Федерации за 2020 г. приводятся сведения об агроклиматических изменениях на территории Северного Кавказа за 1976-2020 гг. [6, с. 50]. Согласно докладу, отмечается положительная тенденция роста суммы активных температур, линейный тренд ГТК отрицательный, что говорит об ухудшении условий увлажнения рассматриваемой территории.

Заключение. Гидротермический коэффициент полупустынных ландшафтов Северного Кавказа остается в пределах, характерных для полупустынь и сухих степей. Отмечаются существенные колебания условий увлажнения, проявляющиеся в большой их изменчивости от года к году. В последние пятнадцать лет рассматриваемого периода наблюдается снижение показателя ГТК, что говорит об ухудшении условий влагообеспечения полупустынных ландшафтов Северного Кавказа.

Если в дальнейшем тенденция снижения ГТК сохранится, то создадутся условия для распространения ксерофитов, что может привести к смене типа ландшафта и негативно скажется на ведении сельского хозяйства, особенно отгонно-пастбищного животноводства, характерного для этих ландшафтов.

Работа выполнена в рамках госзадания
ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова
FZNU-2021-0002 «Оценка изменчивости агроклиматических условий
Северного Кавказа в связи с глобальными изменениями климата»

Литература

1. *Бадахова Г.Х., Кнутас А.В.* Ставропольский край: современные климатические условия. Ставрополь: ГУП СК «Краевые сети связи», 2007. 272 с.
2. *Байрамкулова Б.О.* Современные климатические изменения и сезонная динамика горно-котловинных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа. Автореферат дис. … канд. геогр. Наук. Карачаевск, 2010. 24 с.
3. *Бурым Ю.В*. Сезонна динамика ландшафтов Ставропольского края. Автореферат дис. … канд. геогр. Ставрополь, 2005. 24 с.
4. *Гаджибеков М.И. Изменчивость климата и динамика полупустынных ландшафтов Северо-Западного* Прикаспия. Автореферат дис. … канд. геогр. Махачкала, 2009. 24 с.
5. *Джандубаева Т.З.* Современные изменения климата и динамика степных ландшафтов Западного Предкавказья. Автореферат дис. … канд. геогр. Ставрополь. 2008. 24 с.
6. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. Москва, 2021. –104 с.
7. *Дышеков М.М.* Ландшафты Карачаево-Черкесии в условиях современных изменений климата. Автореферат дис. … канд. геогр. Ставрополь. 2008. 24 с.
8. *Заурбеков Ш.Ш*. Современные климатические изменения и их влияние на ландшафтную структуру региона (на примере Северного Кавказа). Автореф. … дис. докт. Геогр. наук. Грозный, 2012. 48 с.
9. *Лурье ИМ., Крохмалъ А.Г., Панов В.Д., Панова С.В., Тамов М.Ч.* Карачаево-Черкесия: климатические условия. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2000. 196 с.
10. *Панов В.Д., Лурье П.М., Ларионов Ю.А. Климат* Ростовской области: вчера, сегодня, завтра. Ростов-на-Дону: ООО «Донской издательский дом», 2007. 487 с.
11. *Хромов С.П., Мамонтова Л.И*. Метеорологический словарь. Изд.3. Л.: Гидрометеозидат, 1974. 568 с.
12. *Чирков Ю.И.* Основы агрометеорологии. Л.: Гидрометеозидат, 1975. 253 с.
13. https://www.ipcc.ch/languages-2/russian/ (дата обращения 31.10.2021г.).

УДК 911.5.6 DOI:10.34708/GSTOU.2021.44.41.069

КАРБОНОВЫЙ ПОЛИГОН ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ: ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЭТАЛОННЫХ УЧАСТКОВ

© [1,2]Керимов И.А., [1]Махмудова Л.Ш., [1,2]Гайрабеков У.Т.

[1]ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова, г. Грозный
[2]Академия наук Чеченской Республики, г. Грозный

В данной статье описаны особенности карбонового полигона Чеченской Республики, одним из операторов которого является Грозненский государственный нефтяной технический университет им. академика М.Д. Миллионщикова. Приведена схема расположения эталонных участков и рассмотрена структура Карбонового полигона ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова. На базе Карбонового полигона в перспективе планируется создание Научно-образовательного центра. В статье дана детальная характеристика растительности эталонных участков полигона.

***Ключевые слова**: карбоновый полигон, типы растительности, парниковые газы, глобальное потепление климата, эмиссия, углеродный баланс страны, экосистема.*

Введение

В 2021 г. в нашей стране начато создание карбоновых полигонов, всего их запланировано более 80 в различных субъектах Российской Федерации. Чеченская Республика вошла в число первых 7 регионов, где в качестве пилотных проектов начато создание карбонового полигона, операторами которого являются Грозненский государственный нефтяной технический университет (ГГНТУ) им. академика М.Д. Миллионщикова и Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова. Карбоновый полигон Чеченской Республики будет уделять особое внимание технологиям: создания регенеративных пастбищ; оценки секвестрационного потенциала плантаций быстрорастущих деревьев; выращивания высокопродуктивных древесных насаждений; лесовостановления и лесоразведения; реабилитации земель загрязнённых нефтью, нефтепродуктами и термальными водами. В данной статье рассмотрены основные характеристические особенности растительности эталонных участков карбонового полигона, оператором которого является ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова. В предыдущей статье были рассмотрены ландшафтные особенности карбонового полигона [5]. Статья является продолжением планируемой серии статей по различным аспектам создания и функционирования Карбонового полигона Чеченской Республики.

В начале 1960 гг. прошлого столетия академик М.А. Будыко опубликовал свои соображения о том, что сжигание огромного количества ископаемого топлива приведёт к увеличению содержания в атмосфере углекислого газа (CO_2), что может привести к парниковому эффекту [4]. В настоящее время мы видим, что естественный химический состав атмосферы Земли меняется ускоренными темпами. Происходит увеличение концентрации парниковых газов (водяного пара, метана, диоксида углерода, оксидов азота, в особенности закиси азота (N_2O) и синтезируемых человеком – хлорфторуглеродов) в составе атмосферы. Увеличение концентрации парниковых газов, многократно превышающие их природную эмиссию, приводит к глобальному потеплению климата Земли [4].

По существующим прогнозам глобальное потепление климата продолжится как минимум до конца этого столетия, так как достаточно стабильный газ CO_2, сохраняется в составе атмосферы на десятилетия, а то и столетия. Поэтому, даже если нам удастся остановить увеличение объема выбросов углекислого газа на сегодняшнем уровне, как мы пытаемся сделать в последние годы, температура Земли в нижних слоях тропосферы, все равно будет расти. При этом существуют различные сценарии развитие ситуации,

зависящие от хозяйственной деятельности человека и развития экономики. Исходя из этого на Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992) была подписана всемирная Конвенция по изменению климата. Также Разработана Всемирная научная программа исследования климата, которая играет важную роль в организации и координации глобальных исследований климата и регулировании эмиссии парниковых газов в течение последних 30 лет.

Проблемам регулирования эмиссии парниковых газов и потепления климата были также посвящены многочисленные конференции, проводимые в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Цель этих конференций – добиться соглашений между странами по поддержанию увеличения средней температуры планеты на уровне ниже 2 °С. Поэтому Карбоновое регулирование – неизбежный мировой тренд, так как эмиссия парниковых газов постоянно увеличивается, а проблема регулирования углерода в составе атмосферы не терпит отлагательств. В этой связи на территории Российской федерации создаются Карбоновые полигоны, на которых планируется проводить ряд важнейших исследований в сфере экологии с участием университетов и научных организаций. На карбоновых полигонах планируется проводить эксперименты по измерению эмиссии и поглощению парниковых газов, а также определения интегральных значений, составляющих радиационного, теплового, водного и углеродного баланса. Кроме того, на полигонах будет осуществляется подготовка кадров высшей квалификации в области новейших методов экологического контроля, перспективных технологий для низкоуглеродной индустрии, сельского и муниципального хозяйства.

Создание национальной системы оценки углеродного баланса (карбонового мониторинга) на территории Российской Федерации продиктовано необходимостью получения объективных данных на основе верифицированных международно признанных технологий:

- данные с карбоновых полигонов;
- данные дистанционного зондирования Земли;
- верифицированные модели и методик анализа;
- прозрачность и сохранение исходных данных.

Точные объективные данные измерений позволят защитить интересы российских производителей и избежать экономических потерь от неверных оценок углеродного баланса страны. Неточность зарубежного карбонового мониторинга территории России может привести к занижению российских секвестрационных показателей в несколько раз, эквивалент потерь 20-60 млрд. долларов в год.

Подсчеты карбонового баланса территории России внешними операторами могут нести риски неточности и использования противоречивых научных концепций:

- субъективное толкование спорных моментов;
- занижение потенциала захвата углерода бореальными лесами (тайгой) и тундрой (типичны для РФ);
- неучёт целых категорий секвестрирующих территорий (например, выведенных из оборота сельскохозяйственных земель).

Россия имеет самый большой в мире ресурс секвестрирующих территорий, инвестирование в которые представляет долговременный тренд на 2020-2050 гг. – 14 млн. км^2 секвестрирующих территорий России: леса; обрабатываемые и выведенные из оборота с/х земли; заболоченные местности.

Увеличение секвестрационной продуктивности на карбоновых фермах на 25% по сравнению с фоновым уровнем может дать ежегодный экономический эффект 1 млрд. долларов США. Противопожарные мероприятия, контроль болезней/вредителей, лесовосстановительные технологии повышают секвестрационную продуктивность территорий на 50-100%. Уникальный секвестрационный потенциал территории России может кардинально смягчить жесткость декарбонизационного перехода, дав время для комфортной трансформации экономики [10, 11].

Для российских товаропроизводителей – экспортёров применение трансграничных регуляций дополнительных налогов ежегодно будет стоить до 22 млрд. долларов США, в т.ч.:

- 8 млрд. – Зелёного пакта для Европы (European Green Deal);
- 14 млрд. – Углеродный налог на весь остальной экспорт.

В 2020 г. цена за 1 т. CO_2 составила 15 млрд. долларов США. По существующим прогнозам цены за 1 т. CO_2 будут расти составив в: 2030 г. – 25 млрд.; 2040 г. – 50 млрд. и к 2050 г. – 80 млрд. долларов США [19].

Цель статьи – характеристика растительных сообществ эталонных участков Карбонового ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова для последующего расчёта углеродного баланса в экосистемах.

Основная часть

Карбоновый полигон ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова

Карбоновый полигон ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова создается на 6 эталонных участках (рис. 1), с общей площадью 470 га., расположенных в горной и предгорной зонах. На эталонных участках будет проводиться комплекс наземных наблюдений, включающий изучение биоразнообразия, анализ почв, анализ парниковых газов и др. На территории карбонового полигона планируются мониторинговые исследования методами дистанционного зондирования Земли, включающий проведение лидарной, мультиспектральной и гиперспектральной с использованием БПЛА, а также анализ данных спутниковых измерений.

На базе Карбонового полигона ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова формируется крупный научно-образовательный комплекс, включающего в себя собственно карбоновый полигон, Научно-исследовательский институт геоэкологии и природопользования (НИИГиП), профильные кафедры Института нефти и газа им. акад. С.Н. Хаджиева.

В структуре НИИ ГиП созданы научно-исследовательские лаборатории:

- Лаборатория климатологии и метеорологии, где планируется изучения влияния глобальных изменений климата на агроклиматические условия Северного Кавказа.
- Лаборатория анализа парниковых газов с целью изучения парниковых газов методом турбулентных пульсаций.
- Лаборатория геофизических исследований специализируется на мониторинговых исследованиях методами лидарной, мультиспектральной и гиперспектральной съемок с использованием БПЛА.
- Лаборатория геоинформационных систем ориентирована на создание тематических карт с использование ГИС-систем, математический анализ данных ДЗЗ, в т.ч. с использованием методов искусственного интеллекта.

Цель проекта создания Карбонового полигона ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова – формирование наземной и дистанционной системы мониторинга, анализа и прогнозирования секвестрационного и эмиссионного потенциала территории Чеченской Республики [5].

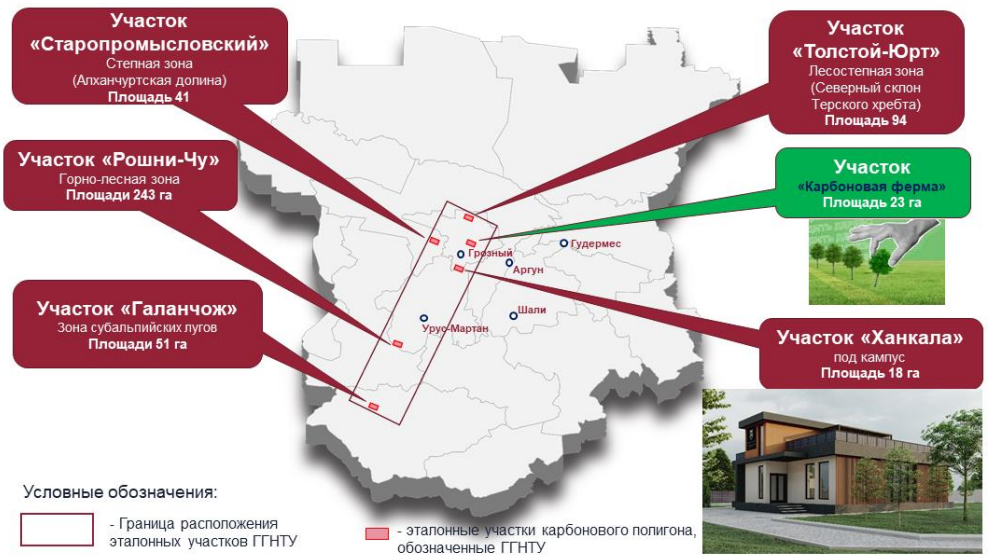


Рис. 1. Схема расположения эталонных участков Карбонового полигона ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова

Структура и типы растительности эталонных участков

Эталонные ключевые участки Карбонового полигона ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова расположены в горной и предгорной зонах. Они охватывают с юга на север довольно большой интервал высот (от 100-1500 м до 2500-2700 м), включая горно-луговые, горно-лесные, лесостепные и степные ландшафты.

Эталонный участок «Галанчож» (51 га) приурочен к ландшафтам приподнятой межгорной Галанчожской котловины, расположенной между отрогами Скалистого и Бокового хребтов на высотах более 1500 м. Растительность субальпийского пояса насчитывает до пятидесяти видов разнотравья. Наиболее широкое распространение получили субальпийские высокотравные луга, в которых преобладают: овсяница пестрая, костер пестрый, вейник тростниковый, буквица крупноцветковая, пиретрум розовый, черемша высокогорная, девясил восточный, скабиоза кавказская, лютик кавказский, щавель альпийский и др. Характерны также хорошо сомкнутые разнотравно-злаковые и осоковые луга. Часто осока печальная образует злаково-осоковые ассоциации. Здесь много разных видов первоцветов и колокольчиков. На северных более увлажнённых склонах встречается древесная растительность, переходящая в субальпийское криволесье (берёза Радде, ива козья) и кустарниковые стланики (рододендрон кавказский, можжевельник низкорослый и др.). Для аридных и семиаридных высокогорных котловин характерны остепненые луга и лугостепи [2, 3, 8].

Эталонный участок участок «Рошни-Чу» (243 га) представлен низкогорными ландшафтами северного макросклона Чёрных гор. Древесная растительность характеризуется смешанными лесами, основу которых составляют буково-грабовые леса. Буковые леса имеют широкие высотные пределы распространения от 200-300 м, до 1700-1900 м над уровнем моря. В буковых лесах можно встретить осину дрожащую, ясень обыкновенный, липу кавказскую, клен остролистный и высокогорный, рябина обыкновенная, иль горный и отдельные экземпляры березы Радде. В них встречается наибольшее число третичных видов: клен красивый, тис ягодный, а также реликты: бересклет широколистный, рябина глаговина, черника кавказская. В подлеске растут кустарники – бересклет европейский, волчеягодник, малина Буша, калина обыкновенная и др. Из травянистых растений под буковыми лесами главное место принадлежит ясменнику, кислице и различным видам папоротников, характерны толстянка

широколистная, зубянка пятилистная, колокольчик млечноцветный, адамов корень, копытень грузинский [2, 7]. Буковые леса, не тронутые человеком имеют хорошую сомкнутость, в них почти отсутствует травяной покров. Грабовые леса распространены прерывистой полосой и занимают склоны южной экспозиции. Граб кавказский произрастает вместе с дубом черешчатым, кленом полевым, ясенем обыкновенным и дикими плодовыми деревьями и кустарниками.

Участок Алханчуртский «Старопромысловский» (41 га) характеризуется распространением злаковых и особенно разнотравно-злаковых, злаково-бородачевых степей. Разнотравно-злаковые степи приурочены к более увлажненным местам с участием разнотравья: эспарцетов, люцерны, клеверов, нивяники обыкновенной. Из семейства злаковых здесь встречается ковыль перистый, ковыль волосатик, типчак тонконог. На сухих склонах селится бородач, составляющий фон, создавая полынно-бородачевые степи [3, 8]. Равнинная часть степи почти целиком распахана и занята под посевы сельскохозяйственных культур (пшеницы, кукурузы, подсолнечника, сахарной свеклы, овощей и других культур).

Эталонный участок «Толстой-Юрт» (94 га) представлен низкогорными ландшафтами Передовых хребтов с широколиственными лесами и кустарниками которые получили распространение на северных склонах Терского хребта и прилегающих равнинах. Провести границу между поясом степной растительности и поясом лесостепной растительности довольно трудно. С одной стороны Терско-Сунженскую возвышенность можно отнести к степному поясу, так как лесов на ней почти не сохранилось, с другой стороны небольшие участки леса, сохранившиеся на склонах северной экспозиции вместе с зарослями шибляка, позволяет отнести Терско-Сунженскую возвышенность к поясу лесостепной растительности. На Терском хребте сохранились фрагменты буково-грабовых и дубовых лесов с примесью клена, заросли шибляка из христовой колючки (держидерева), боярышник мелколистный, шиповник острозубый, а на прилегающих низменностях – лугостепи и степи [8].

Эталонный участок «Карбоновая ферма» (23 га). Это окультуренный участок сухостепных ландшафтов Алханчуртской долины. Здесь находился полигон твёрдых коммунальных отходов «Петропавловский», законсервированный в 2011 г. Работы по рекультивации полигона в рамках федеральной целевой программы «Чистая страна» национального проекта «Экология» завершены в 2019 г. Биологический этап рекультивации полигона твёрдых коммунальных отходов «Петропавловский» предусматривает посадку деревьев. Поэтому ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова в рамках технологического проекта «Выращивание высокопродуктивных древесных насаждений» Карбонового полигона Чеченской Республики планирует посадит на этом участке 10 000 деревьев. 2000 деревьев из тополя, липы, шелковицы и ивы (по 500 штук) уже высажены в октябре 2021 г. Посадка оставшихся 8000 саженцев планируется на 2022 г.

Эталонный участок «Ханкала (Кампус, 18 га)». Растительность представлена преимущественно широколиственными лесами и кустарниками. В древесной растительности преобладают малопродуктивные леса и заросли шибляка. Из злаков распространены пырей ползучий, овсяница луговая, костёр безостый, ковыли, расторопша. Антропогенное воздействие привело к формированию и широкому распространению разнотравной бурьяновой растительности. На месте сведенных лесов сохранились кустарниковые заросли, с участием боярышника, шиповника**,** христовой колючки. На этом эталонном участке в настоящее время завершается строительство Кампуса Карбонового полигона ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова.

Заключение

На основе анализа большого объема литературных источников, статистических и интернет ресурсов дана характеристика Карбонового полигона Чеченской Республики. Изучены и описаны особенности эталонных участков ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова. Приведена схема расположения эталонных участков Карбонового

полигона ГГНТУ имени академика М.Д. Миллионщикова и расписана структура созданного в рамках проекта Института геоэкологии и природопользования. Дано детальное описание растительных сообществ эталонных участков, расположенных в различных природно-климатических условиях.

Работа выполнена в рамках госзадания
ГГНТУ им. академика М.Д. Миллионщикова:
№ FZNU-2021-0011 «Изучение секвестрационного
и эмиссионного потенциала карбонового полигона «ЭкоГрозный»
и разработка научно-обоснованных технологий декарбонизации
(на примере Чеченской Республики)»

Литература

1. Атлас Чечено-Ингушской АССР. М.: ГУГК, 1978. 28 с.
2. *Гайрабеков У.Т., Гайрабекова М.Т.* Структура и особенности природных ландшафтов Чеченской Республики // Вестник Чеченского государственного университета, 2014. Вып.1. С. 159-166.
3. *Галушко А.И.* Растительный покров Чечено-Ингушетии. Грозный: Чечено-Ингушское книжное издательство, 1975. 118 с.
4. *Егоренко Л.И., Кочуров Б.И.* Геоэкология. М.: Финансы и статистика, 2005. 320 с.
5. *Керимов И.А., Гайрабеков У.Т., Махмудова Л.Ш.* Карбоновый полигон Чеченской Республики:I. Ландшафтные особенности и структура // Грозненский естественнонаучный бюллетень, 2021. Том 6. №3(25).
6. Конференция Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию. Рио-де-Жанейро, 1992.
7. *Прибытков Н.В.* К характеристике растительного покрова Чечено-Ингушской АССР. Грозный: Чечено-Ингушское книжное издательство, 1981. 84 с.
8. Природа Чечено-Ингушской Республики, ее охрана и рациональное использование / *В.В. Рыжиков, П.С. Анисимов, Г.Г. Самарский и др*. 2-е изд., перераб. и доп. Грозный: Книга, 1991. 160 с.
9. The World Bank, Synapse Energy Economics, КРМС, РАН.
10. https://etokavkaz.ru/news/56997
11. https://www.pnp.ru/politics/v-rossii-budut-razvivat-karbonovye-poligony-dlya-monitoringa-parnikovykh-gazov.html

УДК 551.524.7 DOI:10.34708/GSTOU.2021.10.37.070

ТЕНДЕНЦИИ РЕЖИМА ОСАДКОВ И ИХ ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ В РАВНИННОЙ ЗОНЕ ЮГА РОССИИ (1961-2018 ГГ.)

© Кешева Л.А., Теунова Н.В.

Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик

В данной статье приводятся результаты исследования суммарных и максимальных суточных осадков равнинной зоны юга европейской территории России. Выявлены экстремальные значения, проведен анализ и исследованы тенденции изменения режима осадков. Результаты работы основаны на анализе данных наблюдений десяти метеорологических станций с 1961 по 2018 гг., расположенных в равнинной зоне юга европейской территории России.

Ключевые слова: *сезонные и годовые суммы осадков, суточные максимумы осадков, угловой коэффициент, экстремальные значения.*

Изменение климата стало в настоящее время фактором, оказывающим существенное влияние на атмосферные процессы и, таким образом, на природно-климатические характеристики практически всех регионов нашей планеты. Распределение осадков в мире меняется в соответствии с глобальными изменениями климата. Исследованиям изменения режима осадков посвящены многие работы, в которых рассматриваются изменения осадков на европейской и азиатской территории России, где есть как засушливые регионы, так и районы, где наблюдается слишком большое количество осадков [2-4].

Результаты данной работы основаны на анализе наблюдений режима осадков десяти метеорологических станций, расположенных в равнинной зоне юга России в период с 1961 по 2018 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Метеостанции равнинной зоны юга России

№ п/п	Метеостанция	Географические координаты	Высота н.у.м., м
Равнинные станции (< 500 м н.у.м.)			
1	Кизляр	43.51° N; 46.43° E	-17
2	Изберг	42.34° N; 47.45° E	21
3	Краснодар	43.03° N; 38.58° E	26
4	Дербент	42.04° N; 48.17° E	30
5	Сочи	43.35° N; 39.73° E	57
6	Ростов-на-Дону	47.14° N; 39.44° E	64
7	Моздок	43.44° N; 44.39° E	126
8	Махачкала	42.59° N; 47.31° E	173
9	Изобильный	45.22° N; 32.42° E	194
10	Прохладная	43.46° N; 44.05° E	198

Данные наблюдений (средние месячные и годовые суммы осадков и суточных максимумов осадков) сетевых гидрометеорологических станций были предоставлены Северо-Кавказским управлением гидрометеослужбы Российской Федерации. Годовые и сезонные суммы осадков выражаются в мм/месяц. Зимний сезон включает декабрь предыдущего года. Среднегодовые значения осадков относятся к календарному году. По суточным максимумам осадков сезонные и годовые данные были получены в

результате отбора максимального значения из трех месяцев сезона и календарного года. Для детального анализа режима осадков были посчитаны средние (со стандартным отклонением) значения сезонных и годовых сумм осадков и суточных максимумов, выявлены даты появления экстремальных значений в рядах осадков для равнинной климатической зоны юга России.

На рисунке 1 приведены средние значения сезонных и годовых сумм осадков на м/станциях равнинной зоны юга России в период 1961-2018 гг. Из рисунка видно, что на метеостанциях равнинной территории юга России разброс годовых сумм осадков велик и составляет 1355,7 мм: от минимального в Изберге – 280,2 мм до максимального в Сочи – 1635,9 мм.

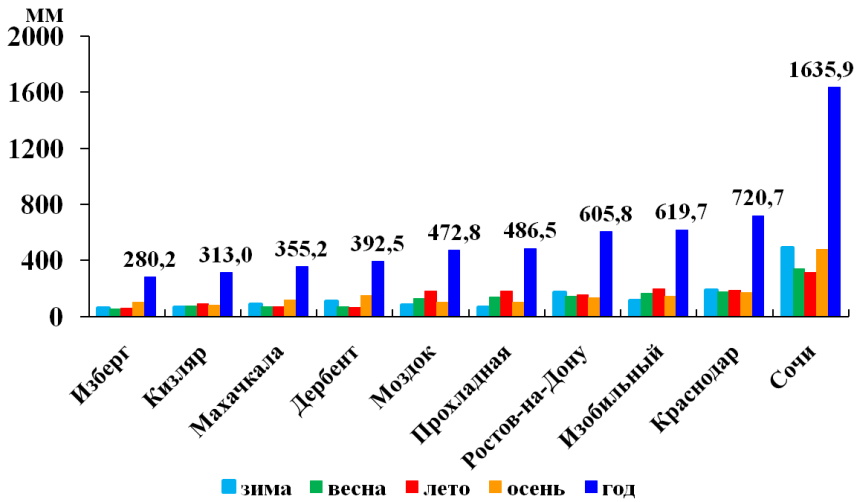


Рис. 1. Сезонные и годовые суммы осадков равнинной территории юга России

По индивидуальным характеристикам (сумме годовых, летних и зимних осадков) равнинные м/станции можно разделить на три группы:

1. Прикаспийское побережье: Изберг, Кизляр, Махачкала, Дербент. Годовые суммы осадков варьируются в пределах 280,2-392,5 мм; зимой осадков немного больше, чем летом, за исключением Кизляра, выявлена преимущественно летняя тенденция уменьшения сумм осадков и максимальных суточных.

2. Степная территория юга России: Моздок, Прохладная, Ростов-на-Дону, Изобильный, Краснодар. Годовые суммы осадков имеют разброс от 472,8 мм до 720,7 мм. На м/станциях Моздок, Изобильный и Прохладная – большое количество сумм летних осадков, превышающих зимние суммы осадков. Выделяется м/станции Ростов-на-Дону, на которой зимой осадков немного больше, чем летом. Краснодар отличается стабильностью летних и зимних осадков.

3. Причерноморское побережье (Сочи) с наибольшей суммой годовых осадков из всех исследованных станций на юге европейской части России – 1635,9 мм, с превышением зимних сумм осадков над летними, но с тенденцией их уменьшения.

По результатам исследования линейных трендов сезонных и годовых сумм осадков, а также суточных максимумов осадков (значения коэффициента линейного тренда b=мм/10 лет) за период 1961-2018 гг. были получены данные, представленные в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что в период с 1961 по 2018 гг. на причерноморской м/станции Сочи имело место устойчивое уменьшение зимних сумм осадков (-2,02 мм/10 лет), при этом же наблюдалось увеличение суточных максимумов на 1,11 мм/10 лет. Увеличение

годовых сумм осадков происходило за счет повышения количества весенних, летних и осенних сумм осадков, которые в свою очередь увеличивались за счет интенсификации процессов осадкообразования.

Таблица 2

Статистики рядов сумм осадков и суточных максимумов осадков на равнинной территории юга России

Метеостанция	Среднегодовая сумма осадков (стандартное отклонение), мм	Статистики рядов *сумм осадков* / *суточных максимумов* *b* – угловой коэффициент линейного тренда, мм/10 лет				
		Зима, *b*	Весна, *b*	Лето, *b*	Осень, *b*	Год, *b*
1.Равнинная зона 1.1.причерноморье						
Сочи	1635,9 (268,0)	-2,02/1,11	7,84/0,32	6,83/0,71	20,5/3,16	30,8/1,14
1.2.степная зона						
Моздок	472,8 (97,8)	-0,4/0,09	-0,08/-0,16	-9,94/-0,63	4,2/1,23	-6,92/-0,27
Прохладная	486,5 (91,8)	1,93/0,29	2,0/0,69	-5,4/1,8	8,79/2,09	6,8/2,56
Ростов-на-Дону	605,8 (110,4)	-0,43/-0,2	1,71/0,71	-1,27/0,98	4,64/2,88	3,65/2,7
Изобильный	619,7 (117,3)	-0,7/-0,86	6,98/1,4	-1,08/1,94	6,7/1,38	11,2/2,54
Краснодар	720,7 (121,6)	0,6/0,28	0,45/-1,27	-2,1/0,4	5,76/1,0	3,25/0,29
1.3.прикаспийская зона						
Изберг	280,2 (66,8)	6,0/1,45	0,44/0,34	1,36/-0,25	6,16/1,12	13,72/1,71
Кизляр	313,0 (66,3)	1,29/0,35	1,36/0,44	-5,26/-1,09	2,84/0,88	-0,26/0,14
Махачкала	355,2 (84,2)	7,33/0,39	2,97/1,9	-0,36/-0,34	4,64/0,82	14,76/1,14
Дербент	392,5 (85,4)	6,42/1,79	-2,21/-1,68	2,02/2,0	5,9/-0,41	11,7/-0,23

– серым цветом выделены отрицательные тенденции изменения переменной.

Из всех м/станций степной зоны лишь на двух (Прохладная, Краснодар) наблюдалось устойчивое увеличение сумм зимних осадков и суточных максимумов на 1,93/0,29 мм/10 лет и 0,6/1,28 мм/10 лет соответственно. На остальных м/станциях: Моздок (-0,4/0,09 мм/10 лет), Ростов-на-Дону (-0,43/-0,2 мм/10 лет), Изобильный (-0,7/-0,86 мм/10 лет) наблюдалось устойчивое уменьшение сумм осадков и суточных максимумов. Устойчивое уменьшение весенних сумм осадков и суточных максимумов наблюдалось на м/станции Моздок (-0,08/-0,16 мм/10 лет). На м/станциях Прохладная (2,0/0,69 мм/10 лет), Изобильный (6,98/1,4 мм/10 лет) и Ростове-на-Дону (1,71/0,71 мм/10 лет) имело место устойчивое увеличение весенних сумм осадков. На всех м/станциях наблюдалось уменьшение летних сумм осадков, в Моздоке значительное уменьшение сумм осадков на 9,94 мм/10 лет с незначительным уменьшением интенсивности на 0,63 мм/10 лет, в Краснодаре небольшое уменьшение сумм осадков на 2,1 мм/10 лет сопровождалось заметным снижением интенсивности дождей на 0,4 мм/10 лет. В Прохладной и Изобильном уменьшение сумм осадков на 5,4 мм/10 лет и 1,08 мм/10 лет происходило за счет уменьшения дней с осадками. На всех степных м/станциях происходило устойчивое увеличение осенних сумм осадков и суточных максимумов.

С 1961 по 2018 гг. из всех исследованных м/станций степной зоны лишь в Моздоке наблюдалось уменьшение годовых сумм осадков, которое происходило за счет уменьшения интенсивности суточных максимумов осадков (-6,92/-0,27 мм/10 лет). Увеличение годовых сумм осадков происходило при увеличении суточных максимумов на м/станциях Прохладная (6,8/2,56 мм/10 лет), Ростов-на-Дону (3,65/2,7 мм/10 лет), Изобильный (11,2/2,54 мм/10 лет) и Краснодар (3,25/0,29 мм/10 лет).

Исследования в прикаспийской зоне по данным м/станций Дербент, Кизляр, Махачкала и Изберг показали, что за период 1961-2018 гг. на всех станциях наблюдалось повышение, как зимних сумм осадков, так и суточных максимумов от минимального в Кизляре на 1,29/0,35 мм/10 лет до максимального в Махачкале на 7,33/0,39 мм/10 лет. Уменьшение суммы весенних осадков за счет уменьшения интенсивности суточных максимумов наблюдалось только на м/станции Дербент (-2,21/-1,68 мм/10 лет), на остальных м/станциях Кизляр, Махачкала, Изберг – повышение сумм весенних осадков. На двух м/станциях Кизляр и Махачкала имело место уменьшение летних сумм и суточных максимумов осадков (-5,26/-1,09 мм/10 лет и -0,36/-0,34 мм/10 лет соответственно), на остальных станциях – повышение летних сумм осадков. За период 1961-2018 гг. на всех м/станциях наблюдалось повышение осенних сумм осадков, из которых выделялись Дербент и Изберг. За этот же период на двух прикаспийских м/станциях отмечается повышение суммы годовых осадков и их суточных максимумов в Изберге (13,72/1,71 мм/10 лет) и Махачкале (14,76/1,14 мм/10 лет).

Следствием изменения климата становятся экстремальные явления, которые можно обнаружить по изменениям в распределении рядов и частоте их появления [5]. Климатический экстремум – это достижение метеорологической или климатической переменной значения, которое выше (ниже) некоторого порога, близкого к верхнему (или нижнему) диапазону наблюдаемых значений переменной. При исследовании экстремальности рядов сумм осадков и максимальных суточных строился ранжированный ряд, разбивался на квантили (25%, 50%, 75%) и находилась разница между 75% и 25% квантилями. Значения, превышающие более чем на полторы (три) разницы 75% – 25%-тый квантиль, являются выбросами (экстремумами) [1]. На основе проделанного анализа данных были выявлены экстремальные значения для каждого ряда за весь исследованный период 1961–2018 гг., а также повторяемость экстремальных значений, приходящихся на 1961–1990 гг. (базовый период) и на 1991–2018 гг. (современный период). Из табл. 3 видно, что за весь период с 1961 по 2018 гг. в зимний сезон экстремальные значения (выбросы и экстремумы) для сумм осадков и суточных максимумов наблюдались практически у всех метеостанций и в сумме составили 33 значения. Максимальное количество годовых экстремумов (7) пришлось на м/станции Моздок (экстремумы суточных максимумов превышали 754 мм).

Таблица 3

Экстремальные значения сумм и суточных максимумов осадков на равнинной территории юга России

Метеостанция	Количество экстремумов *сумм осадков / суточных максимумов*				
	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
1.Равнинная зона 1.1. причерноморье					
Сочи	1/2	0/2	1/2	1/2	0/3
1.2. степная зона					
Моздок	0/1	0/3	1/4	3/3	1/7
Прохладная	1/2	2/2	0/3	4/3	0/1
Ростов-на-Дону	1/0	0/0	0/1	1/5	1/1
Изобильный	0/3	0/1	2/3	0/4	0/1
Краснодар	0/2	0/5	2/2	0/5	0/2
1.3. прикаспийская зона					
Изберг	2/3	2/1	1/8	5/9	0/4
Кизляр	0/2	2/1	1/5	4/7	0/4
Махачкала	2/2	0/5	2/3	3/3	2/4
Дербент	2/4	1/4	0/7	1/2	0/2

В зимний сезон экстремальные значения суточных максимумов наблюдались практически на всех метеостанциях, кроме Ростова-на Дону. В сумме экстремальные значения сумм осадков и суточных максимумов на всех м/станциях составили 30 значений.

В весенний сезон максимальное количество экстремальных значений сумм осадков наблюдалось на м/станциях Прохладная, Изберг и Кизляр (по 2 значения выше 268 мм, 117 мм и 158 мм соответственно), по всем остальным станциям были выявлены по 1 экстремальному значению или же их отсутствие. Экстремальные значения максимальных суточных осадков наблюдались на всех исследуемых метеостанциях (кроме Ростова-на-Дону), из них наибольшее количество отмечалось на м/станции Краснодар – 5 экстремальных значения, превышающих 58 мм, м/станции Махачкала – 5 значений, превышающих 38 мм, м/станции Дербент – 4 значения, превышающих 48 мм и м/станции Моздок – 3 значения выше 75 мм. Суммарное количество всех весенних экстремумов за период 1961–2018 гг. составило 31 экстремальное значение.

Общее количество летних экстремумов за исследованный период составило 48. По сумме осадков наблюдалось по 2 экстремальных значения на м/станциях Изобильный (>130 мм), Краснодар (>102 мм) и Махачкала (>148 мм). По всем остальным м/станциям экстремальные значения отсутствовали или же имелось по 1 экстремуму. Самое большое количество экстремальных значений максимальных суточных осадков (8 экстремумов) было зафиксировано на м/станции Изберг (>27 мм), затем Дербент (7>47 мм), Кизляр (5>54 мм), Моздок (4>63 мм) и по 3 экстремальных значения на м/станциях Прохладная, Изобильный и Махачкала.

В осенний сезон суммарное количество экстремумов составило 65 значений, что является наибольшим из всех сезонов. Большое количество экстремальных значений максимальных суточных осадков наблюдалось также на м/станциях Кизляр – 7 экстремальных значений (>40 мм); Ростов-на-Дону и Краснодар по 5 экстремальных значений (>43 мм и >51 мм соответственно) и по 3 экстремальных значения на м/станциях Моздок (>49 мм), Прохладная (>60 мм) и Махачкала (>75 мм).

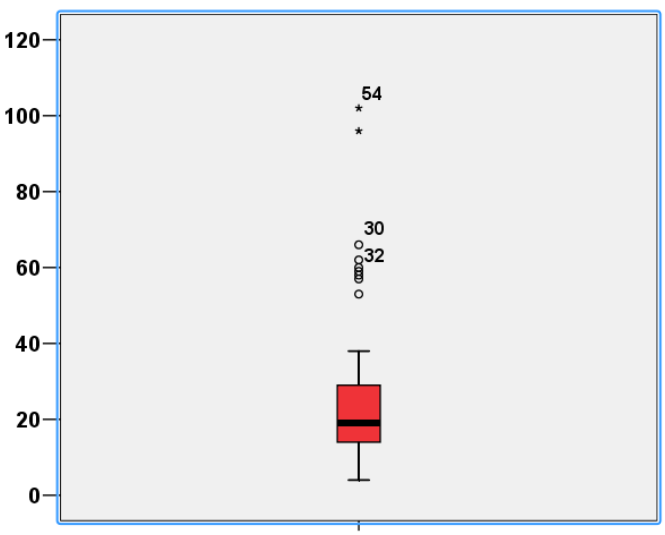


Рис. 2. Коробчатая диаграмма с медианой
и экстремумами осеннего сезона на м/станции Изберг

М/станции Изберг отличается наибольшим количеством экстремальных значений максимальных суточных осадков (9 значений >53 мм), а также сумм осадков (5 значений >215 мм) не только в осенний сезон, но и из всех сезонов. Это значение так же является

наибольшим на всех исследуемых м/станциях (рис. 2). Максимальный экстремум наблюдался в 2014 г. (102 мм), затем в 1967 г. (96 мм), а остальные экстремумы находятся в пределах от 53 мм до 66 мм.

По результатам проведенного исследования сезонного и годового режима осадков равнинной зоны юга европейской части России можно сделать следующие выводы:

– в причерноморской зоне (Сочи) годовые суммы осадков максимальные и составляют в среднем 1635,9 мм в год. Количество зимних осадков преобладает над количеством летних осадков, при этом наблюдается устойчивое уменьшение сумм зимних осадков за счет снижения интенсивности суточных максимумов. В весенний, летний, осенний сезоны и в году происходит увеличение сумм осадков и суточных максимумов. В причерноморской зоне не наблюдается увеличения количества экстремумов по сумме осадков и суточным максимумам.

– в степной зоне разброс годовых сумм осадков небольшой и варьируется от 472,8 мм до 720,7 мм в год, количество летних осадков в основном преобладает над количеством зимних осадков.

– в прикаспийской зоне сезонные и годовые суммы осадков минимальные из всех зон и колеблются от 280,2 мм до 392,5 мм в год. Количество зимних осадков немного превышает количество летних осадков.

По сумме экстремальных значений лидирует осенний сезон со значением 65, затем летний сезон – 48 экстремальных значений и далее идет весенний и зимний сезоны со значениями 31 и 30. Среди всех м/станции на м/станции Изберг отмечено наибольшее количество экстремальных значений сумм осадков и суточных максимумов осадков.

Литература

1. *Бююль А., Цефель П.* SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей. СПб.: ДиаСофтЮП, 2002. 608 с.
2. *Груза Г.В., Ранькова Э.Я.* Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата // Метеорология и гидрология. 2004. №4. С. 50-67.
3. *Крышнякова О.С., Малинин В.Н.* К оценке трендов в колебаниях осадков на европейской территории России // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2010. № 1 С. 64-69.
4. *Кусков А.Н., Катаев С.Г., Волкова М.А.* Формирование поля долговременного тренда осадков на азиатской территории России // Серия: Естественные и точные науки. Вестник ТГПУ. 2006. Вып. 6(57). С. 92-97.
5. МГЭИК. 2012 г.: Резюме для политиков Специального доклада по управлению рисками экстремальных явлений и бедствий для содействия адаптации к изменению климата / Ред. *К.Б.Филд, В.Баррос, Т.Ф.Стокер и др.* // Спец. доклад Рабочих I и II Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Кэмбридж. Нью-Йорк. США. 19 с.

УДК 504.3.054 DOI:10.34708/GSTOU.2021.24.34.075

ДИНАМИКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА КРУПНЫХ ГОРОДОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

© Луганская А.В., Авилов В.С.

ЮФУ, г. Ростов-на-Дону

В статье приведены данные об источниках загрязнения и динамике уровня загрязнённости атмосферного воздуха в крупных городах Ростовской области за 2016-2020 гг. Сделаны выводы о состоянии атмосферного воздуха в крупных городах.

Ключевые слова: *атмосферный воздух, Ростовская область, загрязнение воздуха, индекс загрязнения атмосферы, динамика загрязнений.*

Атмосферный воздух является одним из важнейших компонентов окружающей среды. От его благоприятного состояния зависит здоровье человека, устойчивое социально-экономическое развитие региона, качественное состояние других элементов окружающей среды, особенного растительного и животного мира. В составе атмосферного воздуха присутствует множество компонентов, в том числе и загрязняющих веществ, негативно воздействующих на здания, сооружения, конструкции, и оказывающих негативное влияние на климат и здоровье людей, вызывая аллергические реакции, сердечно-сосудистые, легочные и даже онкологические заболевания. Поэтому, в настоящее время проблема экологического состояния атмосферного воздуха является важной и актуальной.

В настоящее время основными причинами сохранения или увеличения уровня загрязнения атмосферного воздуха являются быстрый темп роста числа автотранспортных средств, интенсивное строительство, развитие промышленного производства и снижение площади озелененных территорий населенных пунктов.

Ростовская область находится на границе Восточно-Европейской равнины и Предкавказья. Площадь Ростовской области – 100,8 тыс. км^2, что составляет 0,6% всей территории нашей страны [3]. Наиболее развитыми областями промышленности в Ростовской области являются угольная (представлено ОАО «Донуголь», специализирующееся на строительстве подземных шахтовых сооружений, угледобыче и последующей переработке, ООО «Южная угольная компания» – шахта «Садкинская» и др.), металлургическая (АО «Таганрогский металлургический завод»), машиностроение и металлообработка (НЭВЗ – Новочеркасский электровозостроительный завод), но наиболее развито сельское хозяйство. Область является лидером в стране по поставкам сельскохозяйственной продукции.

Анализ компонентного состава атмосферного воздуха показывает, что основными вредными примесями, концентрации которых обуславливают повышенный уровень загрязнения в населенных пунктах Ростовской области, являются формальдегид, азота оксиды, углерода оксид, взвешенные вещества, бенз(а)пирен и углеводороды [2].

Основными источниками поступления вредных примесей в атмосферу являются автомобильный транспорт (оксиды азота, оксид углерода, взвешенные вещества), предприятия топливно-энергетического и машиностроительного комплексов (бенз(а)пирен, диоксид серы, сероводород, фторид водорода), предприятия строительной индустрии (взвешенные вещества) [1].

По состоянию на 2020 г. 68,2% от общей численности населения Ростовской области проживают в городах. В число наиболее крупных городов Ростовской области входят: г. Ростов-на-Дону, г. Волгодонск, г. Таганрог, г. Шахты и г. Новочеркасск [4]. На территории городов на протяжении многих лет проводится мониторинг и контроль качества атмосферного воздуха. Осуществляется мониторинг Федеральным

государственным бюджетным учреждением «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [6].

По результатам мониторинга состояния атмосферного воздуха проводится оценка качества атмосферного воздуха по индексу загрязнения атмосферы (ИЗА). Этот показатель используется для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха по нескольким приоритетным загрязняющим веществам. Он рассчитывается как сумма средних концентраций в единицах ПДК с учетом класса опасности соответствующего загрязняющего вещества. Применяется следующая градация уровня загрязнения атмосферы: $ИЗА_5$ <4 – низкий; $ИЗА_5$ = 5-6 – повышенный; $ИЗА_5$ = 7-13 – высокий; $ИЗА_5$ >14 – очень высокий [5].

Рассмотрим динамику уровня загрязненности атмосферного воздуха по ИЗА на примере пяти крупных городов Ростовской области.

г. Ростов-на-Дону

Основным источником загрязнения атмосферного воздуха в административном центре Ростовской области является автомобильный транспорт. В г. Ростове-на-Дону на 2020 год насчитывается более 320 тысяч легковых автомобилей. Главными предприятиями-загрязнителями являются ОАО «Десятый подшипниковый завод», ЗАО «Эмпилс», ПАО «Роствертол», ООО «Ростсельмаш», Ростовская ТЭЦ-2.

В период с 2016 по 2020 гг. значение $ИЗА_5$ в г. Ростов-на-Дону колеблется в диапазоне от 7 до 9. Следовательно, на протяжении всего рассматриваемого периода загрязнение воздуха характеризовалось как «высокое» (рис. 1). Высокий уровень загрязнения определяется высокими концентрациями фторида водорода, взвешенных веществ (пыли), формальдегида, диоксида азота и аммиака [6].

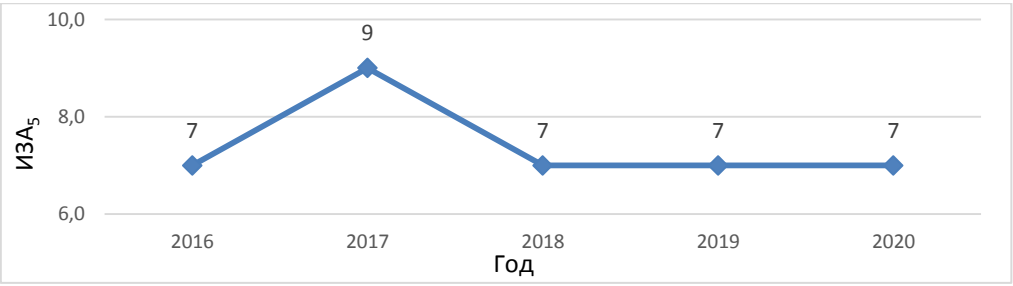


Рис. 1. Динамика изменения значения $ИЗА_5$ в г. Ростов-на-Дону

г. Волгодонск

Основными источниками поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух г. Волгодонск являются такие предприятия как: ЗАО «Энергомаш – Атоммаш», Волгодонский химический завод «Кристалл», ОАО «Волгодонский завод металлургического и энергетического оборудования», ЗАО «ЗТО «Оникс», ООО «Завод энергетического машиностроения «ЗИОСАБ-ДОН» и другие.

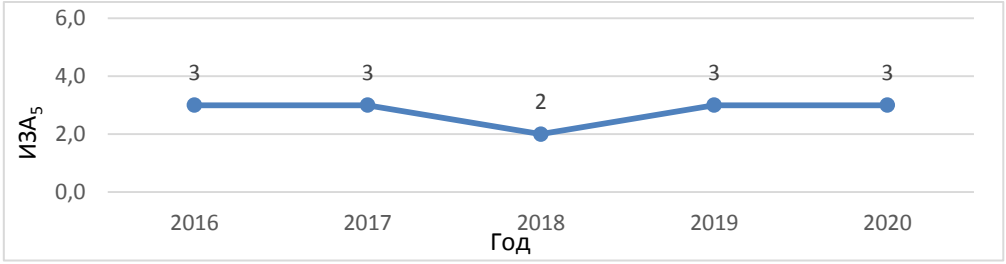


Рис. 2. Динамика изменения значения $ИЗА_5$ в г. Волгодонск

Значение $ИЗА_5$ в г. Волгодонск в период с 2016 по 2020 гг. колебалось от 2 до 3 (рис. 2), то есть уровень загрязнения атмосферного воздуха характеризуется как «низкий» и определяется невысоким содержанием таких соединений, как формальдегид, взвешенные вещества, оксид углерода, диоксид серы и диоксид азота [6].

г. Таганрог

На сегодняшний день г. Таганрог является важным промышленным центром на юге России. Основными предприятиями, вносящими вклад в загрязнение атмосферного воздуха города, являются предприятия черной металлургии и машиностроения: ОАО «Тагмет», ОАО «ТКЗ «Красный котельщик», ОАО «23-й металлообрабатывающий завод», Таганрогский завод «Прессмаш», ООО «Таганрогский автомобильный завод» и другие.

В период с 2016 по 2020 гг. значение $ИЗА_5$ в г. Таганрог колеблется в диапазоне от 3 до 6 (рис. 3). В период 2016-2017 гг. значение ИЗА равнялось 6 и соответствовало «повышенному» уровню загрязнения. В 2018-2019 гг. ИЗА снизился до 3 (то есть качество атмосферного воздуха улучшилось) и уровень загрязнения соответствовал «низкому». В 2020 г. произошло ухудшение качества атмосферного воздуха: значение $ИЗА_5$ повысилось до 5 - до «повышенного» уровня загрязнения. В целом загрязнения воздушной среды в г. Таганроге определяется повышенными концентрациями хлорида водорода, оксида углерода, диоксида азота, оксида азота и диоксида серы [6].

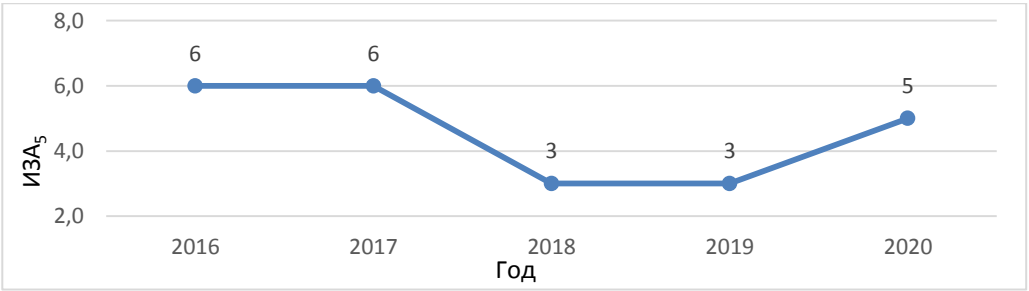


Рис. 3. Динамика изменения значения $ИЗА_5$ в г. Таганрог

г. Шахты

В промышленности г. Шахты преобладает машиностроение и производство строительных материалов. Наибольший вклад в загрязнение воздушной среды вносят ОАО «Шахтинский завод Гидропривод», ЗАО «Шахтинский авиационно-ремонтный завод», ОАО «Донской уголь», ООО «Ростовский электрометаллургический завод», ОАО «Стройфарфор» и Шахтинская ТЭЦ.

В период с 2015 по 2019 г. значение ИЗА в г. Шахты колеблется в диапазоне от 4 до 6 (рис. 4). В 2016 г. $ИЗА_5$ равнялся 4 и соответствовал «низкому» уровню загрязнения атмосферного воздуха. Далее наблюдается возрастающий тренд на значения $ИЗА_5$ до 5-6 и повышение уровня загрязнения атмосферы до «повышенного». Такой уровень загрязнения определяется повышенными концентрациями взвешенных веществ (пыли), диоксида азота, оксида углерода, оксида азота и бенз(а)пирена [6].

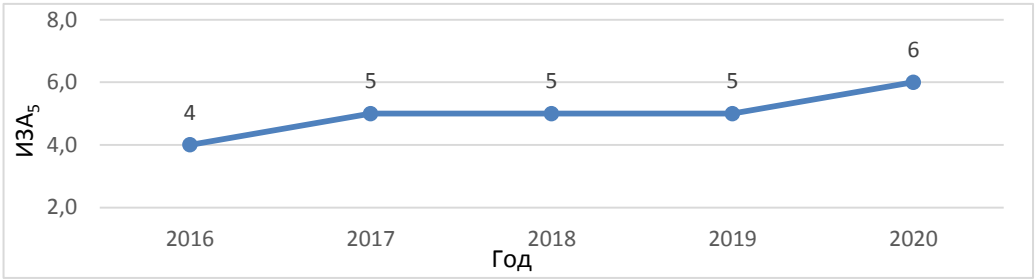


Рис. 4. Динамика изменения значения $ИЗА_5$ в г. Шахты

г. Новочеркасск

Город Новочеркасск является самым «грязным» городом Ростовской области. Основным источником выбросов является Новочеркасская ГРЭС – одна их крупнейших на юге России электростанций. Значительное влияние на состояние воздушной среды также оказывают ООО «ПК Новочеркасский электровозостроительный завод», ОАО «ЭПМ – Новочеркасский электродный завод», ОАО «Завод авиационного технологического оборудования 31», автотранспорт.

За последние 5 лет показатель $ИЗА_5$ в г. Новочеркасск колеблется от 7 до 12 (рис. 5), при этом уровень загрязнения воздуха характеризуется как «высокий». Наибольшие значения $ИЗА_5$ отмечаются в 2016 и 2018 гг. Высокий уровень загрязнения определяется повышенными концентрациями: взвешенных веществ (пыли), оксида углерода, диоксида азота, формальдегида и оксида азота [6].

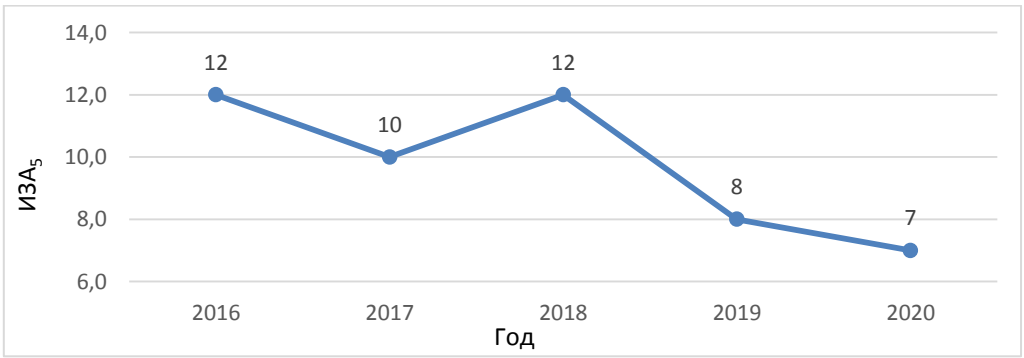


Рис. 5. Динамика изменения значения $ИЗА_5$ в г. Новочеркасск

Выводы

По результатам мониторинга состояния и загрязнения атмосферного воздуха в 2020 г. в крупных городах Ростовской области уровень загрязнения воздуха по $ИЗА_5$ варьировал от «низкого» в г. Волгодонск, до «повышенного» в гг. Шахты и Таганрог и «высокого» в гг. Ростов-на-Дону и Новочеркасск.

За последние несколько лет наблюдений отмечается стабильный уровень загрязнения атмосферного воздуха в гг. Ростов-на-Дону и Волгодонск. В других крупных городах, напротив, отмечаются разнонаправленные тенденции изменения уровня загрязнения воздуха: рост загрязненности фиксируется в пределах г. Шахты и снижение уровня загрязнения – в гг. Таганрог и Новочеркасск.

Проблема загрязнения атмосферного воздуха в пределах урбанизированных территорий на сегодняшний день является особенно актуальной. В крупных городах необходимо контролировать количество выбросов, как от стационарных, так и от

передвижных источников. Повышение уровня загрязнения воздуха может происходить из-за недостаточной очистки атмосферных выбросов предприятий промышленного и энергетического комплекса и высокой транспортной нагрузки.

Научный руководитель: к.г.н. Решетняк Ольга Сергеевна

Исследование проведено в рамках Студенческого научного общества «Современные проблемы экологической геохимии» на базе Института наук о Земле ЮФУ.

Литература

1. *Ганичева Л.З.* Анализ состояния атмосферного воздуха в промышленных городах Ростовской области // ИВД. 2013. № 2 (25). 126 с.
2. *Гуляев М.В., Арам-Балык К.В.* Анализ загрязнения атмосферного воздуха Ростовской области // Глобальная ядерная безопасность. 2015. №1 (14). С. 27-31.
3. *Нагорный Б.А.* География Ростовской области. Ростов н/Д. 1985. 96 с.
4. Официальный портал правительства Ростовской области. URL: https://www.donland.ru/ (дата обращения: 04.04.2021)
5. РД 52.04.667-2005: Документы о состоянии загрязнения атмосферы в городах для информирования государственных органов, общественности и населения. Общие требования к разработке, построению, изложению и содержанию.
6. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2020 году» / Под общ. ред. *Фишкина М.В.* 2021. 376 с.

УДК 551.58:511 DOI:10.34708/GSTOU.2021.70.34.083

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИСТИК ЭКСТРЕМУМОВ ТЕМПЕРАТУР МЕТОДОМ БУТСТРЕПА

© Ташилова А.А.

Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик

Исследование региональных изменений климата является важнейшей составляющей понимания современного изменения климата. Наборы данных экстремальных значений не следуют нормальному закону распределения, и как следствие, несколько экстремумов изменяют среднее значение существенным образом. В данной работе для исследования распределения и средних характеристик количества экстремальных значений температуры на юге европейской части России (ЕЧР) был использован метод бутстрепа, который на основании генерируемых случайным образом выборок (1000 случаев) позволил получить среднее число экстремумов и более точные доверительные интервалы, что не дает классическая статистика, исходя из нормального распределения. Методом бутстрепа были получены уточненные статистики экстремумов температур на всей территории юга ЕЧР в современный период: среднее количество «горячих» экстремумов (hot extremes, nHExtr) выросло почти в три раза, при этом количество «холодных» экстремумов (cold extremes, nCExtr) в современный период уменьшилось почти в два раза.

Ключевые слова: *метод бутстрепа, нормальное распределение, «горячие» экстремумы температуры nHExtr, «холодные» экстремумы температуры nCExtr, изменение климата.*

Введение

Следствием изменения климата становятся экстремальные явления, которые можно обнаружить по изменениям в распределении рядов и частоте их появления. Начиная со второй половины 20-го столетия, количество плюсовых температурных рекордов постоянно растет, в то время как количество рекордно низких температур, наоборот, сокращается. Наиболее важным изменением климатической системы является появление новой категории чрезвычайно жарких летних аномалий со средней температурой и тремя стандартными отклонениями, превышающими межгодовую изменчивость. Эти экстремальные температуры практически отсутствовали в период до 90-х годов 20-го столетия, охватывая лишь несколько десятых процента от площади суши, но в последние годы 21-го столетия они составляют около 10% общей площади суши [6,7].

Как отмечено в работах [2, 4] специальный интерес к изменениям статистики экстремальных значений климатических переменных вызван несколькими причинами. С одной стороны, эти изменения можно считать естественными в условиях общего изменения климата («глобальное потепление»). С другой стороны, поскольку для температуры потепление означает сдвиг функции распределения температуры в область более высоких значений: в том числе и «экстремальных», то есть значительно увеличиваются квантили распределения, соответствующих близким к 0 или к 1 вероятностям.

Климатический экстремум – это достижение метеорологической или климатической переменной значения, которое выше (ниже) некоторого порога, близкого к верхнему (или нижнему) диапазону наблюдаемых значений переменной [3]. Для каждого временного ряда имеются аномальные элементы (экстремумы, выбросы), рассчитанные для данного ряда и превосходящие (выше или ниже) некоторые пороговые значения ряда, не обязательно приводящие к катастрофическим природным явлениям. Для исследования экстремальности рядов температур в настоящей работе использовался квантильный метод, для чего строился ранжированный ряд, разбивался на квантили

(25%, 50%, 75%) и находилась разница между 75% и 25% квантилями. Значения, превышающие более чем на полторы разницы между 75%-м и 25%-тым квантилями, являются выбросами, а превышающие более чем на три разницы между 75%-м и 25%-тым квантилями являются экстремумами [1]. В дальнейшем для краткости значения температуры, превышающие верхний порог назовем «горячими» экстремумами, их количество обозначим nHExtr (hotextremes), а значения ниже нижнего порога – «холодными» экстремумами, соответственно nCExtr (coldextremes) – количество «холодных» сезонных и годовых экстремумов, то есть число дней со значениями температур (выбросы, экстремумы) ниже рассчитанного порогового значения для данного ряда.

Целью работы является анализ динамики количества годовых и сезонных экстремумов приземной температуры с 1961 по 2018 гг. на юге ЕЧР, динамика распределения их средних величин в базовый (1961-1990 гг.) и современный (1991-2018 гг.) периоды. Оценка статистической значимости трендов рядов горячих и холодных экстремумов была проведена на основе метода бутстрепа (робастный метод «размножения выборок») [5].

Результаты исследования динамики количества «горячих» и «холодных» экстремумов на юге ЕТР

Ограниченность информации об экстремальных значениях, необходимой для статистической обработки, создает определенные трудности при работе с рядами экстремумов и при интерпретации вычисленных статистик, поскольку в основе любых таких интерпретации лежит закон больших чисел.

Известно, что такие наборы данных не следуют нормальному закону распределения, несколько резко выделяющихся значений, далеко отстоящих от основной массы наблюдений, могут изменить среднее значение существенным образом. Резко выделяющееся наблюдение нарушает условие независимости дисперсии остатков и их нормального распределения. Методы построения оценок статистик, которые малочувствительны к нарушениям исходных предпосылок (вид распределения, наличие помех), называют робастными.

Робастные методы (бутстреп- метод) устойчивы к ненормальности в хвостах распределений. Главная особенность бутстреп- метода состоит в том, что при его применении не нужна информация о виде закона распределения изучаемой случайной величины, поэтому этот метод может рассматриваться как непараметрический. Цель анализа данных – получить максимально точные выборочные оценки, такие как среднее, медиана, стандартное отклонение и т.д., и распространить результаты на всю генеральную выборку. Метод бутстрепа позволяет строить доверительный интервал для выборочного среднего следующим образом: при наличии n результатов измерений случайной величины X (экспериментальная выборка $x_э$) можно создать вспомогательную выборку бутстрепа $x_б$, где каждый элемент случайным образом выбирается из экспериментальной выборки. Выборка бутстрепа имеет тот же объем и состоит из тех же экспериментальных элементов. Таким образом, метод бутстрепа на основании генерируемых случайным образом выборок позволяет получить среднее число экстремумов и более точные доверительные интервалы, что не дает классическая статистика, исходя из нормального распределения.

В статистической программе IBM SPSS (модуль Bootsrapping) количество таких выборок генерируется n=1000 [7]. Метод бутстрепа является компьютеризованным методом Монте-Карло.

Ряды с nHExtr и nCExtr были сформированы суммированием количества всех экстремальных значений температуры, выявленных в рядах средних, максимальных и минимальных температур во всех климатических зонах юга России в период 1961 - 2018 гг.

Из рисунка 1 видно, что в 1961-2018 гг. имел место рост количества «горячих» экстремумов температур на юге европейской территории России, значительно усилившийся с 2005 года.

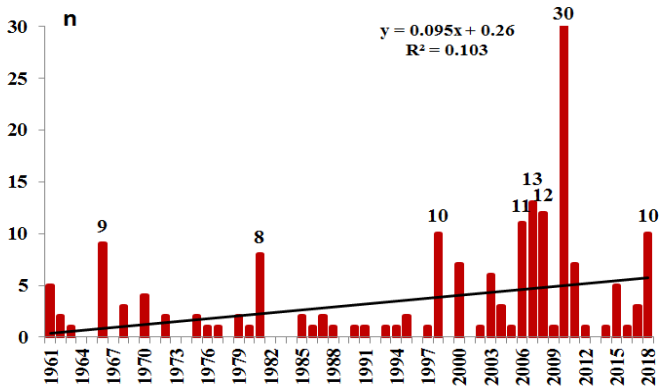


Рис. 1. Гистограмма динамики nHExtr с трендами в 1961-2018 гг.
(метками отмечены годы с nHExtr, превышающими пороговое значение $n \geq 8$)

На всех исследуемых м/станциях юга России в 1966 г. (год, входящий в базовый период 1961-1990 гг.) было выявлено 8 экстремально высоких сезонных температур. В период глобального потепления с начала 80-х гг. 20-го столетия количество «горячих» экстремумов значительно увеличилось: в 1981г. – 8 экстремально высоких температур, в 1997 г. – 10, в 2006г. – 11, в 2007 г. – 13, в 2008 г. – 12, и в 2010 г. – 30 экстремально высоких, в 2018 г. – 10 экстремально высоких температур.

Аналогично был сформирован ряд с количеством «холодных» экстремумов **(**nCExtr**)** для всех м/станций в период с 1961 по 2018 г.

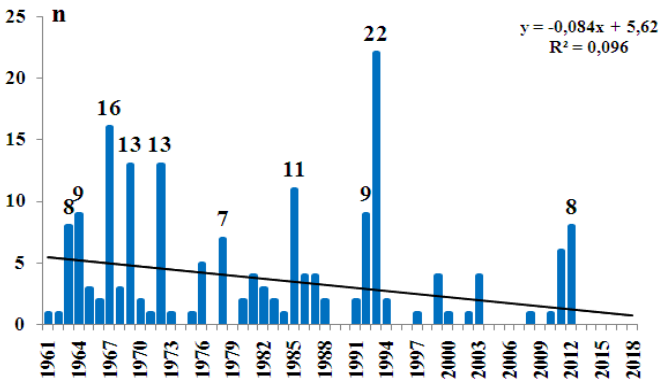


Рис. 2. Гистограмма динамики nCExtr с трендами в 1961-2018 гг.
(отмечены годы с количеством холодных экстремумов $n \geq 7$)

Несмотря на то, что с середины 60-х годов и до середины 70-х годов 20-го столетия наблюдалось значительное количество «холодных» экстремумов, два всплеска nCExtr имело место: в 1986 г. (11) и в 1993 г. с максимальным количеством «холодных» экстремумов температур (22) за весь исследованный период, резко сократившееся в последующие 20 лет.

Используя метод бутстрепа (модуль IBM SPSS Bootsrapping), можно оценить распределения статистик (средние, их стандартные ошибки и доверительные интервалы) не теоретически, а экспериментально, путем быстрого извлечения и анализа множества подвыборок из имеющейся выборки. Проведем сравнение рядов nHExtr и nCExtr с нормальным распределением и распределением Пуассона (закон распределения редких

событий), используя критерий Колмогорова-Смирнова (КС). Из таблиц 1 и 2 видно, что при 95%-ном доверительном уровне значимость *Sig.*<0,05, следовательно, исследуемые ряды не подчиняются ни нормальному распределению, ни распределению Пуассона.

Таблица 1

Одновыборочный критерий КС для определения нормального распределения

N=58		nHExtr	nCExtr
Нормальные параметры[a,b]	Среднее	3,05	3,12
	Стд. отклонение	4,98	4,55
Статистика Z Колмогорова-Смирнова		2,21	1,92
Асимпт. значимость (двухсторонняя) *Sig.**		0,00	0,001

a. Сравнение с нормальным распределением.

*b. Оценивается по данным Sig.*при 95%-ном доверительном уровне*

Таблица 2

Одновыборочный критерий КС для определения распределения Пуассона

N=58		nHExtr	nCExtr
Параметр Пуассона[a,b]	Среднее	3,05	3,12
	Стд. отклонение	4,98	4,55
Статистика Z Колмогорова-Смирнова		3,01	2,69
Асимпт. значимость (двухсторонняя) *Sig.**		0,00	0,00

a. Сравнение с распределением Пуассона;

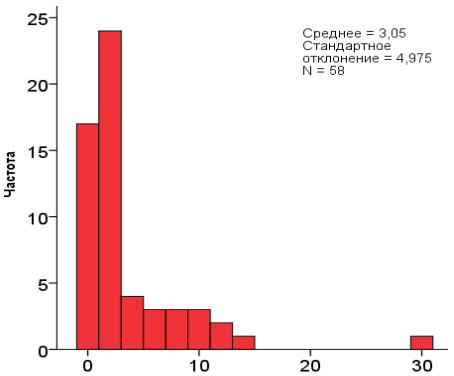
*b. Оценивается по данным Sig.*при 95%-ном доверительном уровне*

На рисунке 3 а, б представлены гистограммы распределения по частоте количества «горячих» и «холодных» экстремумов температур, а также бокс- графики с медианами, количеством выбросов и экстремумов выше верхнего порогового значения (рис.3 в, г).

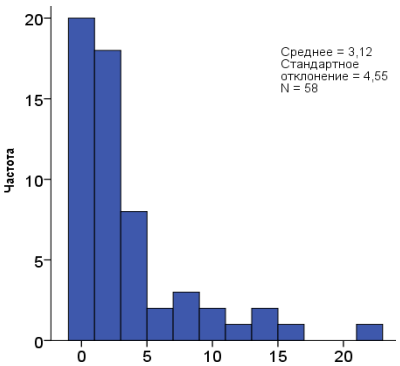
Высокие значения коэффициентов асимметрии и эксцесса для nHExtr (*As*=3,3; *E*=14,5) и для nCExtr (*As*=2,2; *E*=5,2) подтверждают результаты теста Колмогорова-Смирнова: распределение имеет значительную правостороннюю асимметрию, следовательно, происходит непропорциональное увеличение экстремально высоких выбросов температур, не подчиняющееся Гауссову распределению и распределению Пуассона. Стандартный бокс-график предполагает отсутствие нормальности по данным, большое количество выбросов и экстремумы рядов подтверждают это (рис. 3 в, г).

На данном этапе не ясно, какой закон управляет распределением исходных данных (количества экстремумов). Метод бутстрепа позволяет определить следствия закона в распределении функции исходных данных, как их среднее и доверительный интервал. Используя метод бутстрепа, было определено среднее количество «горячих» и «холодных» экстремумов, доверительный интервал для nHExtr и nCExtr в базовый (1961-1990гг.) и современный (1991-2018 гг.) периоды, сделана оценка перераспределений соотношений nHExtr и nCExtr в базовый и современный периоды. Статистики количества nHExtr и nCExtr, рассчитанные методом бутстрепа, представлены в таблицах 3 и 4.

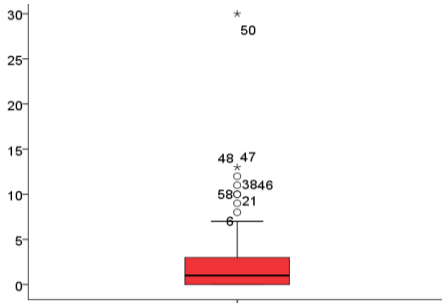
Из таблицы 3 видно, что осредненное количество nHExtr за базовый период исследования составило *n*=1,6, то есть на каждый год приходилось 1 или 2 «горячих» экстремума. При 95%-ном доверительном уровне количество nHExtr попадает в интервал от 0,9 до 2,4.



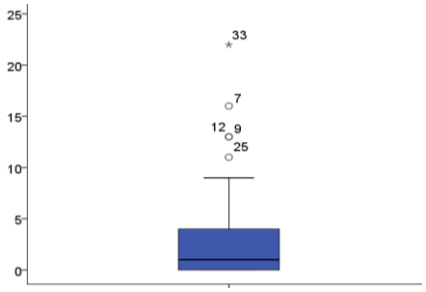
а) nHExtr



б) nCExtr



в) nHExtr



г) nCExtr

Рис. 3. Статистика количества экстремальных температур:

а), б) гистограммы частот распределения рядов nHExtr и nCExtr; в), г) стандартные бокс-графики с выбросами (кружки) и экстремумами (звездочки) рядов nHExtr и nCExtr

Таблица 3

Описательные статистики nHExtr и nCExtr в 1961-1990 гг.

		Статистика	Стд. ошибка	Бутстреп[a]			
				Смещение	Стд. ошибка	Довер. интер. 95%	
						нижняя	верхняя
1961-1990 гг. **(базовый период)**							
nHExtr	N, кол-во лет	30		0	0	30	30
	Размах	**9**					
	Минимум	0					
	Максимум	9					
	Среднее	**1,6**	0,414	**0**	0,40	**0,9**	**2,4**
	Стд. отклонение	2,3		-0,101	0,509	1,099	3,070
	Дисперсия	5,14		-0,189	2,168	1,207	9,426
	Асимметрия	2,13	0,427	-0,167	0,556	0,959	3,171
	Эксцесс	4,55	0,833	-0,332	3,273	-0,152	12,693
nCExtr	N, кол-во лет	30		0	0	30	30
	Размах	**16**					
	Минимум	0					
	Максимум	16					
	Среднее	**4,0**	0,804	-0,02	0,78	**2,5**	**5,5**
	Стд. отклонение	4,41		-0,132	0,688	2,793	5,505
	Дисперсия	19,41		-0,676	5,788	7,800	30,308
	Асимметрия	1,41	0,427	0,002	0,451	0,677	2,416
	Эксцесс	1,10	0,833	0,290	2,008	-1,023	6,657

a. Если не указано иное, результаты бутстрепа основываются на 1000 образцов бутстрепа

Количество «холодных» экстремумов в этот же период более, чем в три раза превышал количество «горячих» экстремумов (*n*=1,6) и составил *n*=4. Доверительный интервал при 95%-ном уровне охватывает бо́льший диапазон количества «холодных» экстремумов: от *n*=2,5 до *n*=5,5. Размах между максимальным и минимальным количеством экстремумов больше у nCExtr (*n*=16) по сравнению с nHExtr (*n*=9).

Таблица 4

Описательные статистики nHExtr и nCExtr в 1991-2018 гг.

		Статистика	Стд. ошибка	Бутстреп[a]			
				Смещение	Стд. ошибка	Довер.интер. 95%	
						Нижняя	Верхняя
1991-2018 гг. **(современный период)**							
nHExtr	N, кол-во лет	28		0	0	28	28
	Размах	**30**					
	Минимум	0					
	Максимум	30					
	Среднее	**4,6**	1,2	**-0,04**	1,23	**2,5**	**7,3**
	Стд. отклонение	6,47		-0,41	1,78	3,22	9,37
	Дисперсия	41,88		-1,92	22,45	10,37	87,7
	Асимметрия	2,50	0,44	-0,57	0,8	0,5	3,5
	Эксцесс	8,0	0,86	-3,55	4,4	-1,4	14,2
nCExtr	N, кол-во лет	28		0	0	28	28
	Размах	**22**					
	Минимум	0					
	Максимум	22					
	Среднее	**2,2**	0,87	**0,013**	0,84	**1,0**	**4,1**
	Стд. отклонение	4,6		-0,037	1,59	1,78	6,9
	Дисперсия	21,2		-0,78	13,8	2,85	47,87
	Асимметрия	3,3	0,4	-0,7	0,8	1,18	4,36
	Эксцесс	12,8	0,86	-5,12	5,51	-0,04	20,64

a. *Если не указано иное, результаты бутстрепа основываются на 1000 образцов бутстрепа*

Из таблицы 4 видно, что в современный период (1991-2018 гг.) соотношение количества «горячих» (nHExtr) и «холодных» (nCExtr) экстремумов поменялось на противоположные тенденции: рост nHExtr и уменьшение nCExtr. В этот же период среднее количество nHExtr выросло почти в три раза с *n*=1,6 до *n*=4,6.

На каждый современный год приходится по 4 или 5 «горячих» экстремумов по сравнению с 1-2 экстремумами в базовый период. При 95%-ном доверительном интервале количество «горячих» экстремумов входило в интервал от *n*=2,5 до *n*=7,3. Количество «холодных» экстремумов в современный период уменьшилось почти в два раза с *n*=4 до *n*=2,2 и входит в интервал от *n*=1 до *n*=4,1. Размах между максимальным и минимальным количеством экстремумов в современный период превышал в случае с nCExtr (*n*=30) по сравнению с nCExtr (*n*=22).

Выводы

Анализ динамики рядов экстремумов температур на всей территории юга европейской части России выявил нелинейный характер роста nHExtr и нелинейную тенденцию уменьшения nCExtr. Если до середины 90-х гг. прошлого века увеличение и снижение количества «горячих» и «холодных» экстремумов происходило синхронно, то со второй половины 90-х годов наблюдалось значительное снижение количества nCExtr, а в некоторые периоды (2006-2009 гг., 2013-2018 гг.) – их полное отсутствие. Методом бутстрепа были получены уточненные статистики экстремумов на всей территории юга

ЕТР: в современный период среднее количество nHExtr выросло почти в три раза, при этом количество nCExtr в современный период уменьшилось почти в два раза.

Литература

1. Пространственно-временное изменение климата юга европейской территории России, оценка его последствий, методы и модели адаптации АПК / *Ашабоков Б.А., Федченко Л.М., Ташилова А.А., Кешева Л.А., Теунова Н.В. //* Монография. Нальчик: ООО «Печатный двор», 2020. 476 с.
2. *Бардин М.Ю., Платова Т.В.* Изменения порогов экстремальных значений температур и осадков на территории России в период глобального потепления / В сб. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Серия Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Москва. 2013. Том 25. С. 71-93.
3. Глоссарий терминов // МГЭИК, 2001 г.: Специальный доклад Рабочей группы III МГЭИК / под редакцией *Б. Метца, О.Р. Дэвидсона*, и др. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. NY, USA. 466 с.
4. Climate Change. 2001, 2007; WCE, 1999. Рабочая группа по экстремумам CLIVAR: http://cccma.seos.uvic.ca.ETCCMDI
5. Efron B. The Jackknife, the Bootstrap and other Resampling Plans. vol. 83. CMBE-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics:New York SIAM; 1982.
6. Hansen J., Ruedy R., Sato M., Lo K. Global surface temperature change / Reviews of Geophysics. 2010. V. 48. RG4004. DOI:10.1029/2010RG000345.
7. James Hansen, Makiko Sato, and Reto Ruedy Perception of climate change / PNAS, 2012. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1205276109.

УДК 551.583; 551.57 DOI:10.34708/GSTOU.2021.89.90.087

ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ (АБХАЗИЯ) ПРОЯВЛЕНИЯ ПАРНИКОВОГО ЭФФЕКТА В АТМОСФЕРЕ И НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

© [1,2]Экба Я.А., [1,2]Ахсалба А.К., [2]Хинтуба Л.В.

[1]Институт экологии Академии наук Абхазии, г. Сухум, Абхазия
[2] Абхазский государственный университет, г. Сухум, Абхазия

В статье проведён критический анализ существующих на сегодняшний день представлений о причинах формирования современного глобального потепления и его последствиях для экосистем Земли. Показано, что баланс концентрации углекислого газа в атмосфере с высокой точностью поддерживается мировым океаном, а антропогенная составляющая этого баланса не существенна. Природный уровень углекислого газа (CO_2) составляет только 0.04% от общей атмосферы Земли. Это не самый важный и не единственный парниковый газ. Основным фактором атмосферы, ответственным за парниковый эффект, является водяной пар, объемы которого составляют до 95% всех парниковых газов. Его эффективность превышает в несколько раз вклад всех остальных парниковых газов. Экспериментально доказана высокая корреляционная связь среднегодовой температуры приземного слоя воздуха и среднегодовых значений абсолютной влажности. В настоящее время не существует никаких убедительных научных доказательств того, что антропогенный выброс углекислого газа, может вызвать в обозримом будущем катастрофическое прогревание Земли.

Ключевые слова: *потепление климата, экосистемы Земли, концентрация углекислого газа, водяной пар, абсолютная влажность, среднегодовая температура, приземный слой воздуха.*

Признаки глобального потепления климата

Глобальное изменение климата стало одной из главных научных проблем человечества. Выдающиеся ученые мира - лауреаты Нобелевской премии в 1990г. обратились к мировому сообществу с призывом ограничить выбросы в атмосферу парниковых газов, так как, по их мнению, глобальное потепление, обусловленное этими выбросами, представляет собой самую серьезную экологическую проблему человечества, так как усиление парникового эффекта к 2100 г. вызовет потепление климата на 1,5-5,8 °C.

В конце 90-х гг. категоричность мнения о глобальном потеплении ослабла, широкое распространение получила, прежде всего, среди ученых, точка зрения о недоказанности антропогенного происхождения глобального потепления и его реальности. Хорошо прослежены все классические ледниковые периоды, периоды потепления, и соответствующее им количество углекислого газа в атмосфере. И вот оказалось, что углекислый газ не предшествует потеплению, а идет после потепления, что вполне объяснимо: 90% углекислого газа растворено в Мировом океане и процесс изъятия углекислого газа из воды бесконечен. Если вы нагреете океан хоть на полградуса, то он сразу выбрасывает массу углекислого газа в воздух, что и зарегистрировано в ледяных кернах Антарктиды. Наоборот, при похолодании количество углекислого газа в атмосфере падает. Однако эти процессы слабо связаны с человеческой деятельностью [8].

Поступление и ассимиляция углекислого газа сбалансированы. Общая эмиссия углекислого газа в атмосферу составляет 750 млрд тонн в год. При дыхании животных выделяется приблизительно 3 млрд тонн. Примерно столько же углекислого газа выделяется в результате деятельности людей.

Средняя температура приземного слоя воздуха с 1900 г. увеличилась примерно на 0,8 °C (1,4 °F), причём в основном рост температуры происходил в период с середины 70-х годов XX века вплоть до нынешнего времени. Региональная (территория Абхазии)

среднегодовая температура, достигнув максимума (18,4°С) в 2010 году, стабилизировалась в настоящее время на уровне (16,1°С), что на 1,6°С превышает средние многолетние значения (14,5°С).

Потепление климата привело к усилению контраста метеоявлений: т.е. увеличиваются периоды засухи в летнее время и период избыточных осадков осенью, что отрицательно влияет на интенсивность вегетации фитоценозов весной, созревание и уборку урожаев осенью. Отмечается сезонное перераспределение осадков. Сокращаются зимние и весенние осадки, что приводит к дефициту стока рек и ограничению работы гидроэлектростанций.

О влиянии природного и антропогенного CO_2 на потепление климата

Углекислый газ (CO_2) один из основных парниковых газов, играющих важную роль в энергетическом балансе Земли. Прямые измерения уровня CO_2 в атмосфере и в пузырьках воздуха, захваченных льдами, говорят о том, что с 1800 по 2019 год его содержания в атмосфере увеличилось примерно на 40%.

Исследователи пришли к таким выводам, изучая керны льда в Антарктике, которые добывали с помощью бурения на российской научной станции "Восток".

При исследовании кернов обнаружилось, что на протяжении нескольких сотен тысяч лет климат менялся от похолодания к потеплению и обратно, и с каждым изменением климата менялась концентрация CO_2, однако, это происходило без участия людей. Второй факт, который доказывает, что деятельность людей никак не может влиять на климат - это миллионы лет истории климата на нашей планете. [1, 4, 8]

Климатические изменения представляют собой сложное наложение из чередующихся циклов тепла и холода разной амплитуды, а также и длительности. Кроме астрономических факторов, на климат влияют мощные извержения вулканов, поступление в океан огромных масс холодной воды при таянии гигантских айсбергов и многое другое.

Существующие оценки потенциально опасных или катастрофических изменений в окружающей среде вследствие роста содержания атмосферного CO_2 и других парниковых газов нельзя считать научно обоснованными и количественно определенными.

К настоящему времени хорошо прослежены все классические ледниковые периоды, периоды потепления, и соответствующее им количество углекислого газа в атмосфере.

И вот оказалось, что углекислый газ не предшествует потеплению, а идет после потепления, что вполне объяснимо: 90% углекислого газа растворено в Мировом океане и процесс изъятия углекислого газа из воды бесконечен. Практически весь мобильный углекислый газ находится в Мировом океане. Его там в 170 раз больше, чем в атмосфере и в 41000 (сорок одну тысячу) раз больше, чем получилось бы, если сжечь всю нефть, добытую человечеством за один год.

При глобальном повышении температуры планеты самым грозным результатом будет не таяние полярных льдов, как многие думают, а выход из Мирового океана новых порций углекислого газа в количествах, которые человечество никогда не производило и, видимо, никогда уже не произведёт.

По данным же многих учёных из 33,2 °С повышения температуры в приземном слое атмосферы, которые даёт «парниковый эффект», только 7,2 °С обусловлено действием углекислого газа, а 26 °С - парами воды.

Природный уровень углекислого газа (CO_2) составляет только 0.04% от общей атмосферы Земли. Это не самый важный и тем более не единственный парниковый газ, как об этом благодаря климатической пропаганде думает большинство населения. Водяной пар, объемы которого составляют до 95% всех парниковых газов планеты [4,6], является наиболее важным и распространенным парниковым газом.

Влияние конкретного газа на радиационный баланс, а значит, и на температуру Земли, зависит от того, как он поглощает ИК-излучение, от его концентрации и от присутствия других соединений, поглощающих в том же диапазоне длин волн. По

спектрам поглощения видно, что большую часть уходящего длинноволнового излучения поглощают пары воды и углекислый газ (табл.1).

Таблица 1

Эффективность поглощения инфракрасного излучения различных парниковыми газами

Compound	Formula	Concentration in atmosphere (ppm)	Contribution (%)
Water vapor	H_2O	10–50,000	**36–72%**
Carbon dioxide	CO_2	~400	**9–26%**
Methane	CH_4	~1.8	**4–9%**
Ozone	O_3	2–8	**3–7%**

Из таблицы следует, что самым важным и сильным парниковым газом на нашей планете является водяной пар, его эффективность в несколько раз превышает действие CO_2**.** Вместе с тем в 2010 было собрано множество данных, также демонстрирующих, что краткосрочное повышение концентрации CO_2 происходит из-за повышения температуры, а не наоборот, что опровергает аргументацию МГЭИК [9].

Максимальный вклад в скорость перехода углекислого газа в атмосферу за счет производственной деятельности человека не превышает 5%. При рассмотрении долгосрочного влияния CO_2 становится очевидным, что не существует никакой корреляции между концентрацией углекислого газа в атмосфере и температурой на поверхности земли.

Роль водяного пара, содержащегося в атмосфере, в общемировом парниковом эффекте велика, но трудно определима однозначно. Режим водяного пара в атмосфере – главный источник неопределенности изменения климата. При потеплении климата содержание водяного пара в атмосфере будет увеличиваться, тем самым усиливая парниковый эффект.

Изменения климата неизбежно будут причиной масштабных перемен в экосистемах планеты, а также приведут к необходимости перестраивать экономику многих стран, приспосабливая ее к новым природным условиям. Наблюдается также сильная региональная специфичность экологической ситуации в связи с глобальными климатическими изменениями.

Температурный режим приземного слоя воздуха (ПСВ) на территории Абхазии

Самая теплая зима в Абхазии на Черноморском побережье. На повышение температуры зимой оказывает влияние несколько факторов, это защищенность территории хребтами от вторжения холодных воздушных масс, влияние теплого Черного моря, широкое развитие фёновых ветров. За время наблюдений с 1999 по 2020 год можно отметить два периода: первое общее повышение температуры атмосферного воздуха с 1999 по 2010 годы, когда среднегодовая температура достигла максимума (18,4^{o}C). После чего под воздействием извержения мощного вулкана Эйяфьятлайокудль (Исландия,14-19.04.2010) температура ПСВ в следующем 2011 году понизилась на 3,8^{o}C и составила 14,6^{o}C (рис.1). Тепловой баланс атмосферного воздуха определяется прозрачностью атмосферы для солнечной радиации и поглощением инфракрасного излучения земной поверхности атмосферными газами. Прозрачность атмосферы в значительной степени определяется вулканической деятельностью [3].

На рисунке 1 приведены распределения среднегодовых температур для метеостанции Сухум (Маяк), на которых чётко видны минимумы их значений (13,8 ºС в 1982 г.) (12,8 ºС в 1992 г.) и (14.6ºС в 2011 г.), приуроченные к извержению вулканов

Эль-Чичон (Мексика, 28.03. - 04.04.1982 г.) Пинатубо (Филиппины,15.06.1991г) и Эйяфьятлайокудль (Исландия,14 - 19.04.2010 г.).

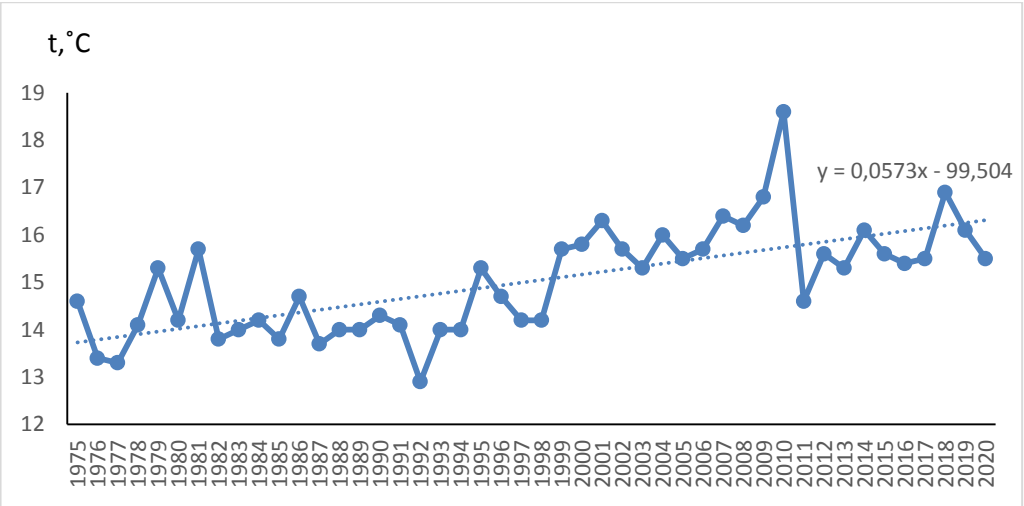


Рис. 1. Динамика среднегодовой температуры приземного слоя воздуха за период 1975-2020 гг. г. Сухум

Вулканическая деятельность локализована в пространстве и ограничена во времени продолжительностью извержения, поэтому можно полагать, что вулканы не оказывают существенного влияния на парниковый эффект.

Однако, вулканическая деятельность несомненно приводит к глобальному понижению температуры ПСВ на 0,5-2^0 С, в год последующий за извержением, следствием чего может явиться длительное похолодание [3].

Общее потепление в Западном полушарии наиболее хорошо проявляется в зимний период. В отличии от глобальной ситуации, среднегодовой тренд температуры в Абхазии в существенной мере формируется за тёплый период, за счёт повышения минимальных температур летом и осенью, а не максимальных температур зимнего периода [1, 2].

Следует отметить, что прирост приземной температуры воздуха характерен для всех сезонов года с максимумом в летний период на 2,7 ºС.

Потепление климата привело к усилению контраста метеоявлений: т.е. увеличиваются периоды засухи в летнее время и период избыточных осадков осенью, что отрицательно влияет на интенсивность вегетации фитоценозов весной, созревание и уборку урожаев осенью.

Таким образом, из анализа приведенных данных метеосети Абхазии за период с 1904 по 2020 год однозначно следует, что положительные тренды температур и характер их сезонных распределений указывают на существенное потепление климата.

Влажность приземного слоя воздуха на территории Абхазии и её роль в парниковом эффекте

Степень насыщенности воздуха влагой является одним из расчетных параметров эффективной температуры и потому приобретает большое значение при оценке комплексного воздействия климата на окружающую среду и организм человека.

Особенностью влажности воздуха – компонента климата является ее большая неустойчивость и пульсация. Анализ гидрограмм показывает, что при обычных погодных условиях значения относительной влажности за 1-2 мин могут измениться на 10-15%. Исключительное влияние на влажность воздуха оказывают турбулентные

потоки и развивающиеся в приземном слое атмосферы нисходящие и восходящие воздушные потоки.

С относительной влажностью связана атмосферная засуха, оказывающая угнетающее действие на сельскохозяйственные культуры. Влагосодержание воздушной среды определяет напряженность теплообменных процессов в атмосфере. Следует отметить, что абсолютная влажность воздушной среды влияет на конденсационные процессы и определяет их интенсивность. Все указанные выше показатели влажности воздуха взаимосвязаны друг с другом и с температурой. Следовательно, становится ясным значение этого элемента для оценки климатических условий того или иного района.

На территории Абхазии влажность испытывает большие колебания, вызванные орографической структурой, видом подстилающей поверхности и развивающимися здесь атмосферно-циркуляционными процессами. Высокая абсолютная влажность характерна для всей Абхазии. Этому способствуют ее закрытость с трех сторон высокими горными хребтами, открытость ее со стороны Черного моря, доминирующее действие влажных западных атмосферных течений, пышная растительность и повышенный температурный фон в продолжении всего года. Минимум относительной влажности здесь наблюдается в августе и декабре, а максимум с января по май и в октябре-ноябре [4].

Из-за неблагоприятного баланса влаги вероятность недостаточной обеспеченности влагой за летние месяцы в Абхазии составляет: в июне – 46%, поэтому атмосферная засуха здесь часто наблюдается в течение месяца. В отдельные годы засуха может длиться до двух месяцев и приобретать критический характер. За последние 20 лет с повышением температуры систематически понижается относительная влажность, если в 2002 году среднегодовая относительная влажность составляла 85%, то в 2019 году она понизилась до 76%.

В тоже время среднегодовая абсолютная влажность воздуха меняется синхронно со среднегодовой температурой воздуха (рис. 2).

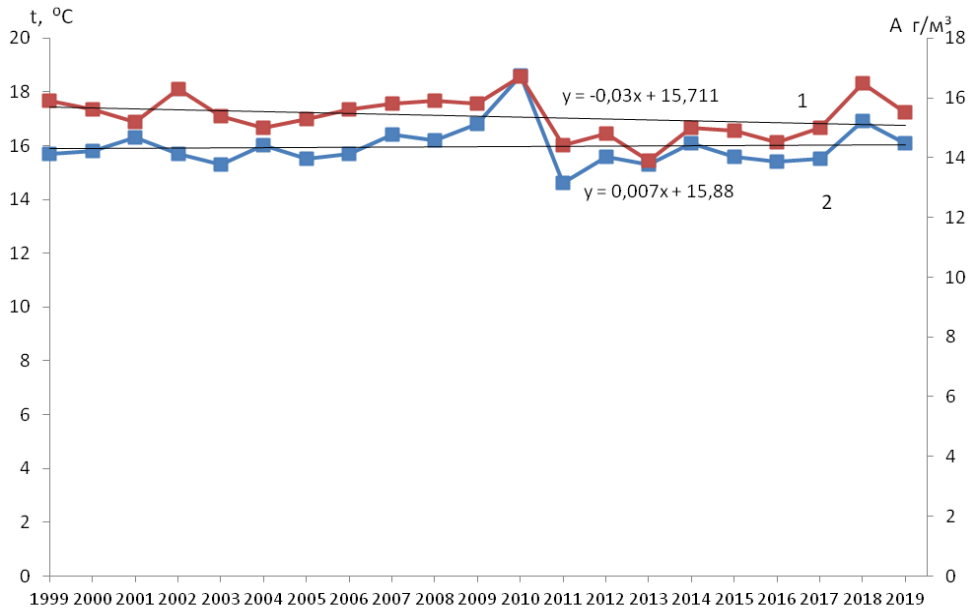


Рис. 2. Распределение температуры (1) и абсолютной влажности (2) по г. Сухум

Коэффициент корреляции между двумя рядами данных за последние 20 лет составляет более 0,85.

В настоящее время нет доказательств прямой связи между повышением концентрации CO_2 в атмосфере Земли и ростом температуры приземного слоя воздуха. В тоже самое время никто серьёзно не оценил влияние водяного пара, являющегося основным парниковым газом, оказывающим в несколько раз большее влияние на термический режим ПСА. Доказательством того является, статистически установленная авторами данной публикации практически функциональная связь между среднегодовой температурой и абсолютной влажностью.

Это означает, что влияние углекислого и других парниковых газов антропогенного происхождения на потепление климата многими исследователями сильно преувеличено. Возможно, увеличение концентрации диоксида углерода в атмосфере является не причиной, а следствием глобального потепления.

Заключение

Природный уровень углекислого газа (CO_2) составляет только 0.04% от общей атмосферы Земли. Это не самый важный и тем более не единственный парниковый газ. Водяной пар, объемы которого составляют до 95% всех парниковых газов планеты, является наиболее важным и распространенным парниковым газом.

При рассмотрении долгосрочного влияния CO_2 на температуру ПСВ не установлено никакой корреляции между концентрацией углекислого газа и температурой на поверхности земли.

По данным же многих учёных, из 33,2°С повышения температуры в приземном слое атмосферы, которые даёт «парниковый эффект», только 7,2 °С обусловлено действием углекислого газа, а 26 °С - парами воды.

Не существует никаких убедительных научных доказательств того, что антропогенный выброс углекислого газа, метана или других парниковых газов причиняют или могут вызвать в обозримом будущем катастрофическое прогревание Земли и разрушение её климата.

Прозрачность атмосферы в значительной степени определяется вулканической деятельностью. Вулканическая деятельность сопровождается поступлением в атмосферу огромного количества разнообразных по размеру и составу веществ. В следствии чего они способствуют понижению температуры приземного слоя атмосферы в следующем за извержением вулкана году.

Исходя из наличия тесной связи между среднегодовыми температурами и среднегодовыми значениями абсолютной влажности, статистически установленными в работе, можно полагать, что водяной пар является основным фактором ответственным за изменение температуры приземного слоя воздуха.

Литература

1. *Экба Я.А., Ахсалба А.К., Марандиди С.И.* Особенности формирования температуры приземного слоя воздуха (ТПСВ) на территории Абхазии и Ставропольского края // Третья международная научная конференция Инновационные методы и средства исследований в области физики атмосферы. Ставрополь. 2018. С. 213-216.
2. *Ахсалба А.К., Экба Я.А.* Индикаторы климатических зон Абхазии / Материалы IV Международной научно-технической конференции. Майкоп. 2017. Ч.1. С. 82-88.
3. *Хинтуба Л.В., Экба Я.А.* Влияние стратосферного аэрозоля на температуру приземного слоя воздуха / Материалы V Международной научно-практической конференции. Майкоп: 2019. Ч.2. С. 225-232.
4. *Экба Я.А., Ахсалба А.К.* Физическая экология атмосферы. Краснодар-Сухум. Академия. 2018. 431 с.
5. https://en.wikipedia.org/wiki/Intergovernmental_Panel_on_Climate_Change
6. https://en.wikipedia.org/wiki/Atmosphere_of_Earth
7. https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas#Global_warming_potential
8. http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/00-077.htm
9. https://wattsupwiththat.com/2010/06/09/a-study-the-temperature-rise-has-caused-the-co2-increase-not-the-other-way-around/

V. ИСТОРИЯ НАУК О ЗЕМЛЕ

УДК 551.781 DOI:10.34708/GSTOU.2021.31.11.004

ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ МАЙКОПСКИХ (ОЛИГОЦЕН-НИЖНЕМИОЦЕНОВЫХ) ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТЕЙ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

© [1]Белуженко Е.В., [2]Пинчук Т.Н.

[1]Северо-Кавказская межведомственная стратиграфическая комиссия, г. Ессентуки
[2]КубГУ, г. Краснодар

Приведены краткие сведения о геологической изученности майкопских (олигоцен-нижнемиоценовых) отложений западной и центральной частей Северного Кавказа от ее начала (конец 19-го века) до наших дней. Эти отложения являются одним из интереснейших геологических объектов Кавказа, а история из изученности всегда вызывала большой интерес.

Ключевые слова: *геологическая изученность, майкопские отложения, олигоцен, нижний миоцен, Северный Кавказ.*

Майкопские отложения впервые были установлены на Северном Кавказе в конце XVIII века. Первые сведения об этих отложениях, тогда еще безымянных, приведены в работах Г.В. Абиха, Н.П. Барбота де Марни, И.Ф. Синцова, Н.И. Андрусова и других. На площади Центрального Предкавказья одним из первых исследователей был Д.И. Иванов (1885-1886 гг.), выполнивший здесь геологическую съемку. В начале прошлого века геологические исследования здесь производили С.Г. Гатуев, В.В. Сельский и др. [8, 9]. Само название «майкопские», применительно к этим отложениям, а также региональный характер их распространения, впервые были установлены в начале 20 века. В 1909-1915 гг. группа геологов Геологического Комитета России, под руководством профессора К.И. Богдановича, проводила работу по составлению геологических карт предгорной части Кубанской нефтеносной области (Майкопского горного округа). По данным В.А. Гроссгейма [7] первое упоминание о «майкопской свите» приведено в работе К.И. Богдановича, И.М. Губкина, К.А. Прокопова, С.И. Чарноцкого [3, 4]. Таким образом, было положено начало выделению майкопских отложений как самостоятельной стратиграфической единицы и установлен региональный характер их распространения.

История изученности майкопских (олигоцен-нижнемиоценовых) отложений Северного Кавказа и Предкавказья насчитывает более 100 лет. За это время они изучены достаточно подробно. Полоса выходов на поверхность и неглубокого погружения майкопских отложений неоднократно покрыта геологическими съемками различных масштабов, а также поисковыми работами на различные виды полезных ископаемых (углеводороды, рудные и нерудные). На закрытой территории Предкавказья разрез майкопских отложений вскрыт многими тысячами буровых скважин различного назначения (прежде всего – структурными и поисково-разведочными – для поисков углеводородов, в меньшей степени – для поисков других полезных ископаемых – урана, марганца, подземных вод и др.). Особое значение для майкопских отложений имеют опорные скважины Новопокровская-4 и Дербетовская-37, которые были пробурены в середине-конце XX века [1, 8]. Разрезы майкопских отложений по рекам Белая и Кубань являются наиболее изученными и относятся к опорным [1, 6].

Далее приводится история изученности майкопских отложений Северного Кавказа в XX и XXI веках. При этом основной упор сделан на стратиграфическую изученность. Специалисты, изучавшие майкопские отложения в начале прошлого века, во многих отношениях были первыми. У них не было предшественников, на которых они могли опираться. Это были профессионалы и энтузиасты, крепкие не только умом, но и волей, настойчивые и самоотверженные. Они заложили основы стратиграфии и палеонтологии майкопских отложений, а многие их выводы и предвидения по строению

майкопских отложений актуальны до сих пор. На первом этапе изучения майкопских отложений региона необходимо отметить значительный вклад в их исследования таких выдающихся специалистов, как И.М. Губкин, К.А. Прокопов, Б.П. Жижченко, О.С. Вялов и др. [8, 9].

Иван Михайлович Губкин

Константин Андреевич Прокопов

Борис Прокофьевич Жижченко

В начале XX века группа геологов Геологического Комитета России проводила исследования в Майкопском горном округе. В этой работе участвовал и известный (впоследствии) советский ученый и организатор геологический работ (в некоторых источниках его называли в свое время «отцом русской нефтяной геологии»), а в то время начинающий исследователь И.М. Губкин. Результаты этих исследований были изложены в работах [3, 4 и др.] И.М. Губкин выделил и расчленил в Нефтяно-Ширванском районе своеобразные песчано-глинистые отложения, заполняющие эрозионный врез в майкопских породах, которые образовали «рукавообразную» (по выражению И.М. Губкина – «шнурковую») залежь нефти, которая имела нетрадиционную форму; такой тип залежей был выявлен впервые не только в России, но и в мире. Иван Михайлович впервые выделил в Нефтяно-Ширванском районе несколько горизонтов, на основании которых впоследствии здесь были установлены ***нефтегорская, ширванская, чекохская и нефтянская*** свиты, последовательно заполняющие речной палеоврез [4, 8, 9]. Позже он же выделил в районе г. Анапы в средней части разреза майкопа т.н. «***глинисто-мелинитовую***» толщу, а также своеобразные по составу отложения восковогорской свиты – ***джеметинские*** (диатомовые) и ***чембурские*** (***спонголитовые***) слои [8]. Аналогичные спонголитовые песчаники в средней части майкопа были описаны С.Т. Коротковым позже под названием «***спонголитового» горизонта*** в Хадыженском районе [8]. Эти песчаники являются коллекторами нефти в майкопских отложениях.

Большую роль в изучении стратиграфии майкопских отложений на обширной площади Центрального Предкавказья и прилегающих с востока площадей (от р. Асса до р. Кубань) принадлежит известному исследователю К.А. Прокопову, который проводил их изучение в период с 1908 до 1936 гг., преимущественно в центральной части Северного Кавказа. Наибольшее значение имели его исследования майкопских отложений по р. Ассе (Ингушетия) и по р. Кубань (Прокопов, 1937; 1938 гг.) [8, 9]. В 1932 г. при изучении майкопских отложений по р. Ассе, в их средней их части, вблизи пос. Алкун (балка Алкунка), им впервые был выделен ***алкунский горизонт*** (“горизонт плитняковых мергелей”), который был прослежен в других разрезах майкопских отложений этого стратотипического района. Впоследствии он был прослежен по всему Северному Кавказу (Дмитриева и др., 1959) [1, 5]. Особое значение имеют исследования К.А. Прокоповым разреза майкопских отложений по р. Кубань и ее притокам (реки Большой и Малый Зеленчуки). Здесь он выделил и описал выше хадумских отложений

литологические горизонты (снизу-вверх: нижний глинистый, септариевый, песчанистый, нижний глинисто-сидеритовый, верхний глинистый, верхний глинисто-сидеритовый), которым он сам впоследствии дал географические названия и статус свит: ***баталпашинская, септариевая, зеленчукская***, ***караджалгинская, ольгинская, ритцевская*** [8, 9].

Первое сводное расчленение майкопских отложений было проведено О.С. Вяловым в схеме деления палеогена Кавказа (Вялов, 1940, 1941 гг.). Результаты исследований верхней части майкопских отложений Северного Кавказа, проведенных в начале 20 века, обобщены в монографии «Стратиграфия СССР. Неоген» (1940 г.). Раздел, посвящений нижнему миоцену, составлен Б.П. Жижченко. В последующие годы Б.П. Жижченко (1951, 1953, 1964 гг.) разработал унифицированную схему деления кайнозойских отложений юга Европейской части СССР и Северного Кавказа, в том числе и для майкопских подразделений. Сведения о нижней (олигоценовой) части майкопских отложений приведены также в работе «Палеогеновые отложения юга Европейской части СССР» (1960 г.), где авторами разделов по Северному Кавказу и Предкавказью являлись О.С. Вялов и А.К. Богданович [8,9].

Майкопские отложения относительно бедны фауной. Тем не менее, в них часто встречаются остатки рыб, реже – моллюски, а также фораминиферы, которые были детально изучены в середине XX века. Фаунистическое датирование олигоценовых отложений Северного Кавказа началось с изучения моллюсковой фауны в 1930-х годах (Коробков, 1937, 1939 гг.; Ливеровская, 1938 г.). Позже моллюски майкопа были описаны Н.С. Волковой (1955, 1962 гг.).

С.Т. Коротков, работая на Западном Кавказе (1932-1940 гг.), детально описал разрез горы Восковой, расположенный между долинами рек Пшиш и Пшеха, в том числе выделил здесь в майкопских отложениях несколько литологических толщ, на основании которых впоследствии, в верхней части майкопских отложений, были выделены ***восковогорская*** и ***глинисто-сидеритовая*** свиты (Коротков, 1936 г.; Гроссгейм, 1960 г.; Богданович, Буряк, 1986 г.). С.Т. Коротков также детально описал «глинисто-глыбовые» (микститовые) толщи в майкопских отложениях по р. Пшиш (Коротков, 1934, 1936 гг.), а также подсвиты хадумской свиты: ***пшехскую*** (названа по р. Пшеха), ***полбинскую*** (по балке Полба) и ***Морозкиной балки***, которые впоследствии были выделены как региональные подразделения всего Северного Кавказа – горизонты олигоцена [7, 9].

Позднее С.Т. Коротков (1940 г.) дал описание основных разрезов и скважин от р. Кубани до р. Пшехи, выделил в майкопских отложениях Западного Кавказа, кроме восковогорской и глинисто-сидеритовой, еще и ***абадзехскую*** свиту (возрастной аналог баталпашинской) со стратотипом по станице Абадзехской (р. Белая), где эти отложения хорошо обнажены. Краткие описания всех этих свит были позднее опубликованы (Гроссгейм, 1960 г.; Богданович, Буряк, 1986 г.) [8, 9].

Поисково-разведочные работы (как геофизические, так и буровые) на углеводороды в значительных масштабах проводились с начала 20-го века на всей рассматриваемой территории, в результате чего во многих районах на различных стратиграфических уровнях майкопских отложений были обнаружены залежи нефти и газа, приуроченные к структурным и литологическим ловушкам. В результате поисковых работ еще в первой половине 20 века на Западном Кавказе была выявлена цепочка нефтяных месторождений заливообразной формы, приуроченная к песчано-алевритовым коллекторам ***восковогорской*** свиты, которая протягивается более чем на 100 км (от г. Крымска на западе до Нефтяно-Ширванского района на востоке). Во второй половине прошлого века во многих районах Западного Кавказа активно продолжались поиски и разведка нефтегазовых месторождений, приуроченных к майкопским отложениям. Майкопские отложения Западного Кавказа в середине – конце прошлого века изучались, прежде всего, специалистами-нефтяниками Краснодарского края, в том числе сотрудниками Краснодарского филиала ВНИИнефтегаз и других организаций.

После Великой Отечественной войны поисковые работы на нефть и газ были начаты и на территории Ставрополья, в том числе здесь проводились и масштабные буровые работы. В 1946 г. было открыто Сенгилеевское газовое месторождение, связанное с хадумским горизонтом, а затем открыты залежи углеводородов в средней и верхней части майкопа. Научное обоснование и практическое осуществление поисково-разведочных работ на нефть и газ на территории Ставропольской области связано с именами Н.Ю. Успенской, И. О. Брода, М.С. Бурштара (1966, 1969 гг.) и др. Большой вклад в изучение геологии и в развитие нефтегазовой промышленности Ставрополья внесли геологи НИИ СевКавНИИгаз (Б.Р. Токмачев, М.М. Германюк, А.Д. Бизнигаев, К.А. Белов и многие др.).

На Западном Кавказе во второй половине XX века необходимо отметить работы В.А. Гроссгейма, А.К. Богдановича, Б.М, Никифорова, С.Т. Короткова, В.Н. Буряка и многих других.

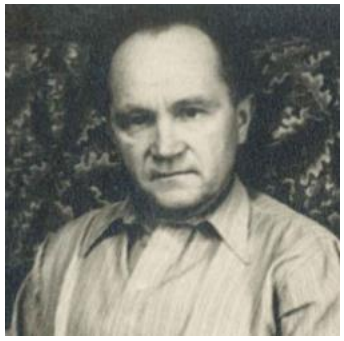
В.А. Гроссгейм

А.К. Богданович

Б.М. Никифоров

А.С. Столяров

В.Н. Буряк



С.Т. Коротков

С.В. Попов

В частности, В.А. Гроссгейм изучал стратиграфию майкопских отложений в бассейне рек. Лабы, Белая, Пшеха (1960 г.); исследовал донные течения кавказской части майкопского бассейна (1969 г.); обобщил сведения по стратиграфии палеогеновых, в том числе и нижнемайкопских отложений всего Западного Кавказа [9]. А.К. Богданович занимался изучением майкопских фораминифер, на основании которых разрабатывалась стратиграфия майкопских отложений. Он является одним из установителей ***кавказского*** регионяруса (Носовский, Богданович, 1980 г.), а также соавтором многих работ по стратиграфии майкопских отложений, в том числе и разделов «Западный Кавказ», «Западное и Центральное Предкавказье» в монографии [8]. Работы В.Н. Буряка (1960, 1964, 1965 гг.) посвящены стратиграфии неогеновой отложений, в том числе и средней-верхней частям майкопских отложений Западного Кавказа и Предкавказья [8]. Б.М. Никифоров в своих работах (1996; 2003 гг.) обобщил материалы по стратиграфии и нефнегазоносности майкопских отложений Западного Кавказа и Предкавказья.

Во второй половине 20 века все имеющиеся материалы по стратиграфии майкопских отложений Северного Кавказа были обобщены в монографиях: «Геология СССР. Том IX. Северный Кавказ» (1968 г.) (авторы разделов, посвященного майкопским отложениям в этой монографии – Б.П. Жижченко и В.И. Резников), а также «Стратиграфия СССР. Палеогеновая система» [9]. Разделы, посвященные олигоцену Северо-Западного Кавказа и Центрального Предкавказья в этой монографии были составлены В.А. Гроссгеймом, Е.К. Щуцкой, А.К. Богдановичем, Б.М. Никифоровым. Для всего Восточного Паратетиса Неогеновой комиссией МСК в 1973 г. принята региональная хроностратиграфическая шкала, одобренная затем VI конгрессом РКССН (1976 г.) и МСК СССР (1983 г.) со следующей последовательностью региоярусов в неогеновой части майкопских отложений: кавказский, сакараульский, коцахурский. Стратотипы этих ярусов (кроме кавказского) были описаны в сборнике «Стратотипы ярусов неогена Средиземноморья» (1975 г.), а общая характеристика региоярусов в статьях Л.А. Невесской и др. (1975, 1984, 1986 гг.). Описание кавказского региояруса было опубликовано позднее (Nosovsky, Bogdanowicz, 1979 г.; Носовский, Богданович, 1980 г.). Все эти изменения и новые материалы по средне-верхнемайкопским отложениям были обобщены и приведены в монографии [8]. Разделы, посвященные нижнему миоцену Северо-Западного Кавказа и Центрального Предкавказья в этой монографии, были составлены геологами А.К. Богдановичем, В.Н. Буряком, В.С. Косаревым.

Микрофаунистическое обоснование стратиграфического расчленения майкопских отложений на основании фораминифер было дано А.К. Богдановичем (1947, 1960, 1961, 1965 гг. и др.) – для Западного Кавказа и Предкавказья; Л.С. Тер-Григорьянц (1961, 1964, 1965, 1969, 1977 гг.) – для Центрального Предкавказья, а ихтиофауна изучена П.Г. Данильченко (1960 г.). В работе Р.Г. Дмитриевой, В.Д. Сомова и А.К. Богдановича (1959 г.) впервые были подробно описаны ***алкунские отложения,*** впервые выделенные К.А. Прокоповым и стратиграфически расположенные в средней части майкопских отложений Северного Кавказа. Авторы проследили данные отложения по всему Северному Кавказу – от р. Белая на Западном Кавказе до р. Сулак на Восточном Кавказе (Центральный Дагестан) и, тем самым, впервые установили стратиграфическое значение этого горизонта, как общекавказского майкопского репера [1, 8, 9].

Большое значение в деле изучения майкопских отложений имеют работы специалистов центральных научных организаций, посвященные вопросам стратиграфии, условиям образования и металлогении майкопских отложений южных районов России и, в том числе и Западного Кавказа, Западного и Центрального Предкавказья. Это работы сотрудников Палеонтологического и Геологического института РАН: Л.А. Невесской и др. (1975; 1984; 2003, 2005 гг. и др.); С.В. Попова, А.А. Ворониной, И.А. Гончаровой (1993 г.); С.В. Попова, М.А. Ахметьева, А.С. Столярова и др. (1993 г.); С.В. Попова и др. (1993, 2004, 2010, 2017, 2019 гг. и др.); Н.И. Запорожец (1999 г.); М.А. Ахметьева, В.Н. Беньямовского (2003 г.) и многие другие.

Необходимо особо отметить работы С. В. Попова (1993-2020 гг.)., который является сотрудником Палеонтологического института РАН. Значительная часть его геологической деятельности посвящена палеонтологии и стратиграфии майкопских отложений Восточного Паратетиса, в том числе и Северного Кавказа [5, 6]. Его роль в изучении региональной стратиграфии майкопских отложений Северного Кавказа в настоящее время является ведущей.

Большое значение в области металлогении майкопских отложений имеют работы известного исследователя, сотрудника ВИМСа А.С. Столярова (работы 1993-2006 гг.). С майкопскими отложениями СССР связаны уникальные по геологической природе, крупные комплексные урановo-редкометальные месторождения, приуроченные к горизонтам костного детрита рыб и сульфидов железа, а также крупнейшие концентрации марганца, составлявшие промышленную базу бывшего СССР. А.С. Столяровым выполнены крупные обобщения по геологии и рудоносности всей Черноморско-Каспийской урановo-редкометальной и марганцеворудной мегапровинции.

В конце прошлого-начале нынешнего веков на площади Западного и Центрального Предкавказья «Кавказгеолсъемкой» (г. Ессентуки) проведены работы по геологическому доизучению площадей (ГДП-200) и геологических карт масштаба 1:1 000 000, полностью охватившие эту обширную территорию. Эти работы завершались подготовкой к изданию Госгеолкарт-200 и -1000. В подготовленных комплектах карт и объяснительных записок к ним, в том числе, обобщены все имеющиеся данные по стратиграфии и полезным ископаемым майкопских отложений (Рудянов и др., 1999-2002 гг.; Печенюк и др., 2004-2019 гг.; Корсаков и др., 2000-2008 гг., Лаврищев и др., 2001-2016 гг.) и др.

В обобщающих работах известных исследователей Кавказа В.Е. Хаина (1950, 1982 гг. и др.), Н.М. Страхова (1963 г. и др.), Е.Е. Милановского (1987 г. и др.) рассматриваются, в том числе, вопросы стратиграфии, тектоники майкопских отложений и палеогеография Кавказа в майкопское время. Большинством исследователей, начиная с олигоценового времени на месте Центрального Кавказа фиксируется поднятие, выраженные в виде островной суши (Холодов, Недумов, 1996 г.; Шарафутдинов, 2003 г.). Таким образом Кавказ, как самостоятельное палеогеографическое явление, существует с начала майкопского времени. Большое влияние на понимание стратиграфии и нефтегазоносности майкопских отложений сыграли работы, посвященные майкопским отложениям всего Северного Кавказа: Б.А. Онищенко (1974, 1976, 1986 гг.), И.Г. Щерба (1989, 1993 гг.) и др., а также работы по смежному региону – Восточному Кавказу и Предкавказью. Среди них необходимо отметить работы В.Д. Сомова (1963, 1967 гг. и др.), В.Ф. Шарафутдинова (2003г. и др.) и другие. Большое значение также имели работы по стратиграфии майкопских отложений и Восточного Паратетиса, в том числе Северного Кавказа и смежных регионов украинских геологов А.С. Андреевой-Григорович (1977, 1980, 1989, 2004 гг. и др.), М.Ф. Носовского (1980 г. и др.) и других.

Все имеющиеся сведения о майкопских отложениях Северо-Кавказского региона приведены на утвержденных МСК России стратиграфических схемах палеогеновых (2000 г.) и неогеновых (2002 г.) отложений Северного Кавказа и Юга России [5]. Схема палеогеновых отложений была составлена большим коллективом авторов производственных и научных организаций при участии специалистов ВСЕГЕИ (Э.М. Бугровой, И.П. Табачниковой, И.А. Николаевой и др.), а также Геологического и Палеонтологического института РАН (М.А. Ахметьева, В.Н. Беньямовского, С.В. Попова и др.). Местные разделы Северо-Кавказской части палеогеновой схемы составлены Северо-Кавказскими геологами Н.С. Письменной и Е.И. Коваленко. «Унифицированная региональная стратиграфическая схема неогеновых отложений Южных регионов Европейской части России» была утверждена в апреле 2002 году бюро МСК России и впоследствии опубликована [5]. В схеме, в том числе, приведено описание верхнемайкопских отложений, в объеме кавказского, сакараульского и коцахурского регионарусов. Схема была составлена большим коллективом авторов многих производственных и научных организаций (в том числе ГИН и ПИН РАН, ВСЕГЕИ, «Кавказгеолсъемка» и др.) под руководством Л.А. Невесской (ПИН РАН). На Северном Кавказе работой по составлению схемы руководил Е.И. Коваленко – председатель палеогеновой и неогеновой секций Северо-Кавказского РМСК. В работе по ее составлению активное участие принимали Е.В. Белуженко и Т.Н. Пинчук, Н.С. Письменная и другие. Стратиграфическому положению границы палеогена и неогена, проходящей на Северном Кавказе внутри майкопских отложений, посвящены работы, вышедшие в свет после принятия стратиграфических схем палеогена и неогена: Е.В. Белуженко, Е.И. Коваленко (2006 г.); С.В. Попов (2009, 2019 гг. и др.), Н.Ю. Филиппова и др. (2010, 2015 гг.), Е.В. Белуженко и др. (2011-2018 гг.) [1, 2] и другие. В последних вариантах легенд Кавказской и Скифской серий к «Госгеолкартам-200», утвержденных ВСЕГЕИ (Письменная и др., 2009г.) была предложена самостоятельная схема структурно-фациального районирования майкопских отложений. Майкопская часть

Легенд были составлена на основании утвержденных в 2000 и 2002 гг. стратиграфических схем палеогена (Ахметьев, Беньямовский, 2003 г.) и неогена [5].

В последние десятилетия при изучении майкопских отложений стали исследовать, наряду с традиционными фораминиферами, новые виды ископаемых остатков – органикостенный фитопланктон (динофлагелляты) и наннопланктон. Наибольшее внимание исследователей на Западном Кавказе привлекал разрез майкопских отложений по р. Белой, как наиболее обнаженный в своей нижней-средней части. Этот разрез изучался группой специалистов Геологического и Палеонтологического институтов РАН (с участием иностранных специалистов) в 1994-96 гг., когда здесь, наряду с традиционными группами – фораминиферами, моллюсками, ихтиофауной, диатомеями, были впервые исследованы наннопланктон и диноцисты. В частности, детально изучены динофлагелляты, а также споры и пыльца по майкопскому разрезу р. Белой (Запорожец, 1999 г.). Для разреза р. Белой данные по наннопланктону были впервые получены Я. Крховским (1995 г. и др.). Данные по ихтиофауне были собраны Е.К. Сычевской (Попов и др., 2009 г.).

По рекам Майрамадаг и Фиагдон (Северная Осетия) и по р. Кубани в районе пос. Карамурзинский (Ставропольский край) изучением этих микроорганизмов занимались сотрудники Геологического института РАН Н.Ю. Филиппова (фитопланктон, споры и пыльца), Л.А. Головина (наннопланктон) (Филиппова и др., 2010, 2015 гг.; Белуженко и др., 2018 г.) [1]. В последнее время работы по исследованию майкопских отложений проводились на разрезах рек Кубани и Белой большой группой исследователей Геологического и Палеонтологического институтов РАН, а также других организаций, в том числе и при участии иностранных специалистов (С.В. Попов и др., 2019, 2020 гг.) [6]; по р. Ассе (стратотип алкунской свиты) – С.П. Поповым и Л.А. Головиной (результаты не опубликованы). Из работ наших украинских коллег необходимо отметить публикацию монографии (Ю.В. Вернигорова, Т.С. Рябоконь, 2018г.), посвященную стратиграфии майкопских отложений Керченского полуострова.

В последнее время (2014-2019 гг.) разрез по р. Белой подробно изучался большой группой российских и зарубежных исследователей под руководством С.В. Попова. В работе участвовали специалисты из Геологического и Палеонтологического институтов РАН, «ВСЕГЕИ», Кубанского университета, а также зарубежные ученые. В результирующей работе по результатам исследований нижней (олигоценовой) части майкопских отложений [6] приводится описание разреза с данными по наннопланктону и фаунистической характеристикой фораминифер, моллюсков и ихтиофауны. В настоящее время работы по изучению опорных разрезов миоценовых, в том числе и майкопских отложений по рекам Кубани, Белой, Пшехе и другим продолжаются (Попов и др., 2020 г.).

В заключении необходимо отметить, что степень изученности майкопских отложений различна для разных районов рассматриваемого региона. Наиболее изученными является полоса выходов отложений в Западных и Центральных районах Северного Кавказа. В меньшей степени изучены майкопские отложения южного склона Западного Кавказа, а также закрытые площади Предкавказья. Значительно уступают им по степени изученности акватории Черного и Азовского морей. Работы по ГДП-200 на рассматриваемой площади в настоящее время практически уже близятся к завершению. На площадях, перспективных на углеводороды в майкопских отложениях, в том числе и на акваториях, продолжаются поисковые работы. В последнее время специалисты интересуются Лабинским месторождением марганца, приуроченным к среднемайкопским отложениям (каладжинская свита), также продолжается практическое использование и изучение майкопских песков этого района. В настоящее время продолжаются стратиграфо-палеонтологические работы по изучению разрезов майкопских отложений Северного Кавказа (по рекам Кубань, Белая, Асса и др.), которые проводят специалисты Геологического и Палеонтологического институтов РАН и других организаций. В целом, майкопские отложения представляют собой интересный

геологический объект и заслуживают самого пристального и глубокого изучения по всем направлениям.

Литература

1. *Белуженко Е.В., Филиппова Н.Ю., Головина Л.А.* Алкунская свита и граница палеогена – неогена на Северном Кавказе и в Предкавказье (литология, стратиграфия, корреляция) // Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета. Вып. 102. Воронежский государственный университет. 2018. 101 с.
2. *Белуженко Е.В., Пинчук Т.Н.* Проблемы стратиграфии майкопских (олигоцен-нижнемиоценовых) отложений Северного Кавказа // Грозненский естественнонаучный бюллетень. Т. 4. № 2 (16). 2019. С. 5-18.
3. Отчет Геологического комитета за 1911 г. / *Богданович К.И., Губкин И.М., Прокопов К.А., Чарноцкий С.И.* // Известия Геол. кома. СПб. 1912. Т. 31. С 1-198.
4. *Губкин И.М.* Майкопский нефтеносный район. Нефтяно-Ширванская нефтеносная площадь // Тр. Геол. ком., новая серия. Вып. 78. СПб., 1912. 169 с.
5. *Невесская Л.А., Коваленко Е.И., Белуженко Е.В. и др.* Региональная стратиграфическая схема неогена юга Европейской части России // Отеч. геол. 2005. № 4. С. 47-60.
6. Лектостратотип майкопской серии по р. Белая выше г. Майкопа (Западное Предкавказье) в его олигоценовой части / *Попов С.В., Табачникова И.П., Банников А.Ф., Сычевская Е.К., Пинчук Т.Н. и др.* // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2019. Т. 27. № 3. С. 70-92.
7. Стратиграфический словарь СССР. Палеоген. Неоген. Четвертичная система. Л.: Недра. Ленинградское отделение. 1982. 608 с.
8. Стратиграфия СССР. Неогеновая система (полутом 1) / Под ред. *М.В. Муратов, Л.А Невесская* М.: Недра, 1986. 420 с.
9. Стратиграфия СССР. Палеогеновая система / Под ред. *В.А. Гроссгейм, А.И. Коробков* М.: Недра, 1975. 524 с.

УДК552.57:553.411(470.6) DOI:10.34708/GSTOU.2021.55.63.005

ИСТОРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ПРОВИНЦИИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ (Au, Pt, Pd) НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ

© [1]Богуш И.А., [1]Рябов Г.В., [2]Черкашин В.И., [2]Исаева Н.А.

[1] ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск
[2] Институт геологии ДФИЦ РАН, г. Махачкала

В статье обобщены материалы многолетних исследований в области минерагении и определены региональные масштабы промышленного оруденения, что дает основание считать Северный Кавказ новой провинцией благородных металлов (Au, Pt, Pd) России. Широкое применение целенаправленных научных работ авторского коллектива по поискам благородных металлов на Северном Кавказе дало обоснование для выделения северокавказской провинции благородных металлов. Многолетние, начиная с 1995 года, исследования черных сланцев Северного Кавказа в металлогенической зоне Передового хребта выявили коренные находки минералов и субпромышленные аномалии ассоциации благородных металлов - золота и платиноидов. В качестве первичного источника металлов установлены ордовикские альпинотипные ультрабазиты, давшие начало аномальному обогащению благородными металлами региональной полосы девонских черных сланцев. Впервые выделены юрские металлоносные продукты коры выветривания ультрабазитов. Прослежены унаследованное развитие и переходы разнофациальных проявлений благородных металлов на протяжении всего фанерозоя Северного Кавказа. В качестве прогнозно-поисковых критериев описаны генетические разнофациальные модели, объединенные в металлогеническую основу благородных металлов Северного Кавказа.

***Ключевые слова**: Северный Кавказ, благородные металлы, золото, платиноиды, история исследований, генетические типы, новая рудная провинция.*

История изучения и поисков благородных металлов, если рассматривать только золото, затрагивает многие века, начиная поисками «золотого руна» аргонавтами и кончая современными «доверительными» рассказами старожилов Кавказа о наличии богатого золотого клада в известном ему месте. Богатство фольклорной фантазии лишь в 30-е годы прошлого столетия сменилось научной информацией специалистов-геологов - исследователей Кавказа. Золото Кавказа начали активно изучать с начала добычи старателями россыпей в бассейнах рек Кубани, Малой и Большой Лабы, Урупа, Баксана в 1930-х годах. Несколько поколений геологов изучали золото Кавказа и разрабатывали поисковые модели золоторудных месторождений. История золота Кавказа богата достижениями и драматическими событиями и может быть уложена только в крупную фундаментальную монографию. Авторы данной статьи делают кратковременной анализ истории изучения благородных металлов Северного Кавказа, включая золото и группу платины, которая богата событиями и выявлением в итоге новой благороднометалльной провинции.

Исторически комплекс благородных металлов, включая золото и группу платиноидов, начинается со старательского освоения золотоносных россыпей на Северном Кавказе. Россыпное золото Урупо-Лабинского района содержало минералы, предположительно, и платиновой группы. Впервые наличие платиноидов на Северном Кавказе обосновывается Д.П. Сердюченко в 4-х листовой записке в 1932 году. Платиноносность россыпного золота также нашла отражение в производственных работах кавказских геологов. В фондах СКГУ (г. Ессентуки) сохранились отчеты - «Лабинское золото и платиновые месторождения Северного Кавказа» (1936 г.) и «Кадастр россыпных месторождений золота и платины Краснодарском края» (1945 г.). В

кратковременных работах Платинового института АН СССР упоминаются находки платины на реке Власенчихе в Урупском районе. Однако, теоретические рассуждения о платиноносности Кавказа в целом не имели в то время четкого практического подтверждения наличия платиноидов и их распространения, отсутствовала аналитическая база.

Проблему промышленного освоения платины на Северном Кавказе впервые научно обосновал в 1995 году Г.В. Рябов, изучая медноколчеданные месторождения [18]. На примерах известных в России и за рубежом медноколчеданных месторождений автор показал присутствие в заметных количествах в рудах и продуктах их переработки платины, палладия и рутения. Минералы платиновой группы статистически сопровождают богатые медные руды (халькопирит, борнит) этих месторождений. Опробование руд крупного Урупского медноколчеданного месторождения, проведенное Г.В. Рябовым, показало аналогию содержания в них платиноидов известным мировым сульфидным месторождениям. Более того, по запасам платиноидов в рудах Урупское месторождение вполне сопоставимо с известными промышленными месторождениями платиноидов. Урупское медноколчеданное месторождение по промышленному типу относится к золотомедным рудным месторождениям. Платиноиды в этом месторождении, также как и золото, концентрируется в медных минералах и поэтому присутствуют в качестве примесных компонентов в медных концентратах продуктов обогащения (до 0,2 г/т). Таким образом, руды Урупского месторождения являются комплексными на всю группу благородных металлов. В качестве источников платиноидов на Северном Кавказе Г.В. Рябов указывает на ультрабазиты и девонские черносланцевые комплексы.

Черные сланцы Северного Кавказа до конца прошлого века в металлогеническом отношении воспринимались геологами как пустые, бесперспективные, макроскопически не содержащие фиксируемого оруденения. При геолого-съемочных работах изучались геологические, стратиграфические, геотектонические позиции сланцев. Вне интересов оставались рудная нагрузка, петрология, минеральный и вещественный состав и генезис сланцев. В тоже время было известно, что в площадном отношении все, более или менее заметные, проявления россыпей золота на Северном Кавказе совпадают с площадями развития черносланцевых толщ.

В конце прошлого века внимание геологов привлекли открытия гигантских месторождений тонкодисперсного золота в углеродсодержащих черных сланцах - Мурун-тау, Бакырчик, Олимпиадненское, Сухой Лог [13, 22, 23, 24]. Отклики этих открытий на Северном Кавказе получили развитие в исследованиях, начатых в 1995 году И.А. Богушем и М.М. Курбановым [1]. Девонские углеродсодержащие комплексы Передового хребта Северного Кавказа были ими отнесены к продуктивным черносланцевым толщам Северного Кавказа.

К концу прошлого века для развития металлогенических представлений о черных сланцах Северного Кавказа была накоплена солидная геологическая база. Геотектонические, стратиграфические, структурные позиции черных сланцев Кавказа были детально изучены геологами-съемщиками Северо-Кавказского геологического управления (Е.А. Снежко, Г.И. Баранов, Ю.Я. Потапенко, И.И. Греков, Н.И. Пруцкий, В.И. Лаврищев). Структурные, геотектонические, региональные и исторические позиции сланцев изучались весьма тщательно, несмотря на дискуссионность ряда глобальных выводов. Теоретические построения геосинклинальной гипотезы активно замещались плитотектоническими построениями (Г.И. Баранов, И.И. Греков, Н.И. Пруцкий, В.Л. Омельченко). Такая коренная теоретическая перестройка геотектонических основ Северного Кавказа требовала пересмотра металлогенических основ, базирующихся на теории геосинклиналей 1968 года, сформулированной в IX томе Геологии СССР, Северный Кавказ (полезные ископаемые) [9]. В области металлогении, благодаря базированию на конкретных геологических фактах, генетические модели логично наполнялись новыми построениями (Г.Д. Афанасьев, В.И. Смирнов, В.Б. Черницин, Н.Ф. Рубцов, Г.А. Твалчрелидзе, Н.С. Скрипченко, Н.К. Курбанов, Г.И. Баранов, И.И.

Греков, Н.И. Пруцкий). В этот период, в 60-90 годы прошлого столетия, активно развивалась теория гидротермально-осадочного рудогенеза, связанная с медноколчеданными месторождениями. Региональные геологические позиции черных сланцев Северного Кавказа были отображены в фундаментальной работе Геология СССР, том 1X, Северный Кавказ [9].

Указанные геотектонические разработки теоретически затрагивали и отражали, главным образом, палеозойскую историю развития Северного Кавказа и его металлогении. Мезо-кайнозойская геологическая история уже Большого Кавказа постоянно развивалась, существенно дополнялась и изменялась. Радикально были пересмотрены теоретические постулаты литогенеза и роли седиментогенеза и метаморфизма в формировании рудных месторождений. Изучение генезиса скрытого золота в углеродсодержащих черносланцевых толщах дало толчок к созданию сложной теоретической основы осадочных руд, включая этапы: 1) эрозии первичных источников, 2) транспортировки, 3) седиментации рудного материала, 4) метаморфической агрегации рудного вещества. Фактической и теоретической геологической основой для исследования мезо-кайнозойской металлогении Кавказа послужили фундаментальные исследования, отраженные в монографиях «Большой Кавказ в альпийскую эпоху» (под. ред. Ю.Г. Леонова, 2007 г.) [7] и Ю.О. Гаврилова «Динамика формирования юрского терригенного комплекса Большого Кавказа: Седиментология, геохимия, постседиментационные преобразования» 2005 г. [8].

Авторами статьи работы по изучению черносланцевого комплекса Северного Кавказа планомерно были начаты в 2001-2005 годах. В качестве полевой геологической основы по Северному Кавказу использовались многолетние материалы геологов Новочеркасского политехнического института (И.А. Богуш, Г.В. Рябов, В.С. Исаев, Н.В. Глазырина, А.А. Бурцев, А.Б. Кафтанатий, И.И. Сендецкий, В.В. Якушев) и Дагестанского центра РАН (В.И. Черкашин, А.Р. Юсупов, М.Ш. Абдуллаев). Ресурсная проблема благородных металлов (Au, Pt, Pd) в черных сланцах рассмотрена в работах И.А. Богуша [1-6,12] и А.А. Бурцева [4], и В.И. Гончарова и Н.В. Глазыриной [11,12], М.М. Курбанова [1], Г.В. Рябова [3,5,18], В.И. Черкашина [4,5,6,21]. Обобщение материалов этих геологов привело, в конечном итоге, к установлению рудоносности и металлогенической роли черных сланцев.

Методически палеозойский черносланцевый комплекс, входящий в состав офиолитовой колчеданоносный формации Северного Кавказа, изучался авторами с 70-х годов прошлого столетия. Работы состояли из разнообразного комплекса наблюдений при специальных исследованиях по целевой производственной и научной тематикам. Исследования сланцев реализовались путем составления геологических карт и карт рудной нагрузки масштабов 1:2000-1:10000; изучения и минералогического картирования рудных полей Урупского, Худесского, Быковского и Бескесского колчеданных месторождений, характеризующихся широким развитием в них черных сланцев; минералогическими, петрографическими и геохимическими исследованиями отдельных участков и профилей по всей полосе девона и черносланцевой формации. В качестве эталонного, описан, геохимически опробован и минералогически откартирован опорный разрез сланцев артыкчатской свиты по балке Бахмутке [4]. По разрезу проведены специальные геохимические исследования на благородные металлы (Au, Ag, Pt, Pd). Черные сланцы изучались литологическими, петрографическими, минералогическими, геохимическими и рентгенографическими методами [4, 8,11, 21]. Результатами проведенных работ послужило первое на Кавказе всестороннее описание черносланцевых толщ.

Эти инициативные работы авторов по рудоносности С. Кавказа были поддержаны ведущими исследователями благородных металлов в России - В.И. Гончаровым, Д.А. Додиным, Д.В. Рундквистом, Л.И. Гурской и вошли в программу № 8470:21 РАН «Фундаментальные проблемы геологии, условия образования и принципы прогноза традиционных и новых типов крупномасштабных месторождений стратегических видов

минерального сырья». После доклада И.А. Богуша на геологической секции РАН в 2004 году, академик Д.В. Рундквист предложил объединить исследования с работами В.И. Черкашина (Институт геологии ДНЦ РАН) [20]. Основанием для объединения послужили общность научных интересов и полученных результатов, полагался территориальный охват работ на Северном Кавказе и Дагестане.

Полевыми методами и обобщением геологических материалов изучались черные сланцы Урупо-Лабинского и Кубань-Малкинских выходов двухсоткилометровой сланцевой полосы девона. Многолетние работы И.А. Богуша, Н.В. Глазыриной, А.А. Бурцева, В.С. Исаева В.В. Якушева в зоне черных сланцев, затрагивающие вещественный состав, геохимию и петрологию сланцев, обосновали аналогию девонских черных сланцев Кавказа продуктивным мировым сланцевым толщам с гигантскими месторождениями золота [13, 22, 23, 24].

В 2005 году по приглашению И.А. Богуша работу по рудоносности черных сланцев Кавказа в рамках РАН возглавил академик В.И. Гончаров - известный в мире исследователь золоторудных гигантов на востоке РФ, перешедший на работу в свою альма-матер (ГМИ, Северная Осетия). Активное участие этого специалиста в работах значительно продвинуло исследование черных сланцев Кавказа и их металлогении [12]. К сожалению, подорванное в Сибири здоровье, не позволило В.И. Гончарову продолжить эти работы. После кончины В.И.Гончарова в 2007 г. финансирование работ было передано в Южный научный центр АН РФ (г. Ростов-на-Дону) под руководство С.Г. Парады. В дальнейшем исследования рудоносности сланцев и прогноза благородных металлов продолжились в рамках научных работ в ЮРГТУ НПИ (И.А. Богуш. Г.В. Рябов) и в Институте геологии Дагестанского научного центра РАН (В.И. Черкашин). Новые доказательства рудоносности девонских черных сланцев были получены авторами в Урупо-Лабинском золоторудном районе С. Кавказа, в котором ранее были известны редкие находки платины. Черные сланцы этого района пользуются широким площадным распространением и полнотой вскрытого стратиграфического разреза. В бассейнах рек Урупа, Власенчихи и Большой Лабы отбирались пробы аллювиальных отложений и изучался минеральный состав тяжелой фракции на предмет поисков минералов платиновой группы. В результате этих работ к 2010 году было описано косовое россыпное и элювиальное золото и платина, выделен новый для Кавказа платиноид - рутениридосмин [3]. Подтверждено наличие на Северном Кавказе всей платиновой группы металлов в ассоциации с золотом. Топоминералогические наблюдения указали на потенциально рудоносный Беденский ультрабазитовый массив как источник комплекса благородных металлов (Au, Pt, Pd) [3].

Авторами изучение черных сланцев Северного Кавказа проводилось по всей их 200-километровой полосе Передового хребта. Непосредственно для изучения оруденения черных сланцев нами выделена и исследована рудная зона балки Грушовой на левобережье реки Большая Лаба. В пределах рудной зоны сланцев прослежен набор ярко выраженных разновидностей эндогенной рудной минерализации, визуально и аналитически зафиксировано развитие благородных металлов (МПГ, золото). Минерализованные черные сланцы артыкчатской свиты девона (D_{2-3} ar) балки Грушовой прорваны жильными интрузиями верхнепалеозойских лейкократовых гранитов и располагаются в пределах экзоконтактной тектонической южной границы Беденского массива ультрабазитов. Проведены многолетние (2004-2015 гг.) полевые исследования, которые включали минералогическое картирование разрезов черных сланцев, геохимическое опробование и ежегодные мониторинговые исследования зоны Грушовой и ее окрестностей.

В тектонически флюидоактивой зоне черных сланцев балки Грушевой выявлены не только субпромышленные площадные аномалии благородных металлов, но и найдены минералы золота и платины в ассоциации с пиритом (пиритизация до 28-93%), бравоитом, пентландитом, ревдинскитом и гарниеритом, сфалеритом, халькопиритом, арсенопиритом и галенитом. При картировании сланцев нами установлены аномальные субпромышленные концентрации благородных металлов. Первые четыре пробы,

проанализированные в Лаборатории анализа минерального вещества ИГЕМ, показали постоянное присутствие золота и платиноидов (Au - 0,11-0,17 г/т; Pt - 0,03-0,07 г/т; Pd - 0,3-0,7 г/т). Последующие анализы черных сланцев, выполненные в Лаборатории физико-химических исследований Института геологии Дагестанского научного центра РАН, атомно-абсорбционным методом, подтвердили эти результаты.

В дальнейшем в разрезе сланцев зоны Грушовой на протяжении 1 км было отобрано 28 бороздовых и штуфных проб в интервалах с рудной минерализацией (пирит, халькопирит, бравоит, пентландит, арсениды и антимониды никеля, сфалерит, галенит, арсенопирит, платина, золото). Из 28-ми проб в 12-ти пробах разреза сумма благородных металлов превышала 1 г/т, а в остальных пробах не опускается ниже 0,6 г/т. Аналогичные «открытые» аномалии, не имеющие геологических границ, ограниченные только опробованием, выявлены по всей полосе черных сланцев. Такие же результаты показало опробование сланцев опорного разреза балки Бахмутки (приток р. Уруп), Худесс-Чучкурского рудного узла и всех дальнейших работ в пределах артыкчатской и андрюкской черносланцевых свит ($Д_2ar$) [2,4]. Результаты опробования девонских сланцев показали повсеместное их обогащение благородными металлами. Необычность оруденения черных сланцев Северного Кавказа заключается в равнозначном содержании как золота, так и платиноидов. В то время как данные по рудоносности известных месторождений черносланцевой формации показываю господство одной из составляющих - либо золота, либо платиновой группы [13].

Уже в начале изучения черных сланцев перед исследователями остро вставал вопрос о первичном источнике их обогащения благородными металлами. Изучение вещественного состава и геохимии сланцев и полученные геологические результаты (Е.А. Снежко, Ю.Я. Потапенко, И.А. Богуш, Н.В. Глазырина, Г.В. Рябов, В.С. Исаев) указали на тесную связь терригенной и хемогенно-осадочной составляющих сланцев с вещественным составом ультрабазитов. Доказано, что черные сланцы состоят из продуктов экзогенного разрушения ультрабазитов [2,4]. Этот вывод существенно скорректировал важный дискуссионный теоретический вопрос о первичном источнике накоплении благородных металлов в сторону первичной ультрабазитовой магмы.

Проблема рудоносности альпинотипных ультрабазитов Северного Кавказа благородными металлами активно рассматривалась С.Г. Парадой с коллегами (малкинские и беденские ультрабазиты) [15,16,17] и авторами (Беденский массив) [2-6]. В работе С.Г. Парады и др. [15] положительно оценивается рудоносность ультрабазитов Малкинского массива по причине аномальных находок металлов в речных отложениях, окружающих массив. Коренные выходы Беденских ультрабазитов, изученные С.Г.Парадой и др. [16], не обнаружили геохимических аномалий металлов. Небольшие аномалии платины были выявлены в отложении ручьев, текущих по ультрабазитам. Учитывая эти находки, а также аналогию Малкинскому массиву, И.А. Богушем были сделаны выводы о потенциальной рудоносности Беденских ультрабазитов [2]. Но однозначное определение рудоносности ультрабазитов было получено нами уже при изучении юрской коры выветривания Беденского массива [4, 5]. Распределение благородных металлов (Au, Pt, Pd) в разрезе разнофациальных продуктов коры выветривания показывает практическое отсутствие металлов в коренных серпентинитах, но резкое возрастание содержания металлов в коре их выветривания - суммарно до 2 г/т. Максимальные значения содержаний благородных металлов (золото, платина, палладий) отмечаются в сортированных осадочных продуктах (осадочные руды и песчаники юры), испытавших латеральную транспортировку и обогащение. Результаты изучения рудоносности мощной (до 30 м) коры выветривания ультрабазитов указывают на нее как крупный потенциально промышленный рудный объект.

Первичная рудоносность ультрабазитов**,** обогащенных благородными металлами, обсуждаемая в работах С.Г. Парады с коллегами [15, 16, 17] и коллектива авторов [3, 6], получило полное подтверждение благодаря открытию благороднометалльной рудоносности юрской коры выветривания Беденского ультрабазитового массива [4, 5]. Описание и опробование коры выветривания Беденского массива выявило равномерное

развитие металлов в разрезе разнофациальных горизонтов коры. Максимальные аномалии металлов (Au, Pt, Pd) зафиксированы в осадочных продуктах выветривания ультрабазитов - в осадочных переотложенных толщах тонкодисперсных железных руд и переотложенных терригенных песчаниках плинсбаха. В них содержания металлов в сумме составляет 1,0-2,0 г/т. Эти факты позволяют положительно рассматривать металлоносность не только самой коры выветривания ультрабазитов, но и переотложенных продуктов ее размыва (шлейфы коры выветривания). В первую очередь легко диагностируются железистые продукты перемыва коры. В нижней юре Северного Кавказа железистые продукты многочисленных кор выветривания распространены в бассейне рек Малки-Кубани и прилегающей территории плато Бечасын [9, 10, 15, 19]. По общему мнению исследователей, железные руды и ожелезнение осадочных пород нижней юры междуречья Малки-Зеленчука связано с продуктами разрушения крупного Малкинского ультрабазитового массива [14, 15].

Выше обозначенные предпосылки вызвали интерес авторов к железистым отложениям нижнеюрских кор выветривания ультрабазитов и их продуктов в Кубань-Малкинском междуречье. Наше внимание в 2007 году привлекли ожелезненные осадки аалена бассейна реки Кубани, резко выделяющиеся на площади в 100 км^2, являющиеся продуктами перемыва железных руд коры Малкинского массива ультрабазитов. По данным С.Г. Парады [15] площадь размыва этого массива в доюрское время составляла 510 км^2. Повсеместная железисто-магнезиальная минерализация в ааленских осадочных породах послужила причиной проверки этих отложений на наличие благородных металлов [6]. В левом и правом бортах реки Кубани в районе аулов Кумыш и Сары-Тюз четко прослеживается на протяжении 16 километров пласт бурых ожелезненных пород аалена. Эти породы, выделяясь текстурной плотностью, слагают небольшой уступ и отнесены к доломитизированным песчаникам [20]. Геохимическое опробование и изучение разрезов аалена в районе селений Кумыщ и Сары-Тюз выявило наличие крупной площадной аномалии благородных металлов: Au - 0,01-1,58 г/т; Pt - 0,1-0,8 г/т; Pd - 0,1-1,4 г/т. Железисто-магнезиальные осадки ааленских отложений по объему аномалии и доступности представляют потенциальный промышленный интерес.

И.А. Богуш в конце прошлого века участвовал в разведке крупного Чучкурского месторождения золота в Северном Приэльбрусье, где гидротермально-метасоматическое оруденение развито в основании нижнепермского андезито-дацитового палевулкана, субгоризонтально залегающего на черных сланцах девона. Оруденение локализуется в вулканогенно-осадочной толще основания вулкана и в черных сланцах, имея общий тектонический контроль. Сульфидизированные руды фациально представлены березитами, березит-пропилитами и кварц-серицитовыми метасоматитами. Участие минерализованных черных сланцев в рудном процессе является несомненным. Учитывая тесную ассоциативную связь золота и металлов платиновой группы, специфичную для Северного Кавказа, в 2017 году мы опробовали руды Чучкурского месторождения на платину и палладий. Дополнительные анализы руд Чучкурского месторождения показали полное совпадение по золоту и высокие содержания платины (0,31-0,80 г/т) и палладия (0,71-1,75 г/т) во всех 23-х пробах. Золотосодержащие руды месторождения на металлы группы платины ранее не опробовались, запасы этих металлов не определены и в подсчете запасов не учитывались. С учетом полученных новых данных золоторудное Чучкурское месторождение следует относить к золото-платино-палладиевым месторождениям, а ценность руд возрастает в 2-3 раза.

Предложенные материалы и факты позволили впервые создать металлометрическую прогнозно-поисковую модель группы благородных металлов (Au, Pt, Pd) Северного Кавказа. Модель создана на основе принципов исторического, онтогенического, фациального и вещественного подходов к группе благородных металлов, комплекс которых ранее на Кавказе не рассматривался. Вышеизложенные материалы рудоносности благородных металлов на Северном Кавказе затронули лишь верхние пласты проблемы. Необходимы широкомасштабные работы для рассмотрения промышленного освоения металлов. Несмотря на находки минералов всей группы

платиноидов авторы затронули, в основном, лишь платину и палладий по причине ограниченности аналитической базы. Перспективны исследования и других платиноидов - осмия, рутения, родия. Необходимо проведение детальных поисково-оценочных работ и выделение промышленных объектов. Открытие новой рудной провинции вызывает множество вопросов и необходимость существенных разработок, особенно в теоретическом плане. Геологическая изученность Кавказа и доступность объектов изучения делает этот регион весьма перспективным для новых открытий.

Литература

1. *Богуш И.А., Курбанов М.М.* Концепции рудоносности и перспективы благородных металлов черносланцевых толщ Северного Кавказа / Основные проблемы геологического изучения и использования недр Северного Кавказа. Ессентуки. 1995. С.308-311.
2. *Богуш И.А.* Благородные металлы углеродсодержащей формации Передового хребта Северного Кавказа / Новые идеи в науках о Земле. V Междунар. Конф. Москва. 2000. Т. 2. С. 190.
3. *Богуш И.А., Рябов Г.В., Кафтанатий А.Б.* Минералы платиновой группы в аллювии бассейна рек Уруп-Большая Лаба (Северный Кавказ) // ДАН. 2010. Т.435. № 3. С. 357-360.
4. *Богуш И.А., Бурцев А.А., Черкашин В.И.* Благородные металлы в черных сланцах Урупо-Лабинского района / Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа. Грозный. 2016. С. 35-40.
5. Новый тип оруденения благородных металлов на Северном Кавказе / *Богуш И.А., Черкашин В.И., Рябов Г.В., Абдуллаев М.Ш.* // ДАН. 2016. Т.466. № 2. С. 193-195.
6. *Богуш И.А., Черкашин В.И.* Источники благородных металлов (Au, Pt, Pd) на Северном Кавказе. Литосфера.2019. Т. 19. № 3. С. 465-471.
7. Большой Кавказ в альпийскую эпоху / Под. ред. *Ю.Г.Леонова*. М.: ГЕОС, 2007. 368 с.
8. *Гаврилов Ю.О.* Динамика формирования юрского терригенного комплекса Большого Кавказа: Седиментология, геохимия, постседиментационные преобразования. М.: ГЕОС, 2005. 350 с.
9. Геология СССР. Т. IX. Северный Кавказ. Ч. I. Геологическое описание. Изд-во Недра. 1968. С. 49.
10. *Гладких Н.А., Белуженко Е.В., Горбачев Е.Ф.* Огнеупорное глинистое сырье и отложения нижней юры на площади Таранкул-Тюбе (плато Бечасын Карачаево-Черкесской республики) // Разведка и охрана недр. 2012. № 5. С. 34-40.
11. *Глазырина Н.В.* Особенности вещественного состава и перспективы рудоносности черносланцевых отложений Тоханского покрова Северного Кавказа. Автореферат канд. дис. Ростов н/Д. 2006. 25 с.
12. Петрохимические особенности черносланцевых отложений Тоханской серии Кавказа / *Гончаров В.И., Богуш И.А., Глазырина Н.В., Джангиров М.Ю.* // Труды южного научного центра РАН. Т.1. Геология. Изд-во: ЮНЦ РАН, 2006. С. 84-92.
13. *Гурская Л.И.* Платинометалльное оруденение черносланцевого типа и критерии его прогнозирования. СПб. Изд-во: ВСЕГЕИ, 2000. 208 с.
14. *Маркин М.Ю.* Минерагения Малкинского ультрабазитового массива. Автореферат канд. дис. Ростов н/Д. 2001. 24 с.
15. Минерагенические аспекты геохимических исследований Малкинского рудного района / *Парада С.Г., Маркин М.Ю., Холод Ю.В., Шишкалов И.Ю.* // Вестник Южного научного центра РАН. Том 7. № 1. 2011. С. 47-58.
16. Первые химико-аналитические данные о платиноносности Беденского серпентинитового массива (Карачаево-Черкесская республика) / *Парада С.Г., Маркин М.Ю., Столяров В.В., Шишкалов И.Ю.* // ДАН. 2014. Т. 454. № 5. С. 567-569.
17. *Парада С.Г.* Предпосылки и признаки платиноносности гипербазитовых массивов Северного Кавказа // Наука Юга России. 2017.Т. 13. № 1. С. 59-73.
18. *Рябов Г.В.* Платиноносность руд колчеданных объектов Северного Кавказа (на примере Урупского месторождения // Геология, оценка и локальный прогноз месторождений цветных, редких и благородных металлов // Новочеркасск ЮРГТУ (НПИ). 1994. С. 25-32.
19. *Тимофеева З.В.* Геохимия железистых пород и руд плато Бечасын (Северный Кавказ) // Литология и полезные ископаемые. 1966. № 1. С. 112-121

20. *Черницин В.Б., Андреев Ю.П., Оробей В.И.* Стратифицированные проявления свинцово-цинковой минерализации в юрских осадочных толщах Северного Кавказа // Литология и полезные ископаемые. 1968. № 3. С. 28-41.
21. *Черкашин В.И., Богуш И.А.* К киммерийской металлогении Северного Кавказа. Генетические и поисковые модели рудогенеза // Труды Института геологии ДНЦ РАН. Вып. 57. Махачкала. 2011. С. 181-189.
22. (1991) Gurskaya L.I. Platinum-grjup element mineralization associated with the black shales a new stratiform type ort for PGE. Abstr. VI Internation. Platinym semhjs. Perth, W. Australia. P. 23.
23. (1979) Holland H.D. Metals in black shales - a reassessment. Ecnomic Geology. Pp. 1676-1680.
24. J. Mao, B. Leman., A. Du, G. Zhang, D. Ma, Y. Wang, M. Zeng, R. Kerrich (2002) Re-O Dating of Polymetallie Ni-Mo-ЗПУ-Au Mineralization in Love Cambrian Black Shalts of South Cina and Its Geologie Sinificanse. Economic Geol. Vol 97. Pp. 1051-1060.

УДК 620.91; 528.942 (477.75) DOI:10.34708/GSTOU.2021.67.42.052

ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕТРОПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА В НАЧАЛЕ XX ВЕКА

© Горбунова Т.Ю.

ФИЦ ИнБЮМ, г. Севастополь; РУДН, г. Москва; СевГУ, г. Севастополь

В работе представлены результаты исследований истории оценки ветрового потенциала Крымского полуострова в начале XX века. Представлены подходы к оцениванию, использованные критерии и величины потенциала, полученные разными авторами.

Ключевые слова: *ветропотенциал, оценка, ветер, Крым, Таврическая губерния.*

Вопросам анализа теоретического (валового) и технического потенциала территории Крыма для использования ветроэнергетических систем посвящено значительное количество исследований. Оценки ветрового энергетического потенциала Крымского полуострова начали активно проводиться с 20-х годов XX столетия сотрудниками Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ).

В 1923 г. Красовским Н.В., Сабининым Г.Х. в работе [1] было подсчитано общее количество ветряных двигателей на территориях губерний европейской России, их плотность, вероятная средняя установленная мощность. Общее количество ветряных двигателей по данным анкетирования по уездным земствам, произведенного комиссией по изучению естественных производительных сил России (РАН, 1917 г.) составляет 956 штук, вероятная средняя установленная мощность равна 13100 л.с., что примерно равно 9772,6 кВт. По Таврической губернии данные Главного управления мукомольной промышленности (1921 г.) отсутствуют. В работе приведена картограмма (рис. 1), которая отображает среднюю плотность двигателей по губерниям европейской части России, в том числе и Таврической. На карту нанесены линии равных скоростей ветра для зимнего периода.

Для оценки общей мощности учтенных ветряных двигателей непосредственных данных у авторов не имелось, проводился ее расчет. Первое приближение к оценке средней установленной мощности при полных 8760 часах работы получено с помощью формулы:

$$N = 0{,}000494\frac{\varepsilon}{0{,}592}FW^2, \qquad (1)$$

где F – ометаемая крыльями двигателя площадь $\frac{\pi D^2}{4}$; W – скорость ветра, м/с; ε – реальный коэффициент использования энергии ветра = 0,2; N – мощность, л. с. Для расчетов использовался средний диаметр крыльев ветряных двигателей, равный 16 м.

В работе сравнивается стоимость энергии, выраженной в сило-часах, полученной от ветра и от традиционных источников. Приведены примеры такого сравнения, сделаны выводы о дешевизне энергии ветра.

В работе рассмотрено также влияние рельефа, растительности и застройки на скорость и величину энергии ветра. Преграды на пути ветра (в частности, лес) уменьшают его скорость и силу, которые восстанавливают свои значения через 10 – 15 величин высоты преграды. За неимением полных аэродинамических спектров работающих ветряных двигателей авторами было принято приближение, что скорость ветра за ними восстанавливается на таком же расстоянии, как и за лесом. На этих выводах построен расчет технического потенциала территории. Разместив ветряные двигатели в шахматном порядке на расстоянии, равном десятикратной высоте установки двигателя (диаметр крыла плюс 10 м от земли до нижнего края крыла), авторы

рассчитали количество двигателей, которое можно разместить на 1 км^2 и среднюю годовую мощность, которую можно получить с 1 км^2 территории. Побережье Черного моря выделяется авторами как территория с дешевой энергией ветра, которая может конкурировать с любой традиционной энергией.

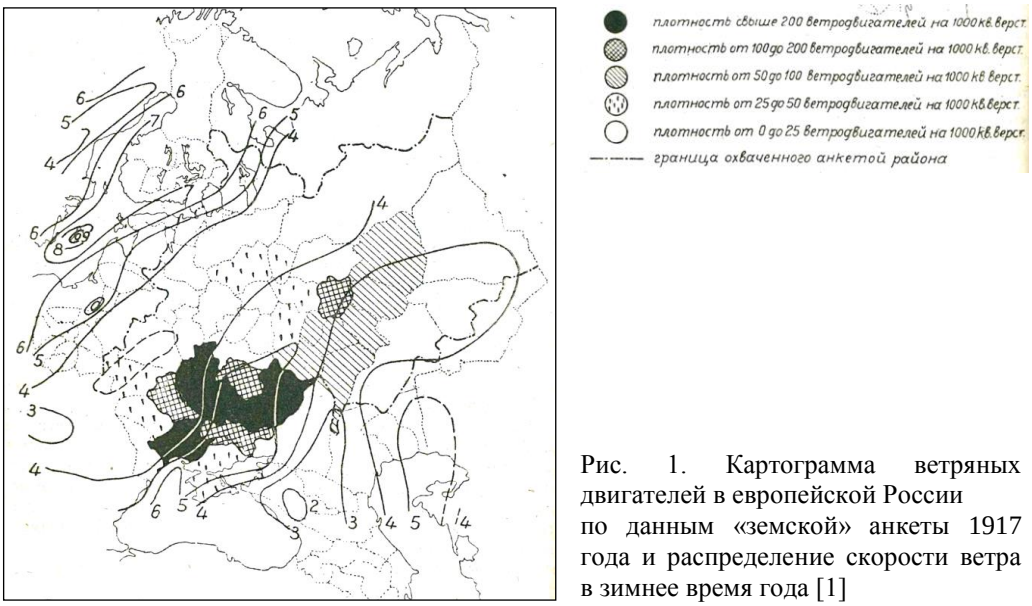


Рис. 1. Картограмма ветряных двигателей в европейской России по данным «земской» анкеты 1917 года и распределение скорости ветра в зимнее время года [1]

В статье говорится о важности работы ветряных двигателей совместно с аккумуляторами энергии. Авторы прогнозировали быстрое развитие ветровой энергетики при совершенствовании конструкции ветряных двигателей и создании поселений с автономным энергообеспечением. Таким образом, в работе даны опосредованные оценки ветроэнергетического потенциала через максимальную установленную мощность ветродвигателей на территории Таврической губернии.

В работе [2] М.В. Келлер произвел расчет энергии ветра путем оценки мощности воздушной струи единичной площади сечения по данным метеостанций Севастополь и Караби-Яйла. В ходе анализа составлены графики повторяемости разных скоростей ветра на указанных метеостанциях. Далее дается сравнение количества энергии, которое можно получить при средних скоростях и средней повторяемости ветра и сильных скоростях, но малой повторяемости ветра. Рассмотрена проблема выбора направления установки ветроагрегата по доминирующим направлениям ветра. Проведен расчет оптимального ветра для установок с учетом скорости, повторяемости ветра, а также экономических параметров, таких как расходы, связанные с работой установки, время работы установки, нагрузка и др.

В статье рассматриваются следующие варианты работы ветроустановки: самостоятельная работа без аккумуляции, с аккумуляцией, с тепловым резервом, работа на общую сеть с аккумуляцией, работа на общую сеть с аккумуляцией только излишков, работа ветросиловых установок, обеспечивающих мощные областные комбинаты (промышленные предприятия). Работа дает общее представление об использовании энергии ветра в 30-е годы в Крыму. Расчеты энергии ветра представлены только для двух пунктов в виде графиков, картографирование не проводилось.

Красовским Н.В. был опубликован ряд работ [3–6], в которых проводится расчет скоростей и мощности ветра по методике, описанной в работе [1]. В работе [3] автором построена предварительная карта среднегодовых скоростей ветра Европейской части СССР на основании данных 1387 метеостанций за период с 1891 по 1909 гг. (рис. 2).

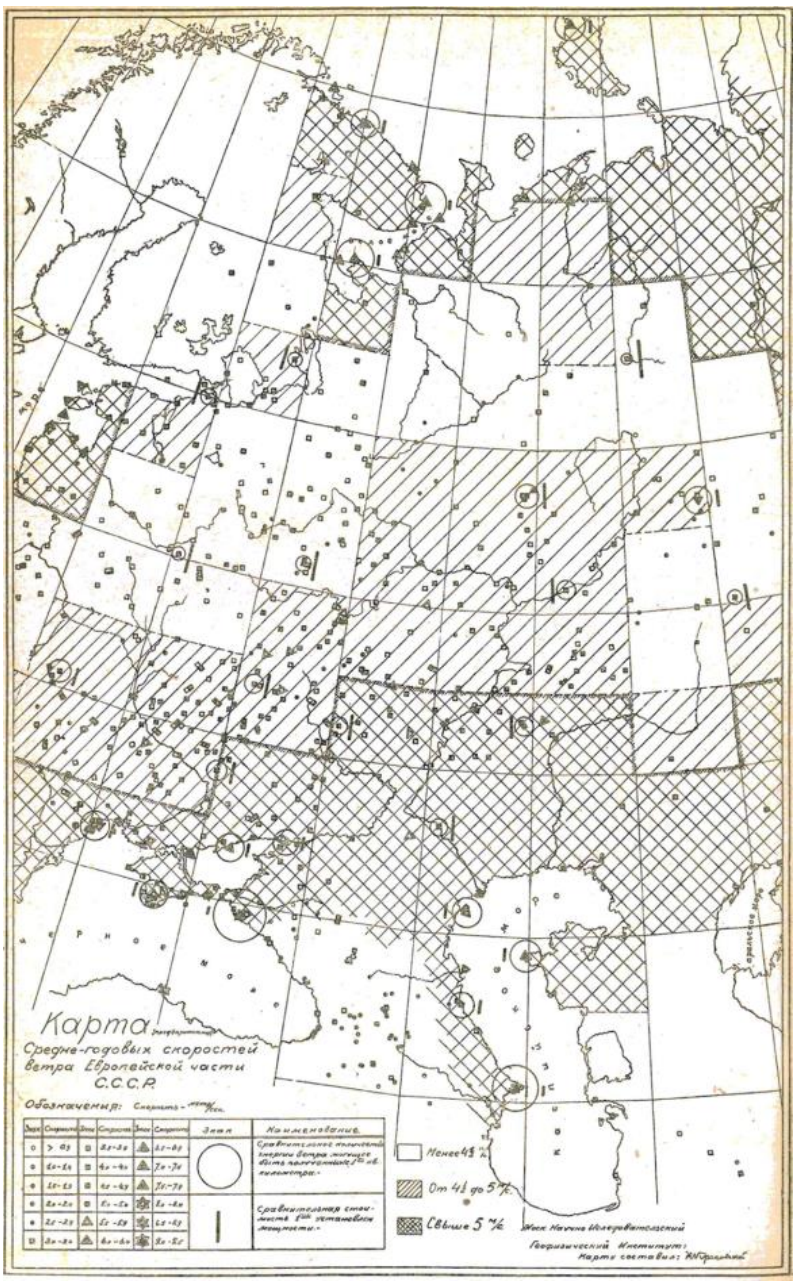


Рис. 2. Среднегодовые скорости ветра Европейской части СССР [3]

На карте условными обозначениями показано расположение метеостанций со среднегодовыми значениями скорости ветра. Данные усреднены по ячейкам и штриховкой показаны области преобладающих скоростей. Согласно карте, среднегодовые скорости ветра в Крыму имеют значения свыше 5 м/с. Также автором сделана сравнительная оценка количества энергии ветра, которое можно получить с 1 км^2 территории и стоимости единицы установленной мощности. Было показано, что для Южного берега Крыма эти значения достаточно однородны.

В работе [6] более подробно рассматривается рельеф как фактор, влияющий на перераспределение скорости ветра. Согласно представлениям авторов, распределение

скоростей ветра, полученное над моделью горной гряды, показывает, что близ вершины гряды скорость ветра увеличивается не менее чем в 1,2 раза по сравнению с нижними частями склонов. В природных условиях скорость ветра над вершиной холма определяется взаимодействием двух факторов: сжатия струй над вершиной холма (аэродинамический эффект) и общего характера изменения скорости ветра с высотой в соответствии с погодными условиями.

В работе предложен метод, приведены примеры расчетов установленной мощности и среднегодовой выработки, отнесенные к 1 км^2 земной поверхности при различных средних скоростях ветра. Установленная мощность и годовая выработка ветровых двигателей определяются в зависимости от начальных условий: технических характеристик ветровых двигателей и электрогенераторов, потерь энергии в трансмиссиях ветровых двигателей, установленных мощностей генераторов, повторяемости скоростей ветра данных конкретных районов, стоимостей отдельных частей установок и др. Проведены расчеты мощности ветровых двигателей, установленных с заданной плотностью на территории областей РСФСР, и средняя годовая произведенная энергия. Показано, что для Крымской АССР расчетная мощность ветровых двигателей составляет $20{,}4 \cdot 10^6$ кВт, а среднегодовое количество энергии ветра достигает $37{,}8 \cdot 10^9$ кВтч. В рассмотренных публикациях Н.В. Красовского при расчете ветрового потенциала не учитывается местная циркуляция, автор не дает никаких рекомендаций по поводу территорий приоритетных для строительства ветроэлектростанций.

Работа выполнена в рамках темы НИР ФИЦ ИнБЮМ № 121040100327-3.

Публикация выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства РУДН.

Литература

1. *Красовский Н.В., Сабинин Г.Х.* Проблема использования энергии ветра // Труды Центрального Аэро-Гидродинамического Института. 1923. Вып. 2.
2. *Келлер М.В.* Энергетические ресурсы ветра и его использование // Плановое хозяйство. 1929. № 8.
3. *Красовский Н.В.* Использование энергии ветра для целей электрификации // IX Всесоюзный электротехнический съезд. 1936.
4. *Крассовский Н.В.* О перспективах использования энергии ветра // Доклад на 2 съезде по изучению производительных сил КрымАССР. Симферополь. 1932. 16 с.
5. *Красовский Н.В.* Использование энергии ветра в народном хозяйстве СССР. Л. 1934. 20 с.
6. *Красовский Н.В.* Как использовать энергию ветра. М.-Л. 1936.

УДК 001.1:06.06:908 DOI:10.34708/GSTOU.2021.33.17.061

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, МАТЕРИАЛЬНАЯ КУЛЬТУРА И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО В ЭКСПОЗИЦИЯХ КРЫМА И КАВКАЗА НА ВСЕРОССИЙСКОЙ ВЫСТАВКЕ 1923 ГОДА

© Елина О.Ю.

ИИЕТ РАН, г. Москва

В статье впервые в истории науки и социальной истории России рассматриваются региональные экспозиции Крыма и Кавказа на Всероссийской сельскохозяйственной и кустарно-промышленной выставке, проходившей в сентябре-октябре 1923 г. в Москве. Выставка должна была стать важным событием научно-технического развития Советской России в период новой экономической политики. Целью выставки было продемонстрировать научно обоснованную модернизацию сельского хозяйства, обзор природных ресурсов и материальной культуры страны. После создания Советского Союза в декабре 1922 г. большевистские лидеры возложили на выставку дополнительную миссию: наряду с акцентированием общенационального, продемонстрировать уникальную идентичность регионов СССР. В сотрудничестве с местными комитетами Главный выставочный комитет в Москве разработал правила и образцы построения территориальных экспозиций, включая национальные / союзные республики, автономии и области СССР. Неотъемлемой частью образа региона должен был стать архитектурный облик павильона. Изучая содержание и художественные особенности экспозиций, данная статья раскрывает культурную и технологическую презентацию региона и пропагандистские задачи, поставленные организаторами выставки. В статье показано, что экспозиции Крыма, Кавказа и других территориальных образований демонстрировали как культурно-исторические традиции, так и новаторские научно-технические разработки регионов.

Ключевые слова: *Крым, Кавказ, природные ресурсы, материальная культура, сельское хозяйство, НЭП, СССР, Всероссийская сельскохозяйственная и кустарно-промышленная выставка, архитектура, крестьяне.*

Введение. Предлагаемая работа продолжает оригинальный авторский проект освоения корпуса материалов Всероссийской сельскохозяйственной и кустарно-промышленной выставки (ВСХВ), проводившейся в Москве в августе-сентябре 1923 г. [12, 13]. Впервые будут изучены павильоны республик, представляющих Крым и Кавказ; в центре внимания окажутся их архитектурный облик, естественно-исторические, этнографические и аграрные экспозиции. В исследовании ставится задача проанализировать тематику экспозиций с точки зрения демонстрации природного и культурного разнообразия как самостоятельной научной ценности, с одной стороны, и как ресурса и средства модернизации сельского хозяйства, с другой. Работа будет опираться на междисциплинарный подход, сочетающий историко-научный анализ с искусствоведческим взглядом на возможности воссоздания художественными средствами природных и культурно-исторических особенностей региона. Результаты исследования позволят впервые увидеть самопрезентации автономий Крыма и Кавказа начала 1920-х гг., когда в СССР еще не утвердилось жесткое распределение полномочий и границ, известное по более позднему сталинскому союзному устройству.

Методы. Поставленные задачи диктуют первостепенную ориентацию на архивные источники, составивших базу исследования. В ходе работы были выявлены и введены в научный оборот делопроизводственные документы, иконотека и материалы личного происхождения, связанные с подготовкой и проведением ВСХВ [8]. Методической основой станет социологический подход, рассматривающий регион как социальный конструкт, создаваемый исторически обусловленными практиками и дискурсами, в которых акторы наделяют определенными значениями материальные и

символические миры [15]. Историография, помимо единичных работ о ВСХВ, включает также труды по социально-политической истории СССР в 1920-е гг., региональной политике, освоению природных ресурсов, экологической истории и истории культуры [3–5, 14, 16].

Общая характеристика проблемы. Организация ВСХВ началась весной 1922 г. в сложный период окончания гражданской войны, когда все силы страны сосредоточились на борьбе с последствиями голода, преодолении политики «военного коммунизма», волнений в деревне и введении новой экономической политики (НЭП) [2, 6]. Выставка располагалась на территории рядом с Крымским валом, занимая сегодняшний Парк им. Горького и Нескучный сад [1, с. 3–9]. Исходно ВЦИК и СТО во главе с В.И. Лениным планировали ВСХВ как смотр, ограниченный пространством Советской России в период НЭПа, но после образования СССР в декабре 1922 г. потребовалось кардинальное переформатирование и расширение проекта [13, с. 2]. Большевистских лидеров вдохновляла амбициозная идея экспонирования «революционных достижений и планов» в главной отрасли экономики тогдашнего СССР – сельском хозяйстве, с одновременной демонстрацией результатов научной каталогизации природной среды и ресурсов [7, с. 3]. Перед устроителями ВСХВ были поставлены две основные задачи. Первая – агитационная: убедить публику, в первую очередь крестьян, в преимуществе научно-технической модернизации сельского хозяйства, представив на выставке новые машины, технологии, данные аграрной науки. Вторая – собственно экспозиционная: показать «природное богатство страны», продемонстрировав широкий спектр географических, геологических, ботанико-зоологических, этнографических и антропологических материалов. Выполнение этих задач было возложено прежде всего на общесоюзные павильоны, среди которых Главный (с Научно-просветительским и другими академическими отделами) и множество отраслевых – от Земледелия и Животноводства до Лесного и Промыслового. Те же задачи, но с учетом идентичности и национального позиционирования территории, призваны были решить павильоны союзных республик и автономий [8, оп. 1, д. 3, 14, 37, 129б].

От Российской империи выставочному движению досталась традиция авторитарного «центризма», доминирования в павильонах России центральных институций, показа периферийных регионов лишь как носителей этнической специфики. Сформированные в период НЭПа стратегии перехода от глобального к локальному, акцентирование субъектности и экономико-политической самостоятельности территорий требовали иного подхода [10]. Каждый регион должен был выявить и представить на ВСХВ все то, что сам считал необходимым – от биоразнообразия и ресурсной базы до научной специфики сельского хозяйства. Помимо центрального выставочного комитета в Москве были созданы республиканские и краевые. Объединенное Совещание всех комитетов в марте 1923 г. приняло резолюцию: «каждая республика, каждая губерния, каждое учреждение и организация … должны широко откликнуться на это чрезвычайной важности государственное дело… [ВСХВ. – О.Е.] и быть на выставке» [8, оп. 1, д. 28, л. 12].

Союзным республикам, автономиям и ключевым областям отвели отдельную локацию, в результате появились 20 региональных павильонов – от Украины и Азербайджана до Дальнего Востока и Туркестана.

Результаты. Результатом проведенного исследования стало детальное рассмотрение павильонов и экспозиций, относящихся к выбранной теме.

Павильон Крымской автономной республики (№ 69) располагался на центральной оси партера выставочного комплекса около Голицынского пруда и был удачно вписан в живописный рельеф участка. Проектирование здания поручили известному зодчему М.Я. Гинзбургу, который несколько лет прожил в Крыму, занимаясь изучением местного народного творчества и строительной практикой. Крымский павильон на ВСХВ стал первой постройкой архитектора после возвращения в Москву. Здание было стилизовано под Бахчисарайский ханский дворец и в плане представляло собой

анфиладу экспозиционных помещений, окружавших внутренний двор. В экспозициях были представлены многочисленные объекты и материалы по виноградарству и виноделию, плодоводству, консервированию. Во дворе разместились живые посадки дикой крымской флоры и коллекции декоративных растений, отобранные Никитским ботаническим садом. При павильоне имелись кофейня, шашлычная и чебуречная.

Этнографическая часть экспозиции была решена своеобразно, в духе выставочной программы привлечения на ВСХВ «крестьян-насельников»: на территории близ павильона была воссоздана оригинальная крымская сакля, в которой на протяжении всего срока выставки проживала семья крымского татарина, снабженная всем необходимом для воспроизведения повседневных трудовых практик – принадлежностями домашнего обихода и, главное, скотным двором на 50 овец. Публике демонстрировалось производство брынзы, которую можно было пробовать и покупать [8, оп. 13, д. 26; 9, с. 24].

Павильон, получивший на ВСХВ обобщенное название «Кавказ» (№ 87), представлял автономные республики и области Северного Кавказа: Горскую республику (в составе Чеченского, Ингушского, Осетинского, Кабардинского, Балкарского и Карачаевского округов) и Дагестан. Архитектурное проектирование павильона было выполнено в духе народной архитектуры региона – основные экспозиции разместились в здании, стилизованном под каменное высотное жилище горцев с башнями и подсобными помещениями. Главная часть экспозиции была посвящена общему обзору природы Кавказа, представленному в моделях, картах, фотографических материалах, живописных полотнах и пр. Отдельно экспонировалась «полезная флора» Кавказа, прежде всего пищевые, прядильные, масличные, медицинские растения и продукты их переработки. Не менее важная составляющая показа – кустарные производства: техника ткачества/ плетения и образцы местных материй, кружев, ковров и пр. [8, оп. 13, д. 8; 9, с. 23].

Рассмотрены также тематически сходные павильоны Абхазии (№ 76) и Грузии (№ 38), географически близких к региону Кавказа. Павильон Абхазии получил неофициальное название «цветущий сад»; архитектурно он не был примечателен и представлял собой традиционный абхазский жилой дом. «Гвоздем» экспозиции стал расположенный при павильоне большой массив живых посадок, представляющих флору черноморского побережья Кавказа; в их создании участвовал Сухумский ботанический сад. [9, с. 23].

Грузинский павильон возводился строительной группой под руководством архитектора Г.М. Тер-Микелова, имевшего опыт работы в Закавказье. Здание представляло собой объемную постройку с внутренним двором, стилизованную под грузинский храмовый комплекс. В научно-просветительском отделе павильона разместились витрины опытных станций Грузии, демонстрировались достижения Тифлисского и Батумского ботанических садов. Ведущее место заняли экспонаты по виноградарству и виноделию: живая лоза; орудия по уходу, сбору и обработке винограда; коллекции вредителей; коллекции вин; учебный материал и пр. Большой отдел был посвящен плодоводству и огородничеству, где разместили готовые для сезонного экспонирования плоды и овощи, а также восковые модели и семена. Субтропический раздел представлял собой плантации с живыми кустами чая, видовым разнообразием бамбука, камфарными, масличными, прядильными и красильными растениями. Коллекции по шелководству и пчеловодству дополнялись образцами коконов шелковичного червя и ульями с пчелами [8, оп. 1, д. 129б; оп. 13, д. 31; 9, с. 22–23].

Помимо республиканских национальных зданий, Крым и Кавказ экспонировали свои достижения на ключевых площадках ВСХВ: в Главном доме и его ведущих отделах (Научно-просветительском, Сельскохозяйственного опытного дела, Агрономической помощи, Труда и др.); в отделе Земледелия (павильонах Полеводства и специальных культур, Пролетарского земледелия, Огородничества, бахчеводства, садоводства и плодоводства); в Кустарном отделе; в отделе Животноводства (почти во всех 15

павильонов, в том числе – Крупного рогатого скота, Свиноводства, Мелкого животноводства, Птицеводства, Пчеловодства и Шелководства); в отделах Машиностроения (павильоны «Машины и орудия», Госсельсклад), Кооперации, Промысловом; в Отделе переработки продуктов земледелия. Большая экспозиция Крыма, посвященная ирригации, размещалась в павильоне Сельскохозяйственной мелиорации и гидротехники и включала карты, диаграммы и другой графический материал по классификации «неудобных земель» региона, результаты исследований в области технологий искусственного орошения (в том числе – ресурсы надземных и подземных вод), проекты и модели гидротехнических сооружений, плакаты, художественные панорамы и др. [8, оп. 1, д. 129б].

Народный быт республик, в том числе Крыма и Кавказа, был представлен в отдел «Деревни» с подразделами «Старая деревня» и «Деревня будущего». Организаторы ВСХВ поставили перед экспертами задачу показать контраст между нынешней и будущей повседневностью деревни и агротехнологиями так, чтобы крестьяне сознательно выбрали будущее: «продемонстрировать ... крестьянское хозяйство, столь разнообразное на огромной территории России, его климатические, почвенные и экономические различия». Эксперты отобрали десятки «типовых» хозяйств для различных климатических зон, предлагая «выставить жилище с предметами обихода, двором со всем инвентарем, лошадьми, скотом и другими животными» [8, оп. 13, д. 9, л. 3]. Отобранные для показа жилища были тщательно обмерены и воспроизведены по чертежам на выставке. Главное – создавалась группа «крестьян-насельников», которые со своими семьями должны были проживать в своих воссозданных хатах, избах и юртах, продолжая свои повседневные занятия [8, оп. 13, д. 26]. «Старая деревня» стала уникальным примером «живой» этнографической экспозиции. Для Крыма, например, решено было воспроизвести традиционное национальное жилище крымских татар, которое расположилось на территории павильона республики.

Обсуждение. Анализируя полученные результаты, отметим: присутствие на ВСХВ не только союзных республик, но и автономий, и ряда областей – отражение региональной и национальной политики, проводимой в тот период в стране. С одной стороны, набирала обороты мобилизационная модель всеобщей интеграции с наднациональными практиками и инструментами преобразования: кампаниями «соучастия», митингами, демонстрациями, празднованиями, пропагандой «смычки» «города и деревни», «столицы и окраин» [10]. Однако, ключевым было федеративное, по В.И. Ленину, а не автономное внутри РСФСР, как настаивал И.В. Сталин, устройство Союза, проведение политики «коренизации» с утверждением культурно-исторической идентичности национальных территорий [3, 16, 17]. Добавим к этому заложенную в период НЭПа стратегию экономической субъектности, хозяйственного развития территорий и крестьянского единоличного хозяйствования [11]. ВСХВ пришлась на момент равновесия, оптимального сочетания центробежных и центростремительных тенденций, демонстрируя единство научно-технологического пространства страны на фоне своеобразия представленных регионов.

Заключение. Подводя итог, сделаем выводы: организаторам выставки удалось представить публике особенности и хозяйственное разнообразие регионов, входящих в состав СССР, используя сочетание продуманного художественного оформления и богатых экспозиций, доставленных «с мест». Выставка выработала особый конвенциональный подход, демонстрируя регионы на фоне объединяющей идеи науки и технологий как базовой ценности государства. Оптимизм устроителей ВСХВ питала доминирующая установка на модернизацию с опорой на науку, заимствование иностранных технологий, использование кооперации, развитие концессионных производств и других преимуществ НЭПа. В результате ВСХВ, которую посетили более 1,5 млн человек, стала инструментом и катализатором модернизационных процессов, послужила образцом для 6 тысяч местных выставок по всей стране, общее количество посетителей которых приблизилось к 6 млн. В этом смысле ВСХВ выполнила задачу демонстрации преимуществ объединения «советизированных» республик в СССР при

отсутствии сильной централизации. Отмена НЭПа и пересмотр региональной политики похоронили экономические проекты ВСХВ, сохранив ее лишь как яркое событие в истории искусства.

Литература

1. Всероссийская сельскохозяйственная и кустарно-промышленная выставка с Иностранным отделом: материалы и документы. М.: Изд. ГВК, 1923. Вып. 2.
2. *Ильиных В.А.* 2012 НЭП: Поиск оптимальной модель реформирования аграрного строя // Экономическая история. Т. 1. № 16. С. 16–26.
3. *Карпов Ю.Ю.* Национальная политика советского государства на северокавказской периферии в 20–30-е гг. XX века: эволюция проблем и решений. Санкт-Петербург: Петербургское востоковедение, 2017.
4. *Корчагина С.И., Черепухина В.С., Чернявская Е.Н.* Социально-экономическое развитие СССР в 1920–1930 годы XX века // Bulletin Social-Economic and Humanitarian Research. 2021. Vol. 9. № 11. DOI: 10.5281/zenodo.4362499
5. *Максимов К.Н.* Исторический опыт нациестроительства в РСФСР в 1920-е годы // Вестник Калмыцкого университета. 2018. Т. 37. № 1. С. 14–23.
6. Материалы к Всероссийской сельскохозяйственной и кустарно-промышленной выставке. Омск: Изд-во ОГУ, 1922.
7. Положение о Всероссийской сельскохозяйственной и кустарно-промышленной выставке с Иностранным отделом. М.: Новая деревня, 1922.
8. Российский государственный архив экономики (РГАЭ). Ф. 480 (Главный выставочный комитет).
9. Указатель отделов Первой сельскохозяйственной и кустарно-промышленной выставки. Вып. 1. М.: Изд. ГВК, 1923. С. 37–39.
10. *Brandenburger D.* Global and Transnational in Form, Soviet in Content: The Changing Semantics of Internationalism in Official Soviet Discourse, 1917–1991 // Russian Review. 2021. Vol. 80. № 10. Pp. 562–80.
11. *Darrow D.W.* From Commune to Household: Statistics and the Social Construction of Chayanov's Theory of Peasant Economy // Comparative Studies in Society and History. 2001. Vol. 43. № 4. Pp. 788–818.
12. *Elina O.* Exhibiting nature, modernising agriculture: ecology and technology at the All-Russian Agricultural Exhibition, 1923 // *IOP Conference Series:* Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 350. Special Issue EHSCIP. EESE3501001. DOI: 10.1088/1755-1315/350/1/012001
13. *Elina O.* Regions at the All-Russian Agricultural and Handicraft Industrial Exhibition, 1923: Geography, Ethnology, and Art // *IOP Conference Series:* Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 351. Special Issue EHSCIP. EESE5791157. DOI: 10.1088/1755-1315/579/1/012157.
14. *Franco M.P.V.* Conservation, economic planning and natural capital in early Soviet ecology Ecosystem Services. 2020. Vol. 41. № 2. 101064. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101064 (дата обращения: 28.10.2021).
15. *Paasi A.* Place and Region: Regional worlds and words // Progress in Human Geography. 2002. Vol. 26. № 6. P. 802–811.
16. *Nevskaja T.A., Kondrasheva A.* Ideology and utopia: the national state structure of the USSR (presented on the example of the North Caucasus territories) // Balkanistik Forum. 2021. Vol. 30. № 3. Pp. 288–302.
17. *Туфанов Е.В.* Коренизация как инструмент формирования региональной номенклатуры на материалах Северного Кавказа в 1920-1930-е гг. // Научная мысль Кавказа. 2017. № 3. С. 84–89. DOI 10.23683/ 2072-0181-2017-91-3-84-89

УДК 93:332.05: 504.062 DOI:10.34708/GSTOU.2021.46.71.064

ИСТОРИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ГЕОПАРКОВ ЮНЕСКО: ОТ ОХРАНЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ К СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

© Караев Ю.И.

СКГМИ (ГТУ), г. Владикавказ

Работа посвящена преобразованию геопарков из территорий, организованных для охраны геологических памятников природы в современную комплексную систему рационального природопользования, а также в наиболее эффективное на настоящий момент воплощение на практике Концепции ООН Устойчивое Развитие и Целей Устойчивого Развития (ЦУР). Приведены основные характеристики Глобальных геопарков ЮНЕСКО - цели, задачи и функции и их непосредственная связь с ЦУР.

Ключевые слова: *Геологические памятники природы, Концепция ООН Устойчивое Развитие, Цели Устойчивого Развития (ЦУР), Глобальные геопарки ЮНЕСКО, рациональное природопользование.*

Введение

Индустриализация повлекла за собой масштабные нарушения в балансе состояния окружающей среды за счёт нещадной эксплуатации как отдельных видов природных ресурсов, так и всей природы в целом. Всё это сопровождалось массовым загрязнением различных сред природы отходами производственной деятельности, среди которых были и нетипичные химические соединения и пр.

Всё это оправдывалось необходимостью удовлетворения всё возрастающих потребностей человека, при этом надо заметить, что большая часть этих потребностей не являются сколь-нибудь жизненно необходимыми. Человек постепенно превращался из творца своего будущего в безудержного разрушителя-потребителя всевозможных и необязательных для нормальной жизни благ. Этот процесс, к сожалению, продолжается до сих пор. В итоге все эти негативные процессы в совокупности превратили человека, одного из многочисленных субъектов природы, в мощнейшего её разрушителя. Всё негативное проявление от такой его деятельности стало сказываться и на качественных показателях окружающей человека природной среде и, соответственно, на условиях жизни человека, его здоровье и жизни.

На определённой стадии подобного развития стало понятно, что необходимо найти из создавшегося порочного круга выход. Учёные и специалисты во многих странах мира забили тревогу ещё в начале XX века, но только во второй её половине к ним стали прислушиваться и в итоге появилась Концепции ООН Устойчивое Развитие, которая была направлена на решение проблем, связанных с негативными последствиями в окружающей среде и поиска вариантов дальнейшего развития человечества, которое бы обеспечило нормальную жизнь как живущим ныне людям, так и всем последующим жителям планеты.

Эта проблема очень не простая и многогранная, главной же её задачей является поиск путей отхода от нерационального и нещадного природопользования к её комплексному рациональному и природосберегающему варианту.

Конец прошлого и начало текущего веков и были посвящены решению этой важнейшей для человечества задачи. В процессе её разрешения предлагались различные варианты комплексных систем общественно-эколого-экономического развития.

Одним из подобных вариантов современного устойчивого развития, особенно в условиях горных территорий, как нам видится, это организация геопарков по образу и подобию Глобальных геопарков ЮНЕСКО.

Материалы и методы исследования.

Основным методом настоящего исследования являлся анализ доступных материалов в области организации, функционировании и развития геопарков, международной системы Глобальных геопарков ЮНЕСКО в мире и России. В процессе проведённого исследования использовались материалы из опубликованных научных изданий и журналов, сборников международных и всероссийских конференций, интернет-изданий и интернет-ресурсов, а также собственные работы, в том числе и результаты полевых исследований, как в рамках Северо-Кавказской комплексной экспедиции (СККЭ) 2015-2021 гг., так и собранные в предшествующие годы.

Результаты исследования и их обсуждение

В виду того, что о Глобальных геопарках ЮНЕСКО и, в частности, об организации, функционировании, целях, задачах и др. характеристиках геопарков достаточно много доступной информации [1-5 и др.], в настоящей работе на этих вопросах не делается акцент.

Появлению в мире геопарков способствовало отсутствие каких-либо обобщённых и систематизированных регламентов и комплексов, которые способствовали бы охране, изучению и исследованию таких природных памятников как типичные (типовые) и уникальные геологические объекты и процессы, которыми изобилуют все регионы мира.

Геологические памятники природы, к которым и принято сегодня относить эти объекты и процессы, только в случае попадания в контуры (площади) особо охраняемых природных территорий (ООПТ), становились объектами охраны, изучения и исследования. Но абсолютное большинство значимых и интересных геологических объектов и процессов находились вне этих природоохранных и исследовательских территорий, а значит подвергались различным внешним воздействиям, в том числе и негативным. И это те из них, которые не были подвергнуты тому или иному виду эксплуатации. Другое дело поверхностные и приповерхностные объекты недр, которые, при наличии в них месторождений полезных ископаемых, нещадно эксплуатировались, а значит и разрушались, и, одновременно, те из них, что сохранялись после эксплуатации, загрязнялись различными отходами производства. Кроме того, внешнему воздействию подвергались геологические объекты, на которых и внутри которых сооружались различные подземные площадные и линейные сооружения, такие как тоннели, подземные хранилища и ёмкости различного назначения и т.д.

Объяснение такому положению дел с охраной геологических памятников природы автору настоящей работы видится в том, что вся современная природоохранная деятельность родилась в той среде, где занимались исследованием проблем состояния и развития объектов и субъектов флоры и фауны, а со временем и в связи с настоятельной и срочной необходимостью сохранения флоры и фауны, т.е. объектов биоты. Абиотические объекты, т.е объекты неживой природы, первым организаторам ООПТ, а это были, как правило, биологи и/или экологи, по-видимому, представлялись "вечными и незыблемыми". В этой связи, если их и замечали, то, видимо, считали не заслуживающими особого внимания и "недостойными" особого статуса, а нередко на них и внимания никакого не обращали.

О крайней необходимости сохранения объектов природы на международном уровне впервые было заявлено в Рио-де-Жанейро на Конференции ООН по окружающей среде в 1992 году. А о сохранении геологических объектов для будущих поколений в форме геопарков впервые на высоком международном уровне было сказано в Пекине на XXX Международном геологическом конгрессе в 1996 году. Основная цель создания геопарков - сохранение и использование геологических объектов на базе принципов Концепции ООН Устойчивое развитие [5].

На тот момент в мире уже существовало несколько специализированных организаций, в том числе и геопарки, но сколь-нибудь стройной и/или согласованной системы и согласованных действий ещё не было, как не было и специализированного международного центра, который бы осуществлял методическое сопровождение и

предринимал другие необходимые действия и оказывал меры помощи и регулирования деятельности организаций подобного профиля.

Такая ситуация продолжалась до июня 2000 г., когда представители четырёх учреждений Германии, Греции, Испании и Франции организовали Европейскую сеть геопарков (EGN, ЕСГ). Германию на этом форуме представлял Геопарк Герольштайн/Вульканайфель (Geopark Gerolstein/Vulkaneifel), Грецию - Музей естественной истории окаменевшего леса острова Лесбос (Natural History Museum of Lesvos Petrified Forest), Испанию - Культурный парк Маэстразго (Maestrazgo Cultural Park), а Францию - Геологический заповедник Верхнего Прованса (Reserve Geologique de Haute-Provence). Несмотря на то, что это мероприятие не нашло должной огласки и реакции в широкой аудитории, но оно имело колоссальное значение для дальнейшего развития геопарков, для создания общемировой системы геопарков, а далее - превращения их в современную комплексную систему рационального природопользования и, в целом, для устойчивого развития территорий геопарков, особенно в горных регионах и странах. На первом ежегодном форуме в октябре 2000 года, вновь образованной европейской организации геопарков, в Испании на территории парка Маэстразго был сделан важный и логический следующий шаг в развитии геопарков - утверждение, разработанной совместно, процедуры вступления в ЕСГ [7].

Завершился же первый этап в деле организации международного сотрудничества геопарков 20 апреля 2001 г. во время Международной конференции по управлению охраняемыми природными территориями и устойчивому развитию в Парке Кабо-де-Гато (Испания) подписанием ***Конвенция о сотрудничестве*** ЮНЕСКО и ЕСГ, в ней были сформулированы принципы взаимодействия в области организации и функционирования геопарков.

Второй этап завершился организацией Глобальной сети геопарков (GGN, ГГН) 13 февраля 2004 г. на очередной встрече в главном офисе ЮНЕСКО в Париже, где также были представители Международной программы по геологическим наукам, Международного географического общества и Международного союза по геологическим наукам, а также международные эксперты по сохранению и использованию геологического наследия.

Понятно, что изначально геопарки выполняли исключительно природоохранные функции в отношении геологических (и других, связанных сними) природных объектов, отнесённых к уникальным геологическим объектам и/или геологическим памятникам природы. Со временем суть геопарков постепенно начала меняться, т.к. геология или точнее геологическое строение территории является базой или фундаментом всего того, что находится в пределах этой территории. Благодаря геологическому строению территории и её климатическим особенностям, на этой площади появляются те или иные разновидности почвы, на которой со временем начинают произрастать представители флоры, появляются представители фауны. При благоприятных условиях появляется человек, его сообщества. Все эти составляющие развиваются, человек, используя природные ресурсы и природные условия, создаёт, используя часть природных ландшафтов, культурные ландшафты, развивает те или иные ремёсла, появляются со временем, помимо памятников природы, памятники культуры и т.д., и т.п. Именно такая взаимосвязь всех составляющих территорий геопарков и привело к мысли о целесообразности комплексного подхода в их деятельности и подвело к конкретным предложениям и действиям, как по охране объектов природы и культуры, так и развития всей территории.

Если изначально регламент для геопарков однозначно акцентировал внимание на геологических памятниках природы, то далее ситуация менялась и уже в «Руководстве и критериях для вступления в Глобальную сеть геопарков (GGN) (январь 2014)» [8] ЮНЕСКО определение и характеристики геопарка трактуются следующим образом: «Геопарк ... это территория с четко определенными границами и достаточной площадью, чтобы она могла способствовать экономическому и культурному развитию (особенно за счет туризма). В каждом геопарке должны быть представлены объекты международного,

регионального и/или национального значения, геологическая история региона, а также события и процессы, которые её сформировали.

Геопарк – это географическая зона, где объекты геологического наследия являются частью целостной концепции защиты, образования и устойчивого развития. ***Геопарк должен включать все значимые объекты региона, а не только объекты геологического значения.*** Синергия между геологическим разнообразием, биоразнообразием и культурой, в дополнение как к материальному, так и к нематериальному наследию, такова, что негеологические объекты должны быть неотъемлемой частью каждого геопарка, особенно когда их значимость по отношению к ландшафту и геологии может быть представлена посетителям. По этой же причине необходимо включать все объекты, представляющие экологическую, археологическую, историческую и культурную ценность. История развития природы, культуры и социума неразрывно связаны между собой и поэтому в геопарках они должны быть представлены в совокупности». В этом определении уже достаточно чётко видна "комплексная" сущность геопарков, которая заметно отличается от первоначальной. А ведь между началом организации международных сообществ геопарков, которая началась в июне 2000 года образованием Европейской сети геопарков, до выхода в свет документа под названием «Руководство и критерии для вступления в Глобальную сеть геопарков (GGN) (январь 2014)» ЮНЕСКО прошло менее 15 лет.

Как видно из приведённого в регламенте ЮНЕСКО «Руководство ...» определения геопарка, от прежнего понимания геопарка как территории, которая была, прежде всего, нацелена на сохранение геологических памятников природы за короткое время был сделал гигантский шаг. И шаг этот в сторону признания геопарка, как территории где наряду с этими самыми геологическими памятниками природы - геологические объекты и геологические процессы - основы геологического строения любой и всякой территории, той базы на которой шло становление и развитие всех элементов живой и неживой природы вплоть до появления на ней человеческих сообществ со всеми атрибутами, акцент сделан на все сколь-нибудь значащие составляющие в истории развития территории. Это знаменательное преобразование геопарков позволило им не только стать реальным и практическим воплощением Концепции ООН Устойчивое Развитие, но по сути перейти с уровня особо охраняемой природной территории на более высокий уровень - уровень *современной комплексной системы рационального и сберегающего окружающую среду природопользования.*

Глобальные геопарки и ЦУР. На основе собранной информации и его анализа было проведено сопоставление целей, характеристик, задач и функций геопарков, а также Целей устойчивого развития (ЦУР), утвержденных Резолюцией 70 сессии Генеральной Ассамблеи ООН, сентябрь 2015 года: "Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года" [6]. Ниже приводятся обобщённые данные этого сопоставления.

I. Образовательная и просветительская деятельность, чему соответствует Цель № 4 ЦУР "Обеспечение всеохватного и справедливого качественного образования ...".

II. Природоохранная деятельность. Ей соответствуют: Цель № 6 "Обеспечение наличия рационального использования ..."; Цель № 7 ЦУР "Обеспечение всеобщего доступа ..."; Цель № 11 ЦУР "Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и экологической устойчивости ..."; Цель № 13 ЦУР "Принятие срочных мер по борьбе с изменение климата ..."; Цель № 15 ЦУР "Защита и восстановление экосистем ...".

III. Социально-экономическое развитие территории геопарка. Этому направлению деятельности геопарков соответствуют: Цель № 2 ЦУР "... обеспечение продовольственной безопасности ..."; Цель № 3 ""Обеспечение здорового образа жизни ..."; Цель № 5 ЦУР "Обеспечение гендрного равенства ..."; Цель № 8 ЦУР "Содействие поступательному, всеохватному и устойчивому экономическому росту ..."; Цель № 9 ЦУР "Создание стойкой инфраструктуры ..."; Цель № 10 ЦУР "Сокращение неравенства ..."; Цель № 12 ЦУР "Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и

производства"; Цель № 16 ЦУР "Содействие построению мирлолюбивого и открытого общества ...".

IV. Международное партнёрство. Ему соответствует Цель № 17 ЦУР "Укрепление средств осуществления и активизация работы в рамках Глобального партнёрства в интересах устойчивого развития".

Приведённое обобщение сопоставления показало, что из 17 рекомендуемых ООН Целей Устойчивого Развития, 15 напрямую касаются и так или иначе решаются в процессе деятельности геопарков. Это говорит о том, что геопарки являются комплексной системой природопользования и развития территории и наиболее удачным практическим воплощением Концепции ООН Устойчивое Развитие.

Выводы

Геопарки появились благодаря тому, что большинство объектов геологического наследия или геологических памятников природы не попавшие остались "безхозными", что побудило учёных и специалистов, работающих в этом направлении принять усилия по их "реабилитации".

На начальном этапе геопарки были одной из разновидностей особо охраняемых природных территорий, где акцент делался на геологических памятниках природы.

Со временем гаопарки, в силу того, что геологическое строение любой территории является базой для зарождения и развития всех её составляющих, стали превращаться в целостную систему современного комплексного природопользования и воплощением на практике Концепции ООН Устойчивое Развитие, особенно в условиях горных территорий.

Литература

1. *Акбашев А.Р., Абдрашитов Р.Х., Ардисламов Ф.Р. и др.* Геопарк "Янган-тау" // Геологический вестник. 2018. № 1. С. 3-12.
2. *Васьков И.М., Хосаев Х.С., Караев Ю.И.* Глобальные геопарки ЮНЕСКО и современные проблемы экологии // Материалы докладов III Международной научно-практической конференции Современные проблемы биологии и экологии. 4-5 марта 2021 г. Махачкала: АЛЕФ, 2021. 468 с.
3. *Караев Ю.И., Васьков И.М., Хосаев Х.С.* Глобальные геопарки ЮНЕСКО как решение проблем природопользования и основа для устойчивого развития горных территорий // Материалы докладов III Международной научно-практической конференции Современные проблемы биологии и экологии. 4-5 марта 2021 г. Махачкала: АЛЕФ, 2021. 468 с.
4. *Караев Ю.И., Хосаев Х.С.* Глобальные геопарки ЮНЕСКО как оптимальная форма воплощения на практике Концепции ООН Устойчивое Развитие в условиях горных территорий // Сборник трудов IX Международной научно-практической конференции Экологические проблемы. Взгляд в будущее**.** Ростов-на-Дону - Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2020.
5. *Корф Е.Д.* Геопарки и геотуризм как инструмент устойчивого развития сельской местности // Материалы XI Международной конференции Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий: сб. тр. науч.-практ. конф. Сочи, 2014. С. 579-581.
6. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. ООН. 2015. 45 с.
7. http://www.europeangeoparks.org/.
8. Глобальные геопарки ЮНЕСКО. https://en.unesco.org/global-geoparks.

УДК 910.4+913.1/913.8 DOI:10.34708/GSTOU.2021.37.36.066

ИСТОРИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОЛЕДЕНЕНИЯ КАВКАЗА С СЕРЕДИНЫ XIX В. НА ПРИМЕРЕ СЛОЖНО ДОЛИННЫХ ЛЕДНИКОВ БЕЗЕНГИ И МИЖИРГИ

© Керимов А.М., Акшаяков З.Т., Курашева О.А.

Высокогорный геофизический институт, г. Нальчик

В статье представлены основные исторические научные исследования, которые были проведены на Северном Кавказе с середины XIX по настоящее время на примере сложно долинных ледников Безенги и Мижирги. Представлен анализ исторических данных оледенения Кавказа.

Ключевые слова: *Северный Кавказ, исследование, ледники, Безенги, Мижирги.*

Преобладающая часть ледников сосредоточена на северном склоне, где находится 72% числа ледников и 68% их площади. Наиболее развито оледенение в центральной, самой высокой части Большого Кавказа, где в бассейнах Терека и Ингури расположено почти 69% от площади и 52% от числа всех ледников Большого Кавказа.

Между вершинами Псыш (3490 м) на западе и Казбек (5033 м) на востоке современное оледенения распределено особенно неравномерно, в виде так называемых узлов, приуроченных к наиболее возвышенным участкам Главного и Бокового хребтов [4].

В пределах этого бассейна расположен крупнейший на Кавказе ледник Безенги, длина которого составляет 17,6 км узла, а площадь превышает 36,2 км^2 [6]. Образуется он в результате слияния двух основных ветвей — Восточной и Западной. Основной является Восточная ветвь. Другими значительными ледниками бассейна являются сложные долинные ледники — Мижирги и Уллуаузна. В общем на эти три ледника приходится 68,3% площади оледенения всего бассейна [16]. Площадь сложно-долинного ледника Мижирги - 9,9 км^2, а длина 8,8 км [4].

Исследование ледников бассейна начато с середины XIX столетия, однако инструментальных наблюдений за ледниками почти не производилось до середины XX столетия, когда был выполнен большой комплекс различных гляциологических работ совместной экспедицией Северо-Кавказского управления гидрометслужбы и Института географии РАН. Современное оледенение в бассейне имеется на Главном, Боковом хребтах и их отрогах. Первые систематические сведения о ледниках Кавказа в середине – конце XIX были представлены в работах [2, 15, 23].

С 1866 г. на Кавказе начались первые инструментальные (мензульные) съёмки для создания одновёрстной (1:42 000) карты. В высокогорной зоне съёмки проводились с 1881 г. корпусом военных топографов под руководством А.В. Пастухова. Работы продолжались до 1910 г.; попутно с определением границ ледников составлялись детальные описания отдельных ледников, проводились наблюдения за их отступанием (Пастухов, 1889; Жуков, 1889). [5, 19].

Наблюдения за поверхностными скоростями движения ледников Безенги и Мижирги начаты в 1889-1913 гг. Н.В. Жуковым и Н.А. Бушем [16].

По свидетельствам местных жителей Безенгийской долины Н.Я. Динник (1890) ссылается на то, что в 1850 г. ледники Безенги и Мижирги соединялись, тогда как в конце XIX в. они уже существовали обособленно [2, 21].

В 1889 г. Н.В. Жуков определил среднюю скорость движения льда за год равную 17 м. Однако место, где измерялась скорость, в работе не указано. Н.А. Буш в 1913 г. в районе Караул-коша (2,5 км от конца языка ледника в 1975 г.) за период с 13 июля по 2 августа произвёл определение скорости движения льда. В 365 м от правого склона за этот период она оказалась равной 6,3 м, что составляет 31,5 см/сутки. Первым длину

ледника Безенги определил по топографическим картам В.Г. Михайловский. По его определению, она равна 19,6 км. Несколько позже вышел Каталог ледников Кавказа К.И. Подозерского. По данным этого Каталога, длина ледника равнялась всего 13,61 км. При составлении Каталога К.И. Подозерский пользовался теми же картами, что и В.Г. Михайловский [16]. Однако при составлении этого Каталога К.И. Подозерским допущен был ряд неточностей. В каталоге [17] введя поправки приводится, что в 1888 г число ледников в бассейне р. Черек достигало 99 с общей площадью 272, 01 км^2. Фрагмент карты К.И. Подозерского (1911) представлен на рис. 1.

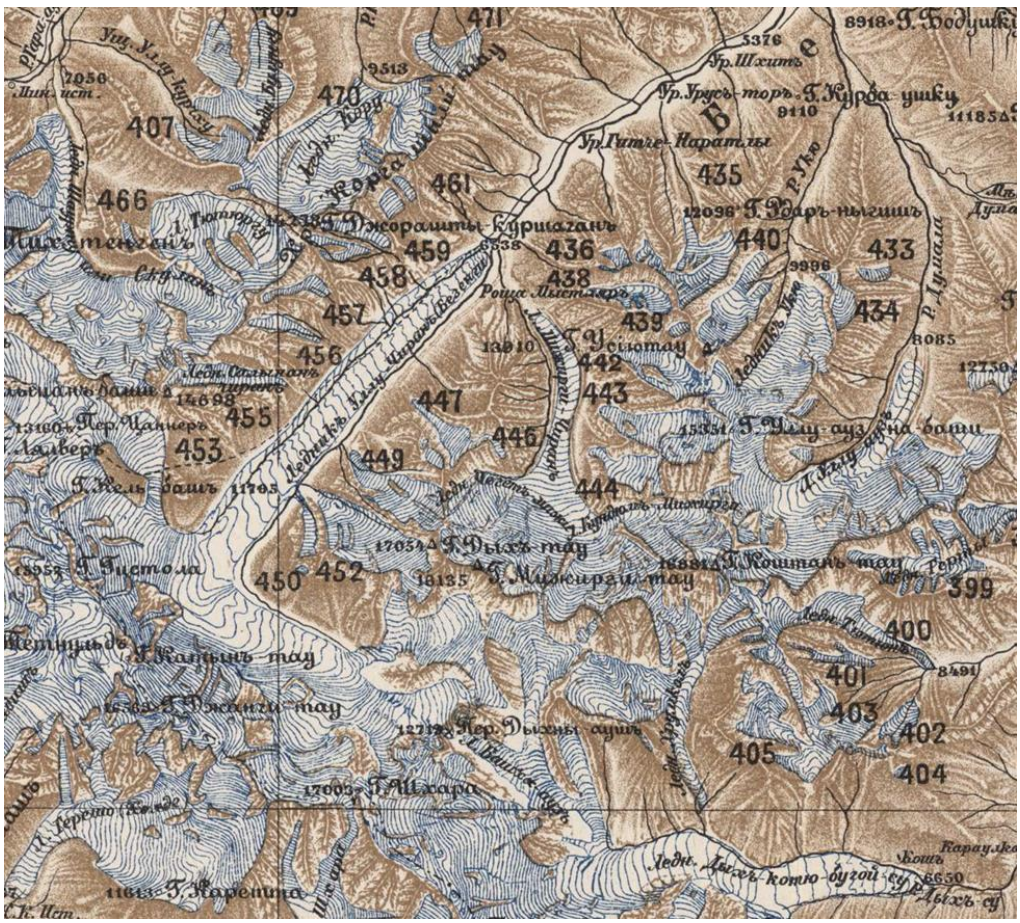


Рис. 1. Фрагмент карты К.И. Подозерского (1911) [20]

Это крупнейшая работа по ледникам Кавказа конца XIX – начала XX вв., которая вместе с одновёрстной картой используется вплоть до настоящего времени для сравнения с размерами современного оледенения [11].

Исчерпывающие обзоры об истории оледенения Кавказа принадлежат И.С. Щукину (1926), П.В. Ковалёву (1967). В.Д. Панову (1978, 1993). [10, 18, 16, 22]. Анализ исторических данных показывает, что с середины XIX в., оледенение Кавказа имело большие, чем теперь, размеры, и многие ледники наступали [21]. Результаты сравнения каталогов 1911, 1957 гг. и современных исследований свидетельствуют о том, что на протяжении XX и в начале XXI столетий оледенение Кавказа сокращается. По данным В.Д. Панова и П.М. Лурье, площадь ледников северного склона Главного Кавказского хребта сократилась с 1614 км^2 в 1895 г. до 765 км^2 в 2011 г., т.е. на 849 км^2, или на 52,6%. [9].

В 1960-1961 гг. экспедицией Ростовского государственного университета под руководством Х.Я. Закиева в районе Караул-коша на высоте 2450 м производились наблюдения за движением льда. В средней части ледника за период с 7 июля 1960 г. по 20 августа 1961 г. была отмечена наибольшая скорость за год – 76,0 м, в то время как у правого борта всего 44,0. В августе 1961 г. в районе Караул-коша были произведены наблюдения за движением льда. Они показали, что среднесуточные скорости движения льда в летний период также увеличиваются от борта ледника к его центру, в то же время скорость движения в летний период оказалась больше в 2,5-3 раза по отношению к годовой [16]. По данным [17] число ледников в бассейне р. Черека увеличилось за 1888-1966 гг. на 83, при этом более 50% их приходится на бассейн р. Черек Безенгийский. Увеличение количества ледников в бассейне р. Черека произошло преимущественно за счёт отчленения и обособления притоков от более крупных ледников (84%). Особенно интенсивно этот процесс происходит у таких крупных ледников как Безенги, Дых-Су, Уллуаузна. В районе ледника Безенги в результате отчленения за указанный период образовалось свыше двадцати небольших ледников (рис. 2).

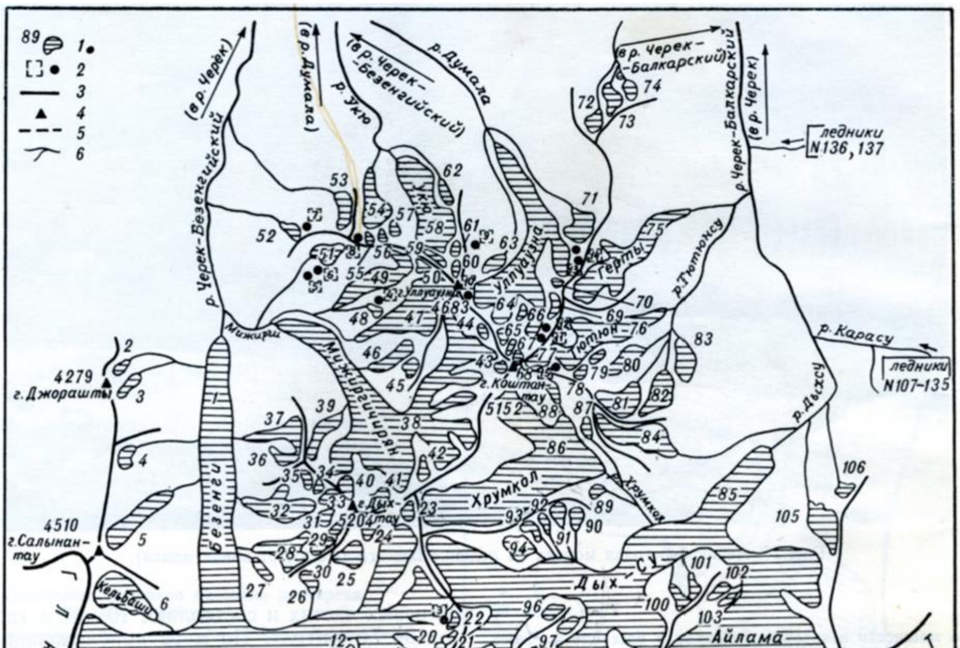


Рис. 2. Схема расположения ледников в бассейне рек Черек-Безенгийский (ледники №1-71) и Черек-Балкарский (ледники №72-106)

1 – ледники площадью 0,1 км^2 и более их номера по табл. 1, 2 – ледники площадью менее 0,1 км^2 и их номера, 3- водоразделы, 4 – вершины, 5 – ледоразделы; 6-реки [17]

Наряду с отчленением притоков от больших ледников и распадением ледников на части, в бассейне р. Черека произошло и полное исчезновение ряда ледников. Всего в бассейне за 1888-1966 гг. растаяло 29 ледников.

Таким образом, несмотря на то, что данные о размерах ледников в середине XIX в. немногочисленны, они всё же ясно свидетельствуют о том, что в это время масштабы наступления ледников были гораздо более значительными, чем в конце XIX в.: каровые

и долинные ледники были в среднем на 1000 м длиннее, чем теперь, а их концы располагались на 200 м ниже современных [21].

В последние годы для оценки динамики ледников и климатических изменений на Кавказе всё больше используются материалы повторных космических съёмок, цифровые модели рельефа, радиолокационное зондирование, наземные DGPS - съёмки [9] воздействием приложенных к ним сил [1]. Одним из быстро развивающихся методов оценки объема ледников является моделирование толщины льда на основе упрощенных гляциологических принципов движения льда, данных о границах ледника и рельефе поверхности в виде цифровых моделей рельефа [24-26]. В начале 1970-х гг. первые радиолокационные измерения были сделаны на ледниках Безенги [14]. Как показано в работе, [12] в 2012 и 2013 гг. впервые проведены масштабные аэрорадиолокационные измерения толщины ледников на Кавказе. В верховьях р. Черек 15 сентября 2012 г. была измерена толщина крупнейших сложнодолинных ледников – Безенги [12]. По данным [12], в бассейне р. Черек длина профилей радиолокационных измерений составила более 130 км; на 50 % из них были получены отражения от ложа. Несмотря на широкое применение этих методов, каждый из них имеет существенные погрешности в определении объема льда и рельефа подледного ложа. По данным дистанционного зондирования ледник Безенги за период 1957-2017 гг. отступил на 938-943 м, т.е в среднем за год 15,6 м . Реакции на потепление климата в конце XX в. самого крупного ледника Кавказа- Безенги и ледника Эльбруса- Гарабаши совпадают. Начавшиеся усиления таяния ледника Гарабаши в 2010-2017 гг. совпадает с увеличением скорости отступания ледника Безенги. Этот факт подтверждает одинаковую реакцию всей ледниковой системы Кавказа на потепление климата [12].

В работе [8], приводится уменьшение площади оледенения и прогнозные данные северного склона Большого Кавказа за период с 1895 по 2030 [13]. Как видно из публикации [8], идет интенсивная деградация оледенения за рассматриваемый период. По оценке экспертов [13] при такой скорости деградации оледенения северного склона Большого Кавказа дефицит ледникового стока в водном балансе региона может составить от 15% до 30%.

Выводы

Число ледников за последнее столетие во всех горно-ледниковых районах изменяется: в некоторых происходит увеличение, в других же уменьшение. Крупнейшим ледником на Кавказе является сложный долинный ледник Безенги.

Сложно-долинный ледник Безенги продолжает отступать. Если на рубеже XX и XXI веков скорость отступания достигала 18 м/год (1998-2003 гг.), то к 2004 году скорость его отступания несколько замедлилось. За год среднее отступание составило 2-3 м. Скорость отступания ледника в 2011-2013 гг. вновь возросла, достигнув в среднем 8-10 м/год, в некоторых местах до 30 м и более. Верхняя часть ледника отступает быстрее и разваливается.

С 1957-2019 гг. ледник Безенги сократился на 0,67 км^2, в среднем ледник Безенги терял в год 10,8 тыс. м^2, а длина его уменьшилась на 1080 м. Ледник Безенги в эти годы отступал со скоростью около 18 м/год [3]. Начиная с 2004 г. по 2006 г. наступает некоторая стабилизация обоих ледников. Начавшееся усиление таяния ледника Гарабаши в 2010-2012 гг. совпадает с увеличением скорости отступания ледника Безенги.

С начала 70-х годов прошлого века до начала XXI века ледник Мижирги находился в активной стадии наступания – 3-4 м/год. Вероятно, это объясняется тем, что он относится к пульсирующим ледникам, и некоторый накопившийся положительный баланс способствовал его наступанию. Наблюдения 2011-2013 гг. показывают отступание Мижирги со скоростью 4-6 м/год, и ледник перешёл на неблагоприятный период существования [7].

Литература

1. Гляциологический словарь / Под ред. акад. РАН *Котлякова В.М.* Л.: Гидрометеоиздат, 1984. 526 с.
2. *Динник Н.Я.* Современные и древние ледники Кавказа // Записки Кавказского отделения Русского географического общества. Тифлис. 1890. Т.14. №1. С. 282-417.
3. Современная деградация долинных ледников Центрального Кавказа / *Беккиев М.Ю., Докукин М.Д., Калов Р.Х., Ташилова А.А.* // Фундаментальная и прикладная климатология. 2021. Т. 8. № 3.
4. *Ефремов Ю.В., Панов В.Д., Лурье П.М., Ильичев Ю.Г., Панова С.В., Лутков Д.А.* Орография, оледенение, климат Большого Кавказа: опыт комплексной характеристики и взаимосвязей. Краснодар. 2007. 37 с.
5. *Жуков Н.В.* Наблюдения, произведенные над ледниками в центральной части Кавказского хребта // Изв. Кавказского Отдела РГО. 1889–1891. Т. 10. Вып. 1. С. 118–126.
6. *Залиханов М.Ч., Ефремов Ю.В., Панов В. Д.* Ледяная корона Кавказа. Нальчик: Издательский центр «Эль-Фа», 1999. 233 с.
7. *Керимов А. М., Керимов А.А., Хутуев А. М.* Динамика языковых частей долинных ледников Безенги и Мижирги с конца XX в. Известия КБНЦ РАН, 2014. №4 (60). С. 29-36.
8. *Керимов А. М., Курашева О. А* Деградация оледенения Центрального Кавказа с конца XIX века и характеристика химического состава речных вод ледникового питания // Современные проблемы гидрохимии и мониторинга качества поверхностных вод. Ростов-на-Дону. 2020. С. 59-64.
9. *Керимов А.М., Рототаева О.В., Хмелевской И.Ф.* Особенности формирования химического состава ледников Кабардино-Балкарии. МГИ. 1998. Вып. 84. С. 66-71.
10. *Ковалёв П.В.* Современное и древнее оледенение Большого Кавказа // Материалы Кавказской экспедиции. Харьков: Изд-во ХГУ, 1967. Вып. 8. С. 3-101.
11. Современные изменения ледников горных районов России / *Котляков В.М., Хромова Т.Е., Носенко Г.А., Попова В.В., Чернова Л.П., Муравьев А.Я., Рототаева О.В., Никитин С.А., Зверкова Н.М.* М. 2015. 288 с.
12. *Кутузов С.С., Лаврентьев И.И., Василенко Е.В. и др.* Оценка объема ледников Большого Кавказа по данным радиозондирования и моделирования // Криосфера Земли. 2015. Т. XIX. № 1. С. 78–88.
13. *Лурье П. М., Панов В.Д.* Изменение современного оледенения северного склона Большого Кавказа в XX в и прогноз его деградации в XXI в. // Метеорология и гидрология. 2014. №4. С. 68-76.
14. *Мачерет Ю.Я., Лучининов В.С.* Интерпретации результатов контактной радиолокационной съемки теплых горных ледников // Материалы гляциол. исслед. 1973. Вып. 22. С. 45–57.
15. *Мушкетов И.В.* Геологическая поездка на Кавказ в 1881 г. // Изв. Русского географического общества. 1881. Т.18. №2. С.106-119.
16. *Панов В.Д.* Режим и эволюция современного оледенения бассейна р. Черек Безенгийский. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 135 с.
17. *Панов В.Д.* Каталог ледников СССР. Т. 8. Ч. 7. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 96 с.
18. *Панов В.Д.* Эволюция современного оледенения Кавказа. СПб.: Гидрометеоиздат, 1993. 432 с.
19. *Пастухов А.В.* Сообщение А.В. Пастухова об его восшествии на Казбек 29- го июля 1889 года // Изв. Кавказского Отдела РГО. 1889–1891. Т. 10. Вып. 1. С. 134–145.
20. *Подозерский К.И.* Ледники Кавказского хребта // Зап. Кавказского Отдела РГО. 1911. Кн. 29. Вып. 1. С. 1-200.
21. *Соломина О.Н.* Горное оледенение северной Евразии в голоцене. М.:Научный мир, 1999. 272 с.
22. *Щукин И.С.* Очерки геоморфологии Кавказа // Тр. НИИ географии МГУ. М. 1926. Вып.1. 200 с.
23. Abich H. Geologishe Beobachtungen auf Reisen im Kaukasus um Jahre 1873. Moskau:1875. 138 p.
24. Farinotti D., Huss M., Bauder A., Funk M. A method to esti-mate the ice volume and ice–thickness distribution of alpine glaciers // J. Glaciol., 2009. vol. 55. No. 191. Pp. 422–430.
25. Li H., Ng F., Li Z., Qin D., Cheng G. An extended “perfect-plasticity” method for estimating ice thickness along the flow line of mountain glaciers // J. Geophys. Res., 2012. vol. 117. F01020. DOI:10.1029/2011JF002104.
26. Paul F., Linsbauer A. Modeling of glacier bed topography from glacier outlines, central branch lines and a DEM // Intern. J. Geograph. Inform. Sci., 2012. vol. 26. ISS. 7. Pp. 1–18.

УДК 556.3 DOI:10.34708/GSTOU.2021.92.15.067

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ (XVIII-XX вв.)

© [1,2]Керимов И.А., [1,3]Широкова В.А., [2]Гагаева З.Ш., [2]Батукаев А.А.

[1]ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН, г. Москва
[2]Академия наук Чеченской Республики, г. Грозный
[3]ГУЗ, г. Москва

Настоящая работа посвящена вопросам истории гидрологического и гидрогеологического изучения Северного Кавказа (с XVIII по XX вв.). Рассматриваются основные этапы изучения этих вопросов, которые можно разделить на: 1) XVIII в. – конец XIX вв., 2) конец XIX в. – середина XX в.; 3) середина XX в. по настоящее время. Показано, что на первом этапе основное внимание уделялось в основном изучению минеральных вод, и они носили описательный характер; на втором этапе изучались в основном попутные воды, связанные с нефтяными месторождениями; на третьем этапе значительное внимание уделялось гидрогеологическому картированию и геотермическим исследованиям, а также региональному использованию подземных вод.

Ключевые слова: *гидрологические исследования, гидрогеологические исследования, Северный Кавказ, геотермические исследования, минеральные источники, подземные воды.*

Начало работ, связанных с гидрологическими и гидрогеологическими исследованиями на Северном Кавказе было положено в XVIII в. [3, 8-10, 25]. Хронологически эти исследования можно разделить на несколько этапов.

Первый этап (XVIII в. - конец XIX в.) можно охарактеризовать как предварительный этап исследований. Гидрологические исследования в начале XVIII в. носили ознакомительный характер. Наиболее заметный след в этот период в изучение минеральных источников Пятигорья оставили Г. Шобер (1670-1739), И. Лерх (1703-1780) и др. [24]. Во второй половине XVIII в. подробные сведения о Пятигорских минеральных источниках были собраны И.А. Гюльдешнтедтом [8-9]. В то же время на Терских минеральных источниках работал академик И.П. Фальк [25]. К наиболее подробные сведения, связанные с изучением минеральных источников во второй половине XVIII в., отражены в работах И.А. Гюльденштедта [9] и П.С. Паласа [23]. Немало сведений о поверхностных и подземных водах Восточного Предкавказья имеется в архивных материалах [26-28].

С изучением подземных вод Северного Кавказа связаны имена: Ф.П. Гааза (1811), А.П. Нелюбина (1825), Ф. Конрада (1831), А. Першина (1835), Г. Абиха (1852–1874, 1886), Ф.А. Баталина (1861), С.А. Смирнова (1864–1895), Г. Струве (1868), Ф. Кошкуля (1871), А.И. Незлобинского (1874–1895), Л. Дрю (1884), И.В. Мушкетова (1885), Н.Н. Зинина и др. Одно из первых детальных геолого-гидрогеологических описаний Кавказских Минеральных Вод, некоторых минеральных источников в Дагестане было сделано Г. Абихом (1806-1886). На основе исследований он сделал классификацию минеральных вод по химическому составу и дано научное обоснование генетической связи минеральных и термальных источников региона с дизъюнктивными тектоническими нарушениями [7]. Известны сведения о минеральных водах из записок Русского Бальнеологического общества, датированные 1868 г. в которых упоминаются минеральные источники в Северной Осетии.

С конца XIX в. в связи с открытием месторождений нефти и началом промышленной добычи нефти гидрогеологические исследования приобретают более широкий размах. Начинается ***второй этап*** (конец XIX в. – середина XX в.) в гидрогеологическом изучении ВПАБ. Появляются первые гипотезы о взаимосвязи

проявлений термальных вод и нефтеносностью региона. Термальные и минеральные воды исследовались на Северном Кавказе как целенаправленно, так и гораздо чаще попутно с поисками и разведкой нефтяных и газовых месторождений.

Значительный вклад в гидрогеологическую изученность на этом этапе внесли работы С.И. Залесского (1896), Ф. Ругевича (1896), А. Коншина (1899), Э.Э. Карстенса (1909-1929), К.И. Богдановича (1910), А.Н. Огильви (1911-1917), А.П. Герасимова (1911-1948), Е.М. Юшкина (1915–1916), Н.Н. Славянова (1915-1917), А.С. Ермолова (1916), Я.В. Лангвагена (1910-1917) и др. С начала XX в. Геологический комитет приступает к планомерному изучению минеральных вод России. Систематические геолого-съемочные работы начали проводиться с 1907 г., но преимущественно в районе Кавказских Минеральных Вод. Работы проводились при участии геологов и гидрогеологов А.П. Герасимова, А.Н. Огильви, В.П. Ренгартена, К.Н. Паффенгольца. Эти разведочные работы преимущественно проводились в районах Пятигорска, Ессентуков, Железноводска, Кисловодска. Известны работы Д.В. Голубятникова в области гидрогеотермии. В 1906 г. он получил сведения о температуре по 327 скважин пробуренных на апшеронские отложения и применял их для решения нефтепромысловых задач. Продолжателями его работ были М.В. Абрамович (1912) и А.Д. Стопневич (1913).

Послереволюционный период характеризуется повышением интереса к термальным и минеральным водам. В этот период были обобщены фактические материалы в целом по подземным водам и по термальным в частности. Проведена классификация по химическому составу, температурам, минерализации условиям залегания.

В 1925 г. на основе гидродинамического анализа разработки нефтяных месторождений Н.Т. Линдроп дает обоснованное заключение о существовании водонапорного режима Грозненских месторождений [15]. В 1926-1928 гг. Н.А. Григоровичем-Березовским дана характеристика геологического и гидрогеологического строения Северо-Осетинской области, Алханчуртской долины, Брагунского и Гудермесского хребтов и долины р. Ачалуки. Он обосновал связь истощения естественных источников вод с разработкой нефтяных месторождений [7, 11, 12].

В 1-ой половине XX в. вышли работы по детальному изучению состава подземных вод на Северном Кавказе [1, 2, 4-6, 21, 22, 31]. Появление этих работ способствовало обобщению научных представлений о генезисе подземных вод. Большой размах на этом этапе приобрели гидрогеологические изыскания для целей водоснабжения, а также работы по разведке промышленных и термальных вод. Проводятся крупные тематические и научно-исследовательские работы по изучению подземных вод Северного Кавказа.

В период 1927-1928 гг. Северо-Кавказским отделением Геологического комитета был выполнен большой объем гидрогеологических исследований для поисков источников водоснабжения сельских населенных пунктов и промышленных предприятий Северного Кавказа. Изучены гидрогеологические условия восточной части Горной Чечни и Черкесии (И.В. Попов (1928, 1929, 1934); территории западной части Нагорной Чечни (Г.И. Кириченко (1927-1928); плоскостной части Чечни (Д.М. Павленко) и т.д.

На втором этапе широкого размаха достигли также исследования минеральных вод на волне развития курортного строительства и промышленных вод с целью извлечения ценных компонентов. Одна из первых работ, в которой большое внимание уделено характеристикам минеральных источников Кавказа [6]. Систематическое региональное изучение минеральных вод в целом проводилось Северо-Кавказским геологическим управлением. В 1940 г. Н.А. Григорьевым и А.И. Чернцовым было завершено составление монографии «Минеральные источники Северного Кавказа и их гидрогеологическое районирование». В этой работе дана количественная и качественная характеристика минеральных вод Северного Кавказа, рассмотрены условия формирования, закономерности пространственного их размещения. В 1939 г. для

изучения района КМВ была организована комплексная экспедиция, в которой приняли участие Бальнеологический институт «ВСЕГИНГЕО» и радиевый институт АН СССР. Экспедицией были проведены обширные комплексные работы по изучению геологии, гидрогеологии и радиологии региона. В исследованиях принимали участие: Е.В. Милановский, Н.С. Шатский, М.В. Муратов, Н.И. Николаев, В.Н. Павлинов, А.М. Овчинников, Ф.А. Макаренко, В.Ф. Кузьмин, Е.И. Старик, А.Н. Бунеев, А.И. Силин-Бекчурин, С.А. Шагоянц, Н.С. Погорельский, Н.А. Гвоздецкий, и др. К 1940 г. экспедицией было закончено составление среднемасштабной гидрогеологической карты для всего района КМВ. В дальнейшем эта карта послужила основой для проведения разведочных работ.

Гидрогеологические исследования промышленных вод проводились еще в дореволюционное время, но сведения имелись только по Западному Предкавказью. Геологоразведочные работы на поиски йодобромных вод (в лечебных целях) впервые были проведены в 1927 г. в районах Горячего Ключа и Соленого Яра (Игнатович, Палей, Славянов, 1927). Изучению характера распространения бора и некоторых других полезных элементов и соединений в водах грязевых вулканов Западного Предкавказья посвящены работы С.П. Попова (1930), А.А. Гуляевой (1939), Е.С. Иткиной (1939). С развитием геологоразведочных работ на нефть в Южном Дагестане появились первые сведения о высоком содержании йода и брома, хлористого натрия и других солей из вод нефтяных месторождений. Для добычи йода и брома на Берикейской площади в 1930–1931 гг. пробурены две скважины. В работах Н.Н. Ростовцева (1931), И.О. Брода (1932-1941), А. Стаценко (1933), Я.Г. Иващенко, Е.А. Падалка (1935), В.Р. Штамма (1941) освещены условия формирования химического состава подземных йодо-бромных вод, а также даны рекомендации решения проблемы развития йодо-бромной промышленности. Некоторые сведения о содержании микроэлементов в подземных водах Северного Кавказа приводятся в трудах Э.Э. Карстенса, Н.И. Алексюка, М.Г. Валяшко и К.Е. Питьевой, а также в работах общего характера Л.А. Гуляевой (1942), Н.В. Тагеевой (1942), А.Н. Бунеева (1944).

Третий этап гидрологических и гидрогеологических исследований Восточного Предкавказья приходится на 2-ую половину XX в. (после Великой Отечественной войны). На этом этапе больше внимания уделяют геотермическим исследованиям и гидрогеологическому картированию территории. Начинаются специальные работы по исследованию геотермии Северного Кавказа [13, 14, 16, 19, 20, 29, 30, 32]. Результатами работ ряда исследователей была доказана возможность использования термальных вод как в лечебных, так и теплоэнергетических целях.

В конце 40-60х годах выходят работы по гидрогеологии отдельных областей Кавказа [29, 30]. Начиная с 1945 г., Северо-Кавказским и Азово-Черноморским геологическими управлениями проводятся работы по планомерному комплексному геолого-гидрогеологическому картированию, сопровождаемые большим объемом буровых работ. В результате проведенных работ на равнинной части территории были изучены водоносные горизонты четвертичных, неогеновых, палеогеновых и в меньшей степени меловых отложений до глубин 700-800 м, а также водоносные горизонты меловых, юрских и палеозойских пород горной части. Для закартированных территорий освещены вопросы водоснабжения. Результаты исследований изложены в многочисленных работах.

В некоторых работах, посвященных подземным водам отдельных частей Северного Кавказа, были обобщены данные по подземным водам региона за обозначенный период, и проанализированы условия их формирования [19, 20, 30, 32]. С конца 40х – по начало 50х годов XX в. в пределах Северного Дагестана проведены большие работы по разведке и оконтуриванию Северо-Дагестанского бассейна и изучению динамики, химизма и режима его подземных вод (Г.В. Долгов, Р.В. Медведева и С.С. Мирзоян, 1949–1953). Во второй половине XX в. вышли в свет работы, в которых на основе огромного фактического материала даны детальные характеристики

подземных вод Восточного Предкавказья, в том числе и Терско-Дагестанской нефтегазоносной области и рассмотрены условия их формирования [13, 20, 29].

Северо-Кавказским геологическим управлением начиная с 1958 г. составлен ряд сводных работ по подготовке к изданию кадастра подземных вод. Кроме того, почти для всей рассматриваемой территории составлены специализированные среднемасштабные гидрогеологические карты, имеющие большое народнохозяйственное значение для перспективного планирования и решения вопросов промышленного и сельскохозяйственного водоснабжения. Для территории Ставропольского и Краснодарского краев. Кабардино-Балкарской и Северо-Осетинской АССР В.И. Блажковым, В.С. Котовым, В.А. Дукмасовой, Р.Т Козиковой, М.Л. Грековой и О.А. Чепуриной в 1962 г. составлены гидрогеологические очерки, в которых кроме описания гидрогеологических условий территории, приведена и ее инженерно-геологическая характеристика. Г.М. Сухарев опубликовал большое количество статей о формировании нефтяных и газовых месторождений и геотермическим и гидрогеологическим критериям. В эти же годы формулируется проблема использования термальных вод Предкавказья в народном хозяйстве и выполнен ряд работ по гидрогеологическому и геотермическому обоснованию [29].

В пределах Терско-Сунженской нефтегазоносной области были выделены гидрогеохимические зоны, различающихся по составу вод, минерализации, динамике вод в основных направлениях и другим параметрам. Первые две зоны расположены в южной горной части территории. В целом им характерны слабоминерализованные пластовые воды с минерализацией от 10 до 17 мг-экв/л для первой южной зоны и 15-30 мг-экв/л для второй южной зоны, расположенной севернее от первой. Третья зона находится в восточной части территории. Минерализация вод здесь изменяется от 25 до 95 мг-экв/л. В большей степени распространены сульфатно-хлор-гидрокарбонатно-натриевые воды. Зона характеризуется активным движением пластовых вод в северном направлении. Четвертая зона, расположенная в западной части характеризуется с минерализацией вод от 200 до 850 мг-экв/л. Для этой зоны характерны хлор-гидрокарбонатно-натриевые воды. Пятая зона, располагающая в северной части характеризуется повышенной минерализацией (от 700 до 1300 мг-экв/л и практически застойным водным режимом. В.М. Николаевым были даны также конкретные рекомендации по перспективам рационального использования термальных вод и их источников. В 1960–61 гг. В.М. Николаевым в ГрозНИИ выполнена работа «Влияние длительной разработки карагано-чокракских нефтяных залежей водонапорного режима на естественный режим водонапорных систем». В работе проанализирована добыча и динамика давлений в пределах Октябрьского и Старогрозненского месторождений, динамика снижения дебитов и уровней естественных источников в Передовых хребтах, а также проведена оценка темпов восстановления уровней Горячеводских термальных источников в Терском хребте в связи с сокращением отборов жидкости на промыслах и дана в связи с этим оценка перспектив использования термальных вод источников в бальнеологических целях, а также устройства теплиц.

Термальные воды на территории Северного Кавказа стали объектом внимания в 1963 г. в связи с постановлением Совета Министров СССР от 19 апреля 1963 г. № 445 «О развитии работ по использованию в народном хозяйстве глубинного тепла Земли». До этого термальные воды представляли интерес как бальнеологический ресурс. В этом же году опубликована монография Г.М. Сухарева и М.В. Мирошникова «Воды нефтяных и газовых месторождений Кавказа» с детальным анализом гидрогеологических, гидрохимических и геотермических условий Предкавказья. В этом же году выходит монография «Воды нефтяных и газовых месторождений Кавказа» за авторством Г.М. Сухарева и М.В. Мирошникова с детальным анализом гидрогеологических и гидрохимических условий Предкавказья. В 1964 г. было проведено Всесоюзное совещание по геотермическим исследованиям. С этого же времени начинаются специальные работы по изучению термальных вод и геотермии Предкавказья.

В 1964-1966 гг. в СКГУ (Северо Кавказское Геологическое Управление) А.И. Хребтовым, Д.Г. Гонсировским и др. были составлены карты термальных вод Северного Кавказа в масштабе 1:200000 и гидротермальные карты масштаба 1:500000 наиболее перспективных районов Северного Кавказа с целью использования термальных вод в народном хозяйстве. Как наиболее перспективная рассматривалась Терско-Сунженская область. С 1967 т. СКЭ «СоюзБурГаз» проводит разведочные работы на ТЭВ на площадях Дагестана в частности на Кизлярской. С 1967 по 1976 г. идет активное освоение геотермальных ресурсов Дагестана.

В 1969 г. выходит в свет методическая инструкция ВСЕГИНГЕО по оценке эксплуатационных запасов термальных вод. Ближе к 70-м гг. начинается отраслевое планомерное изучение термоводоносности на всем Предкавказье в особенности в Восточной его части (Чеченская республика, Республика Дагестан и соседние области). Проводятся исследования по совершенствованию методик разведки, добычи и эксплуатации месторождений термальных вод. Теоретические вопросы формирования термальных вод в районах Предкавказья а также методики их поисков и разведки разработаны в 1969–1975 гг. и описаны в трудах Б.Ф. Маврицкого, А.А. Шпака. Обобщение накопившегося материала геолого-геофизических и гидрогеотермических исследований по Предкавказью проводит В.П. Крымов в 1970–1977 гг. В 1971–1976 гг. проводится разведочное бурение на площадях Червленная и Шелковская ЧИАССР, которые показали продуктивность на термальные воды в пределах Притеречной равнины караганских и чокракакских отложений.

В течение ряда лет вопросами гидрогеологии нефтяных месторождений Восточного Предкавказья занимался выпускник Грозненского нефтяного института А.М. Никаноров, материалы его исследований стали основой кандидатской диссертации «Гидрогеология постплиоценовых и плиоценовых отложений Восточного Предкавказья» (1964) и докторской диссертации «Исследования в области гидрогеологии нефтяных месторождений (на примере мезозоя Северо-Восточного Кавказа) (1972). В последующем член-корреспондент РАН А.М. Никаноров создал новое научное направление «Гидрохимия» и научную школу по гидрохимии, которая была включена в 1999 г. Министерством науки в перечень научных школ РФ [17-18].

Таким образом, первый этап исследования связан с описаниями минеральных и термальных источников эпизодическими экспедициями в период освоения Северного Кавказа и связано с исследованиями Готлиба Шобера. В последующем были проведены экспедиционные исследования доктора И.А. Гильденштедта. Академические исследования продолжались до начала 1890-х гг.

Второй этап приурочен к концу XIX века (начало промышленной добычи нефти) и, связан в основном с изучением попутных вод месторождений нефти и газа. С 1901 по 1917 г. Геологический комитет организовал систематические исследования геологии и гидрогеологии Северного Кавказа. С 1920-х гг., после окончания гражданской войны происходит усиление работ по геологическому и гидрогеологическому исследованию недр для обеспечения нужд народного хозяйства. Этап продолжается до начала 40х годов XX столетия.

Третий этап (с 1946 г.), связан с послевоенными геологическими и гидрогеологическими исследованиями и продолжается до начала 90-х XX в. В это время проводились гидрогеотермические исследования и гидрогеологическое картирование.

Современный этап – с начала 90-х гг., Для этого этапа характерно увеличение доли тематических и аналитических работ. При этом отмечается сокращением полевых работ, носящих в основном прикладной характер.

Литература

1. *Архангельский А.Д.* Условия образования нефти на Северном Кавказе. М.; Л.: Изд-во Сов. нефт. пром., 1927. 183 с.
2. *Бублейников Ф.Д.* История открытий ископаемых богатств нашей страны / Под ред. чл.-корр.

Акад. наук СССР *Д.И. Щербакова*. М.: Географгиз, 1948. 343 с.
3. Географическое и статистическое описание Грузии и Кавказа из путешествия академика И.А. Гильденштедта через Россию и по Кавказским горам, в 1770, 71, 72 и 73 годах. СПб, 1809. 384 с.
4. *Герасимов А.П.* Геологическое строение Минераловодского района. Труды ЦНИГРИ, вып. 30, Л.-М. 1935.
5. *Герасимов А.П.* Лакколиты Пятигорья и восточный склон Бештау. Экскурсии по Кавказу XVIII геолог, конгресса. Л., 1937.
6. *Герасимов А.П.* Минеральные воды в России. Комис. по изучению естеств. производ. сил России, сост. при Рос. акад. наук. Петроград, 1920. 153 с.
7. Гидрогеология СССР Т. 9. Северный Кавказ. М.: Недра, 1968.
8. *Гильденштедт И.А.* Географическое, историческое и статистическое известие о новой пограничной линии Российской империи между Тереком и Азовским морем // Месяцеслов исторический и географический на 1779 г. СПб, 1779.
9. *Гильденштедт Иоганн Антон.* Путешествие по Кавказу в 1770-1773 гг. СПб: Петербургское Востоковедение, 2002. 508 с.
10. *Гмелин С.Г.* Путешествїе по Россїи для изслѣдованія всѣхъ трехъ царствъ въ природѣ. Часть третїя. Санктпетербургъ: Императорская АкадемїяНаукъ, 1785. Половина первая. 336 с. Половина вторая. 337-737 с.
11. *Григорович-Березовский Н.А.* Гидрогеологические условия Кизлярского округа // Тр. Сев.-Кавказ. ассоц. н.-и. ин-тов, № 4. Ростов-на-Дону, 1926.
12. *Григорович-Березовский Н.А.* Материалы по гидрогеологии Передовых хребтов Дагестана. Изв. СКГУ, т. IX, 1927.
13. *Киссин И.Г.* Восточно-Предкавказский артезианский бассейн. М.: Наука, 1964. 239 с.
14. *Коцеров И.Ю.* Гидрогеология чокракских отложений Северного Кавказа // Изв. Высш. уч. завед., № 9, 1963.
15. *Линдтроп Н.Т.* Буровые воды Ново-Грозненского района // Нефт. и сланц. хоз., № 6. 1925.
16. *Макаренко Ф.А.* Кавказские Минеральные Воды // Вестн. АН СССР, № 7, 1948а, 1948б.
17. *Никаноров А.М.* Гидрохимия. СПб.: Гидрометеоиздат, 2001. 447 с.
18. *Никаноров А.М.* Исследования в области гидрогеологии нефтяных месторождений: на примере мезозоя сев.-вост. Кавказа: диссертация ... доктора геолого-минералогических наук: 04.00.00. Грозный, 1971. 500 с.
19. *Николаев В.М.* Подземные воды Карабулак-Ачалукского района // Вопросы геологии и разработки нефтяных месторождений. ГрозНИИ, вып. V. Грозный, 1959.
20. *Николаев В.М.* Подземные воды майкопских отложений Терско-Сунженской нефтеносной области // Вопросы гидрогеологии. Тр. ЛГПП, т. XXX. Изд-во АН СССР, 1960.
21. *Николаев В.М.* Подземные воды сарматских отложений Терско-Сунженской нефтеносной области // Тр. ГрозНИИ, вып. 3, 1958.
22. *Николаев В.М.* Термальные воды Терско-Сунженской нефтеносной области // Геология и нефтегазоносность Северного Кавказа // Труды ГрозНИИ. Вып. XIV. М.: Гостоптехиздат, 1963. С. 218-245.
23. Новые данные по стратиграфии и гидрогеологии Северного Кавказа. Министерство геологии СССР. Сев.-Кав. геол. упр. Москва; Ленинград: изд-во и тип. Картф-ки Госгеолиздата, 1946. 87 с.
24. *Огильви А.* Краткий отчет о работах пятигорской радиологической партии 1930 г. (Из Фондов ТФГИ по СК. г. Ессентуки, инв. № 7503).
25. П.С. Палласа, доктора медицины, профессора натуральной истории и члена Российской императорской Академии наук, и Санктпетербургскаго Вольнаго экономическаго общества, также Римской императорской академии испытателей естества и Королевскаго Аглинскаго ученаго собрания, Путешествие по разным провинциям Российской империи. Санктпетербург: При Имп. Акад. наук, 1770-1788. Ч. 3, половина 2: 1772 и 1773 годов. 1788., 480 с.
26. Полиевктов М.А. Европейские путешественники XIII-XVIII вв. по Кавказу. Тифлис, 1935. 225 с.
27. Полное собранiе ученыхъ путешествiй по Россiи, издаваемое ИМПЕРАТОРСКОЮ Академiею Наукъ, ПО ПРЕДЛОЖЕНІЮ ЕЯ ПРЕЗИДЕНТА. С примѣчаніями, изъясненіями, и дополненіями. Томъ шестый. Записки Путешествія Академика Фалька. ВЪ САНКТПЕТЕРБУРГѢ, при ИМПЕРАТОРСКОЙ Академіи Наукъ. 1824. 546 с.
28. СПбФ АРАН. Ф.3. Оп. 32. Д. 1.
29. СПбФ АРАН. Ф.3. Оп. 34. Д. 39.
30. СПбФ АРАН. Ф.3.Оп.33. Д. 1.

31. *Сухарев Г.М.* Происхождение вод нефтяных и газовых месторождений 1946 г. (Из Фондов ТФГИ по СК. г. Ессентуки, инв. № 536).
32. *Сухарев Г.М.* Гидрогеология мезозойских и третичных отложений Терско-Дагестанской нефтегазоносной области и Нижнего Поволжья. М.: Гостоптехиздат. 1954. 400 с.
33. *Сухарев Г.М., Мирошников М.В.* Подземные воды нефтяных и газовых месторождений Кавказа. М.: Гостоптехиздат. 1963. 328 с.
34. *Чирвинский П.Н.* Сводный геологический и гидрогеологический очерк бассейнов рек Терека и Кумы / Труды Северо-Кавказской ассоциации научно-исследовательских институтов / Труды. Из работ Краевого гидрологического бюро при Северо-Кавказском крайземуправлении и Терского водного комитета / Н.-И. институт прикладных наук при Донском политехническом институте; № 56, Вып. 12. Ростов н/Д: тип. Кубполиграфа, 1929. 289 с.
35. *Шагоянц С.А.* Подземные воды центральной и восточной части Северного Кавказа и условия их формирования. М.: Госгеолтехиздат, 1959. 306 с.

УДК 504:711:712.4 DOI:10.34708/GSTOU.2021.31.44.071

ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ СЕТИ ЛЕСНЫХ ПОЛОС В РАВНИННОМ КРЫМУ

© Ключкина А.А.

КНС ПЗ-РАН филиал ФИЦ ИнБЮМ, г. Симферополь

В статье отмечены исторические аспекты, центрирующие понимание того, что агролесомелиоративные мероприятия в степных возделываемых районах имеют первоочередное значение для поддержания микроклиматических и водоохранных условий успешного ведения сельского хозяйствования. Под историческими аспектами понимаются научные труды, а также исторически значимые события, имевшие концептуальное значение в развитии агролесомелиорации в Крыму. Основным выводом статьи является наблюдение, что лесомелиоративные мероприятия тесно связаны с сельскохозяйственными работами в равнинном Крыму. Первые лесные полосы были заложены именно в период активного продвижения полевого хозяйства от предгорной части на север полуострова для предотвращения негативных климатических воздействий.

Ключевые слова: *лесная полоса, агролесомелиорация, Крымский полуостров, степное лесоразведение, равнинный Крым.*

Согласно географическим описаниям Крымского полуострова, его территория имеет условное разделение на равнинную, предгорную и горную части. Равнинная часть наиболее подходит для ведения пахотных работ, так как имеет подходящий уклон поверхности и относительно плодородные почвы. Эта часть полуострова расположена в зоне умеренно континентального климата, что характеризуется длительными засушливыми периодами с высокими температурами в летний период и мягкой по температурному градиенту, малоснежной зимой. Как описывает М.А. Кочкин «Степная часть Крыма и Керченский полуостров характеризуются сухим континентальным климатом с недостаточным количеством осадков, периодически повторяющимися суховеями и черными бурями, отсутствием лесов естественного происхождения. Эти особенности природы степей, даже при наличии плодородных почв, обилия тепла и света препятствуют получению устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур» [17]. По данным Н.Н. Дубенок за 2017 год равнинная часть Крымского полуострова «включает в себя свыше 2 млн га засушливой, полузасушливой и сухой степи» [6]. Согласно Приложению №1 «Анализ социально-экономического, ресурсного и экологического состояния Республики Крым» «Концепции стратегии развития Крыма за 2019 год»: «Из общей площади Республики Крым 71% (1853,3 тыс. га) составляют сельскохозяйственные земли, из которых 97% (1792,5 тыс. га) приходится на сельскохозяйственные угодья, что свидетельствует о высоком уровне освоенности земель. В структуре сельскохозяйственных угодий преобладает пашня (70,1% общей площади сельхозугодий), далее следуют пастбища - 24,1%, многолетние насаждения - 4,2%, залежи – 0,6% и сенокосы — 0,1%.» [16]. В этом же источнике говорится об общем снижении производительной способности пахотных земель в связи с тем, что «Крым является влагозависимым регионом и находится в зоне рискованного земледелия, так что погодные условия существенно влияют на урожайность и объем произведенной сельхозпродукции».

Сложные для полеводства аридные условия крымской степной зоны неизменны, согласно данным первых исследователей и путешественников с 1783 года. В первые десятилетия от этой даты князь Г.А. Потемкин, по указу императрицы Екатерины II, принимает активные действия по улучшению жизненных условий предгорных степей Крыма. Под его руководством закладываются новые города, а для их обеспечения требуются продовольствие, стройматериалы и топливо. С XVIII века в Крыму начинает

функционировать «особая Контора земледелия и домоводства Таврической области, призванная заботиться о развитии хлебопашества, садоводства и виноделия» [5]. В 1787 году Екатериной II издаётся указ о необходимости лесных посадок в Екатеринославской и Таврической областях, к которой в то время относился Крымский полуостров. Такие посадки, в основном, приходились на предгорные участки лесостепи и имели скорее промышленный характер. Активно развивающемуся региону необходимо было свое топливо и строительный материалы.

Но уже в то время ведущие исследователи-лесоводы активно обсуждали практическую ценность посадок древесной растительности и в защитных целях. Первые попытки создания опытных лесных участков в степях, как защитных природно-искусственных сооружений, начались еще на заре зарождения науки о лесе, учеными-первопроходцами такими как: В.В. Докучаев, В.Е. фон Графф, К.Ф. Тюрмер, Ф.И. Зибольд, Х.Стевен, Ф.Х. Майер и др. Так, в Крыму с 1878 года Ф.И. Зибольд вел многолетние исследования по выработке методики посадок деревьев на сухих склонах степных холмов юго-восточного Крыма, в Феодосийском горно-лесном лесничестве. В своей публикации …… он пишет об общем понимании необходимости таких работ: «…еще в 1786 Министерством государственных имуществ приступило к работам по лесоразведению в следствии ходатайства Феодосийского городского общества, усмотревшего в тогдашнем безлесии горных склонов, окружающих Феодосию, причину постепенного истощения воды в городских фонтанах, питавшихся при помощи целой сети водосборных труб, проложенных на склонах, если верить преданию, во времена генуэзцев» [7, с. 3].

В это же время в поместье Шатиловых высаживается первая лесная полоса, основным назначением которой была защита полей помещика от вредоносных суховеев, характерных для степных южных регионов. Упоминание об этом встречается в таких публикациях как «Искусственные лесонасаждения в Крыму» Л.А. Багровой и Л. Я. Гаркуша [3], в статье В. Кольцова в периодическом издании «Защитные насаждения» за 1960 год [15], и, и более подробно, в статьях Н.Н. Агапонова [1, 2] и А.А. Ключкиной [8, 9].

Таким образом, начиная с истоков истории Крыма, как части Российского государства, существовала проблема маловодности региона и обилия неблагоприятных погодных условий для ведения полевого сельского хозяйства, таких как частые засухи и черные бури. В связи с этим, уже начиная с XVIII века землевладельцы старались снизить негативное климатическое влияние на свои посевы и одним из успешных решений стали высадки лесных насаждений вдоль границ полей и дорог.

Первым лесостепным питомником в Крыму стоит полагать Сейтлеровский питомник, заложенный в 1922 г. на 10 десятинах. По данным К. П. Белопухова, этот питомник был создан специально для выращивания засухоустойчивых пород деревьев и для устройства защитных полос-изгородей [4]. С 1926 года местное издательство издает серию работ Н.Н. Клепинина, проводившего исследования на тему адаптации агролесомелиоративных работ в других районах России к Крымским климатическим реалиям [10-13].

Согласно одной из возможных периодизаций истории ведения лесного хозяйства в Крыму, первые лесные посадки защитного типа начали появляться в третий период [8], соответствующий послевоенному времени в реалиях действующей советской власти. Это подтверждается высказываем заместителя начальника Управления лесного хозяйства Рудневым в «Пояснительной записке к материалам по проверке состояния защитного лесоразведения в колхозах Крымской области»: «Освоение агролесомелиоративного фонда производилось с 1932 по 1941 год, когда было посажено 7934 га, из коей площади сохранились в настоящее время лесных полос на площади 2307 гектара…» [21]. Как можно видеть из этого высказывания приживаемость посадок составляет около 30%, а это означает, что принятые усилия не несли ожидаемого результата. Общая схема посадок все еще не имела климаторегулирующего действия, а высокая стоимость посадочных работ и качество ухода не обеспечивало достаточный

уровень приживаемости саженцев и посевов. Кроме того, значительная часть посадок все еще не имела четкой структуры и носила скорее хаотический характер. Значительно позже практическим путем, было выяснено, что только хорошо организованная система лесных полос, расположенная под верным углом относительно преобладающих негативных ветров, будет иметь климатообразующий характер.

Только с 1948 года, когда Советом Министров СССР утверждается Великий план преобразования природы Сталина [14], разворачивается обширный фронт работ по всему равнинному Крыму. Так, в этом же году, С.Е. Кузнецов готовит рекомендательную публикацию, содержащую карты агролесомелиоративных районов полуострова с их описанием, основные материалы по планам на строительство лесополос в Крыму, рассмотрены положительные эффекты от уже созданных лесополос в различных его районах [18]. В это же время выходят статьи по агролесомелиорации Г.В. Воинова, Н.А. Троицкого, Я.Д. Козина, С.С. Голубинского, Е.И. Харченко, Ф.С. Черникова и др. То есть, с этого года начинается активная работа научного состава для обеспечения планомерного покрытия защитными полосами всей обрабатываемой территории.

К 1954 году в Крымском управлении лесного хозяйства числилось уже 58 лесных питомников, основной целью которых было обеспечение государственной программы по лесомелиоративным мероприятиям в условиях крымской степи. Также благодаря государственной поддержке сеть питомников и опытных станций начинает активно развиваться, увеличиваются объёмы посадок и посевов деревьев быстрорастущих пород, даже несмотря на послевоенный дефицит рабочей силы.

Середина XX столетия является кульминационной вехой в истории создания сети лесных полос для Крымского полуострова. Как можно отметить из перечисленного ранее, основной объем исследовательских работ был проведен в начале столетия и опирался на немногочисленные данные послевоенного периода. Сложные экономические условия, отсутствие квалифицированных рабочих, диктовали скорость и качество выполнения работ. Дальнейшие посадки, проводимые в период с 60-х по 70-е годы прошлого века, также во времена советской власти, уже были значительно выше по приживаемости, но проводились по все той же схеме, намеченной в начале XX века. При наличии Северо-Крымского канала и систематического орошения возделываемых полей система лесных полос полуострова выдерживала климатические катаклизмы и выполняла большую часть из возложенных на нее функций: климатообразующую, влагорегулирующую, снегозадерживающую, рекреационную, что положительно сказывалось на микроклимате сельских угодий, состоянии водных артерий и урожайности посевов. С тех пор до настоящего времени существенных работ по восстановлению и уходу за лесными полосами Крымского полуострова не предпринимается. Значительная часть подверглась естественному старению, не менее значительная часть была вырублена в постсоветский период местным населением на бытовые нужды и лишь некоторая часть была восстановлена отельными хозяйствами.

Согласно камеральной оценке, выполненной автором, на территории Крымского полуострова на 2019 год существует 20928 линейных объектов, соответствующих характеристикам защитных лесных полос, общей протяженностью 176,86 тыс. км. При этом общий показатель технической исправности сети лесных полос как агролесомелиоративной системы не превышает 50%. Отсутствие должного ухода и управляющей структуры привело общую структуру лесных полос Крымского полуострова в не дееспособное состояние.

С 2016 года политические изменения, затронувшие Крым, привели к возобновлению интереса государства к рентабельности полеводства в крымских степях, что естественным образом затронуло вопрос о проведении государственной инвентаризации лесных полос полуострова и активизации научных исследований по этому направлению, хотя нельзя говорить об их полном отсутствии до этого времени. Так, у Е.А. Позаченюк и И.В. Завальнюк [20], уточняется необходимость проведения восстановления сети лесных полос с учетом областей геоэкологической напряженности.

Такие области были выделены авторами в результате комплексной геоэкологической оценки всего равнинного Крыма в 2006 году, основанной на ландшафтном подходе с учетом степени и направленности хозяйственного воздействия. Такой подход позволяет составить рекомендации по восстановлению сети лесных полос Крымского полуострова в зависимости от ландшафта и антропогенной нагрузки, что в значительной степени увеличит срок функциональной пригодности всей агролесомелиоративной сети. Согласно заключению в этом исследовании, «экологическая инфраструктура», частью которой является и функционально исправная сеть лесных полос, является «…средством стабилизации экологического состояния территории» [20, стр.83], что в значительной степени касается и поддержании водного режима.

О необходимости изменения подходов к проектированию сети лесных полос говорят и Е.В. Полуэктов и Н.Б. Сухомлинова. В их публикации «Особенности адаптивно-ландшафтной организации территории водосборного бассейна в современных условиях» напрямую затрагивается тема «… совершенствования организации рационального использования земель сельскохозяйственного назначения, в т. ч. сельскохозяйственных угодий, на основе проведения адаптивно-ландшафтной организации территории (проекта землеустройства) с комплексом почвозащитных мероприятий» [19, с. 1]. Однако авторы отмечают и возникающие с этим подходом проблемы: «Как было указано выше, разработка землеустроительных решений на адаптивно-ландшафтной основе должна проводиться на территории целого водосборного бассейна. Однако в настоящее время такая работа не представляется возможной в связи с рядом обстоятельств, одним из которых является то, что сегодня при проведении землеустройства необходимо учитывать такие реалии, как образование большого количества землепользований в результате выделения земельных долей, частое изменение положения границ в результате перераспределения земель между землепользованиями, дробление земельных участков, создание чересполосицы и других пространственных недостатков» [19, с. 8].

Итак, можно сделать вывод, что необходимость ведения агролесомелиоративных работ в равнинном Крыму возникла с появлением равнинного сельского хозяйствования. На данный момент идет речь о высокой степени освоенности степных участков Крыма, подвергающихся постоянной антропогенной нагрузке и несущей основную нагрузку по обеспечению полуострова продовольствием. В то же время, отмечается снижение продуктивности сельскохозяйственных земель в связи со снижением качества и объемов поливной воды и ухудшений плодородности почв. Активно развиваются эрозионные и дефляционные процессы, что часто снижают категорию сельскохозяйственных земель до неугодных. В северных участках все чаще встречаются вторично засоленные земли, непригодные даже для выпаса скота. Эти показатели указывают на необходимость переосмысления современных тенденций к пользовательской схеме ведения сельского хозяйства и брать направление на более экологоцентричное землепользование.

Литература

1. *Агапонов Н.Н., Астапов А.Ю., Неонета А.А.* Феодосийский опыт использования леса в решении водной проблемы // Мат. 15-го межд. Симпозиума. Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье. Симферополь. 2006. С. 496–497.
2. *Агапонов Н.Н., Николаев Е.В.* Полезащитные лесополосы Крыма: их экологическое и сельскохозяйственное значение. Симферополь. 2009. С. 119–127.
3. *Багрова Л.А., Гаркуша Л.Я.* Искусственные лесонасаждения в Крыму // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2009. Вып. 1. С. 134–145.
4. *Белопухов К.П.* Лесное хозяйство Крыма // Весь Крым. – 1-й Гостиполит. Симферополь: «Крымполиграфтрест». 1933.
5. *Болотина Н.Ю.* Потемкин. М.: Вече, 2014. 480 с.
6. Состояние и мелиоративное влияние полезащитных лесонасаждений в условиях степного Крыма / *Дубенок Н. Н., Танюкевич В.В., Салогуб Р.В., Кулик А.В.* // Известия НВ АУК. 2017. №4 (48). С. 16-21.

7. *Зибольд Ф.И.* О постановке опытного дела в Феодосийском горнокультурном лесничестве // Труды опытных лесничеств. МЗГИ, Лесной департамент. Вып. 2. СПб: Типография СПб. акц. общ. печ. и писчеб. дела "Слово". 1904. 737 с.
8. *Ключкина А.А.* Периодизация истории изучения защитных насаждений в Крыму на базе истории лесоводства России // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. 2021. Вып. 1(17). С. 67–94.
9. *Ключкина А.А.* Исторический аспект появления первых защитных лесных насаждений в Крыму // Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2021. Том 7 (73). № 1. С. 163–169.
10. *Клепинин Н.Н.* Отчего в Крыму часто бывают неурожаи и как с ними бороться. Симферополь: КрымГИЗ, 1926. 34 с.
11. *Клепинин Н.Н.* Почвы Крыма. Симферополь: Крымгосиздат, 1927. 19 с.
12. *Клепинин Н.Н.* Геологический очерк Крыма. Симферополь: Крымгосиздат, 1929. 14 с.
13. *Клепинин Н.Н.* Крым: сельское хозяйство. Симферополь: Крымгосиздат, 1929. 32 с.
14. *Ковда В.А.* Великий план преобразования природы. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 109 с.
15. Защитные насаждения / *Кольцов В., Важов В., Полосухин Г., Чистяков А.* Симферополь: Крымиздат, 1960. 64 с.
16. Концепция разработки Стратегии социально-экономического развития Республики Крым на долгосрочный период (промежуточный итог работы по подготовке проекта Стратегии) (режим доступа 04.10.2021) https://minek.rk.gov.ru/file/File/2015/docs/strateg/strateg_konc/strateg_pr1.pdf
17. *Кочкин М.А.* Леса Крыма. Симферополь: Крымиздат, 1952. 52 с.
18. *Кузнецов С.Е.* Защитное лесоразведение в Крыму. Симферополь: изд-во и тип. Крымиздата, 1948. 54 с.
19. *Полуэктов Е.В., Сухомлинова Н.Б.* Особенности адаптивно-ландшафтной организации территории водосборного бассейна в современных условиях // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 1(37). С.1–16.
20. *Позаченюк Е.А., Завальнюк И.В.* Экологический аудит территорий (на примере равнинного Крыма). 2006. 405 с.
21. Пояснительная записка к материалам по проверке состояния защитного лесоразведения в колхозах Крымской области за 1955г. // ГАРК Ф.Р2400. Оп.1. Д.342. Л. 2.

УДК 593.63/471.6/:551.762.3 DOI:10.34708/GSTOU.2021.23.80.016

ЮРСКИЕ УГЛЕРОДОДЕПОНИРУЮЩИЕ ОРГАНОГЕННЫЕ СТРУКТУРЫ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА (страницы истории)

© Краснов Е.В., Романчук А.Ю.

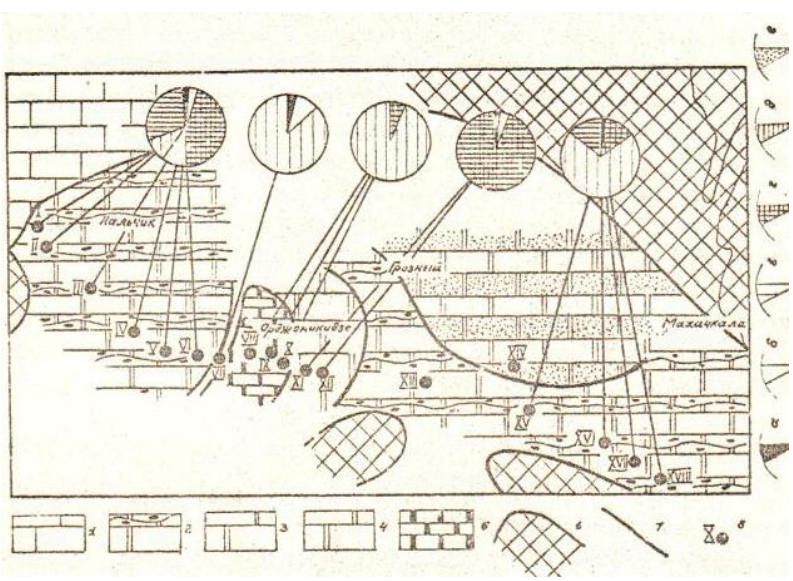
БФУ имени И. Канта, г. Калининград

Сообщение посвящено открытию рифогенных, биогермных и биостромных построек известковых водорослей, кораллов и др. беспозвоночных сотрудниками СевКавНИПИнефть (М.М. Мацкевич, А.С. Сахаров, Э.А. Старостина). Благодаря их симбиозу эти постройки играли значительную роль в депонировании атмосферного углерода не только в минеральном, но и в органическом веществе симбиогенных карбонатов во многих районах Северного Кавказа.

Ключевые слова: *Терек, Фиагдон, Осетия, Ингушетия, Кабардино-Балкария, Северный Кавказ*

Кавказские экспедиции сотрудников МГУ (под рук. Г.А. Логиновой) в 1955-1961 гг. и Лаборатории региональной геологии Северо-кавказского нефтяного научно-исследовательского института (под рук. М.М. Мацкевича) в 1963-1966 гг. увенчались открытием весьма специфических органогенных структур в отложениях средне- и верхнеюрского возраста – от келловея по титон включительно. В их создании ведущую роль играли рифообразующие кораллы, губки, моллюски, брахиоподы и другие беспозвоночные.

Некоторые из этих органогенных сооружений достигали значительной мощности (до 500-600 м). Наглядный пример рифогенной постройки оксфордского возраста вскрывается долиной р. Асса, прослеженной на запад от нее до перевала Герчёч (Сахаров, 1976, с.10). Аналогичные рифоподобные сооружения были обнаружены западнее р. Фиагдон, по р. Терек и в других местах (см. рис.).



Литофации: 1 – пелиморфные известняки; 2 – губково-водорослевые доломиты; 3 – рифовые доломиты; 4 – доломиты и песчанистые известняки; 5 – битуминозные известняки; 6 – предполагаемая суша; 7 – границы литофаций; 8 – изученные разрезы

Рис. 1. Литолого-палеогеографическая схема северо-восточного Кавказа в позднеоксфордское время (по А.С. Сахарову, 1976, с.11)

Кроме водорослей и кораллов в этих постройках иногда значительную роль играли брахиоподы и иглокожие (морские ежи и морские лилии). На правобережье Терека и в Тагаурской Осетии постройки замещены одновозрастной толщей черных битуминозных известняков с высоким содержанием углеродистых соединений (Краснов, Старостина, 1970, с75).

Аналогичные фациально-литологические изменения глинистых известняков биогермными доломитами были прослежены в других районах (Ингушетия, Кабардино-Балкария).

Литература

1. *Краснов Е.В., Старостина Э.А.* Позднеюрские склерактинии Северного Кавказа // Труды II Всесоюзного симпозиума по изучению ископаемых кораллов СССР. 1970. Вып.4. С. 75-80.
2. *Сахаров А.С.* Некоторые черты экологии фауны позднеоксфордского морского бассейна Северо-Восточного Кавказа // Труды СевКавНИПИнефть. 1976. Вып. 23. С. 6-12.

УДК 910.4 DOI:10.34708/GSTOU.2021.21.33.079

К ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ГОРНЫХ ОЗЕР КАВКАЗА (ПО МАТЕРИАЛАМ «ЗАПИСОК» И «ИЗВЕСТИЙ» КАВКАЗСКОГО ОТДЕЛА ИМПЕРАТОРСКОГО РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА)

© Озерова Н.А.

ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН, г. Москва

Рассмотрены публикации в «Записках» и «Известиях» Кавказского Отдела Императорского Русского Географического общества за 1852-1917 гг., в которых содержатся описания и результаты исследований горных озер Большого и Малого Кавказа. Уже в первом выпуске «Записок» можно найти упоминание об оз. Гокча (Севан) в Закавказье. С 1870-х гг. члены Отдела стали совершать поездки по Северному Кавказу, а с 1890 г. — по Черноморскому побережью Кавказа (что во многом определялось безопасностью и местными условиями путешествий). В первую очередь внимание исследователей было обращено на эстетически привлекательные объекты. Результатом таких изысканий становились описания озер, реже — карты водоемов. К последнему десятилетию XIX — началу XX вв. относятся первые попытки измерить глубины некоторых озер или пронаблюдать колебания их уровня, которые, как и все поездки, носили случайный характер. В последние годы работы Отдела были высказаны предложения о проведении серьезных научных исследований на двух озерах Закавказья (Гокча и Гёк-гёль), из которых последнее приобрело охранный статус памятника природы. К 1917 г. большая часть горных озер Кавказа оставалась мало изученной, но по некоторым водоемам были накоплены ценные сведения о происхождении, гидрологическом режиме, фауне, флоре и т.п.

***Ключевые слова**: Кавказ, горные озера, Кавказский Отдел Императорского Русского Географического Общества.*

Введение. В середине XIX в. Императорским Русским географическим обществом было открыто 11 региональный отделов, и первым их них стал Кавказский Отдел Императорского Русского Географического Общества (далее — КОИРГО). Он был образован на основе кружка, созданного в конце 1840-х годов, в который вошли представители администрации и видные исследователи, проживавшие на Кавказе и занимавшиеся изучением местной природы, населения и хозяйства [5]. Знания об этом регионе были жизненно необходимы для поддержания мира и развития территорий, недавно вошедших в состав Российской империи.

Положение о КОИРГО было утверждено императором Николаем I 27 июля (8 августа) 1850 г. Цель создания отдела как «нераздельной составной части» Императорского русского географического общества заключалась в изучении «Кавказского края во всех тех отношениях, которые составляют предмет занятия Общества, а именно: в отношении собственно географическом, этнографическом и статистическом» [36, с. 1]. Основные задачи КОИРГО состояли в том, чтобы проверять и оценивать ценность уже имеющихся научных сведений о Кавказе, собирать новые географические, лингвистические и др. сведения, оказывать, содействие путешественникам, посещающим Кавказ с научными целями. Во время архивных изысканий, в ходе научных путешествий, при подготовке обзорных описаний кавказский губерний, составлении реферативных библиографических списков изданий о Кавказе члены КОИРГО обращали внимание, в частности, на озера в горных областях Кавказа, проводили исследования и составляли о них заметки. География путешествий, которые совершали члены КОИРГО, охватила Кавказ в самом широком понимании этого топонима, включив горные и равнинные территории Северного и Южного Кавказа, а также прилегающие провинции Турции и Персии. Поэтому в нашей работе мы обратили

внимание только на те исследования и наблюдения, которые производились в горных районах Большого и Малого Кавказа.

Материалы исследования. На третьем собрании КОИРГО 18 (30) мая 1851 г. было принято решение издавать исследования учёных-кавказоведов отдельными томами. Эти труды, в которых публиковались главным образом доклады и сообщения членов КОИРГО, получили название «Записки Кавказского Отдела Императорского Русского Географического Общества» («Записки КОИРГО») [5]. С 1872 г. стали выходить «Известия Кавказского Отдела Императорского Русского Географического Общества» («Известия КОИРГО») — небольшое по объему издание, где помещались «текущие новости нашей науки» и которое «служило бы органом общения между членами Отдела с одной стороны и между Отделом и публикой — с другой» [15, с. 48]. Статьи, опубликованные в «Записках…» и «Известиях…», стали источником сведений для настоящей работы.

Исследования горных озер Северного Кавказа. Первое исследование КОИРГО в этом регионе, по-видимому, относится к 1871 г., когда Н.К. Зейдлиц, проезжая через Керкетский перевал в Чечне, упомянул об оз. Эзен-Ам (другие названия водоема: Ретло, Большое Форельное, Кезеной-Ам), «славящимся изобилием форели» [25, с. 141].

В 1882 г. К.Н. Россиков, чиновник по роду деятельности, интересовавшийся зоологией, географией и антропологией Северного Кавказа [12], совершил поездку по горной Чечне и Дагестану. Выехав из аула Ботлих в аул Хой, чтобы посетить высокогорное озеро Кезеной-Ам, по дороге к Керкетскому перевалу путешественник отметил «маленькое озеро Чархи-ам, или Малое Форельное… По своему местоположению Малое Форельное озеро ничем не бросается в глаза: скромное по размерам, оно покоится в узкой прощелине, среди зелени травянистого альпийского дерна, ниспадающего почти до поверхности темных вод. На озере царила тишина; три горца, в разных концах его, молча ходили с удочками по берегу, то и дело закидывая и вынимая из воды лесу» [40, с. 235]. Географическое положение оз. Кезеной-Ам Россиков описал так: «Котловина Ретло, находясь с лишком на 6139 фут [1871 м] над уровнем моря, образуется Андийским хребтом, идущим с северо-восточного направления от Диклос-мта, горы Передового хребта, и отрогами главного ряда Черных гор, окаймляющих котловину с запада, под названием «Кашкер-лам», с севера Керкетами, а с востока Куркави и Адал» [40, с. 237-238]. Берега озера использовались в качестве пастбищ. Хотя цель его поездки заключалась в орнитологическом исследовании Чечни и Дагестана, натуралист составил живописное описание водоема: «В прозрачных, зеленоватых водах озера отражались склоны гор, покрытые густым дерном альпийской растительности, мягкие силуэты и очертания пологих и отвесных скалистых берегов, то далеко врезавшихся в синеву вод, от отступивших от них глубокими уступами, по которым пробегал таинственный, едва слышный тихий прибой» [40, с. 237].

В 1886 г. известный зоолог и исследователь Кавказа Н.Я. Динник [4] побывал на карстовом оз. Чирик-кёль (Голубое озеро) в Кабардино-Балкарии. Как писал путешественник, «это озеро находится на дне долины Черека и окружено, с одной стороны, крупным лесом, а с другой — прилегает к большой красивой поляне; впрочем, и с этой стороны его также тянется узкая, местами прерывающаяся полоса леса…» [21, с. 115]. Он заметил, что «воды этого озера никогда не колеблются ветром и не знают, что такое волны» [21, с. 115]. Длина водоема «простирается до 300 шагов, а ширина около 200; вода его необыкновенно чиста и прозрачна; в некоторых местах отливает нежным небесно-голубым цветом, в других темно-синим, а там, где над нею висят ветви, покрытые зелеными листьями, она представляется изумрудно-зеленой» [21, с. 115-116]. Исследователь отметил присутствие сероводорода в воде, который при разложении образует серу, выпадающую в осадок и осаждающуюся на подводной растительности, ветвях и сучках, попавших в воду. Н.Я. Динник упомянул, что по местным поверьям озеро бездонное. Из него вытекает небольшая речка, впадающая в р. Черек, а рыбы как будто не водится. В 1897 г., повторив путешествие в эти края, путешественник узнал, что балкарцы называли озеро Шерек-ян (мать Черека) [22].

В 1897 г. Н.Я. Динник посетил еще два озера в окрестностях Шерек-ян. Они находились «весьма близко друг к друга и соединяются между собой мелкой, но быстро текущей речкой, имеющей шагов 100 в длину». Первое озеро располагалось южнее, было больше и красивее второго, отличалось крутыми берегами и значительной глубиной. Второе по своим размерам уступало первому, «поверхность его простирается до десятины, и более половины ее затянуто плавающими растениями и, кроме того, хвощами и осокою. Вода в нем светло-зеленого цвета, но мутна, непрозрачна и сверху покрыта чем-то вроде мыла. Зато рыбы, особенно форели, в этом озере так много, что всюду видишь целые стаи ее» [22, с. 203]. Путешественник сообщил, что одно из двух озер было обозначено на пятиверстной карте Кавказа и названо Псехурей, а кабардинцы называли эти озера Унапахурей.

Далее, двигаясь вверх по ущелью Черека, Динник отмечал, что «увидел новую картину»: выше Чертовой лестницы произошел обвал, и скала, завалив русло реки, образовала «нечто вроде озера» [22, с. 204]. По пути к леднику Агштан, в долине р. Кара-су (верховья р. Черека), путешественник встретил «по склону горы… группу крошечных горных озер. Они окружены уступами диких скал, лежат в более или менее глубоких котловинах и имеют красивый, своеобразный вид. Вода в них замечательно чиста, прозрачна и окрашена в темно-синий цвет морской воды. Не только рыб, но даже насекомых или водных растений в них нет вовсе» [22, с. 232].

В 1887 и 1888 гг. военный топограф М.К. Голомбиевский, совершая восхождение на Эльбрус, произвел съемку местности в верховьях р. Баксан. Здесь он отметил два озера: Донгуз-орун-гель, из которого вытекал один из истоков Баксана, и Сылтран-гель, которое раз в 7 лет затапливало аул Урусбий. Наводнение «происходит… от накопления снега на окружающих озеро горах, так что последнее выходит из берегов. Озеро… чрезвычайно глубоко, до сих пор глубина его не была измерена никем» [14, с. 27-28].

В 1892 г. военный топограф А.В. Пастухов [3] совершил поездку в Дагестан. Добравшись в начале сентября до с. Гельхен, он решил посетить редкий для этой высоты объект – небольшое озеро Чилид [рис. 1]. Вместе со спутниками он стал «подниматься по довольно сносной тропинке на хребет Сарфуп-ял, держась юго-западного направления, и в 12 час. 10 мин. дня достигли озера Чилид, расположенного в котловине на высоте 8,295 фут [2,5 км] над уровнем моря. <…> Длина его 70 саж. [149 м], глубину же мне нельзя было измерить, но она должна быть незначительна, так как почти на всей поверхности, за исключением юго-западной части, видны водоросли; в этой же части оно, по всей вероятности, имеет значительную глубину. В озере очень много маленьких лягушек; большие лягушки попадались редко. Кроме того, в нем кишит множество разных насекомых. На юго-восточной стороне озера есть два родника: один из них в 20 саж. [42 м]. От озера и саженей 7 [15 м] выше его, другой — несколько ниже первого и саженей на пять ближе к озеру. На с.с.в. стороне озера имеется довольно значительный исток, дающий начало безымянной речке, составляющей правый приток реки Курах-чай. Так как убывает воды из озера через этот исток по крайней мере вдвое более, чем прибывает ее из вышеупомянутых двух родников, то надо допустить существование ключей на дне самого озера» [34, с. 198]. А.В. Пастухов измерил температуру воды в нем, отметил четыре островка у северного берега и густые заросли водорослей на поверхности. Вода оказалась «вкусная и без всякого запаха. Судя и по руслу истока, и по береговым признакам, уровень воды в озере никогда не была выше того, каким нам довелось его видеть» [34, с. 199].

Продолжив свой путь и достигнув горы Турфандаг, А.В. Пастухов отметил, что «на скатах этой горы есть два озера, образовавшиеся, как гласит предание, во время всемирного потопа; название этих озер Турфан-юрт… По рассказам курушцев, на берегах этих озер находили много костей туров и разных птиц. Водам этих озер курушцы приписывают чудодейственную силу, способную устранять бездождие и усмирять бури» [34, с. 211]. Совершив восхождение на гору Шахдаг, Пастухов сделал съемку ее вершины, на которой также отметил два небольших озера, не отмеченных на картах. Первое из них, «небольшое, но очень красивое озеро, в юго-восточный конец

которого круто спускался ледник, … имеет 50 саж. [106 м] в длину и саж. 10 [21 м] наибольшую ширину» [34, с. 215]. Второе озеро, расположенное неподалеку от первого, имело в длину 10 саж. [21 м] и 6 саж. [13 м] в ширину.

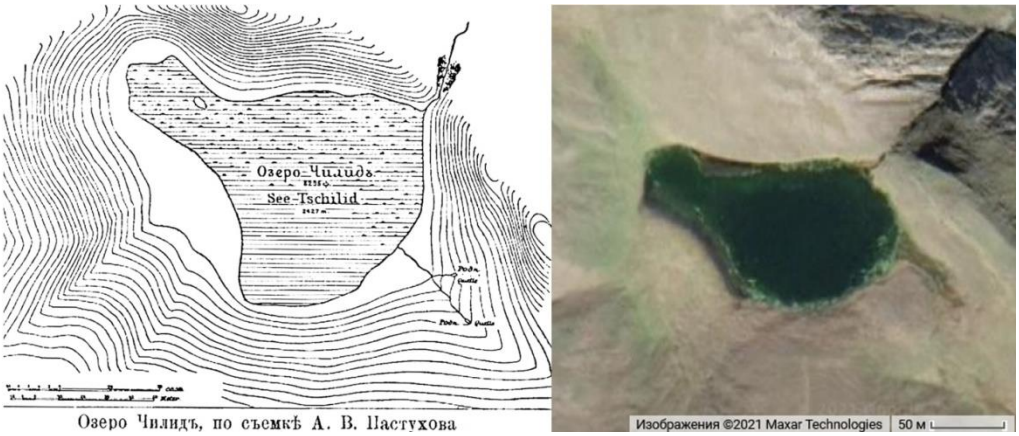


Рис. 1. Оз. Чилид: по съемке 1892 г. [34] и на современном космическом снимке

В 1892 г. К.Н. Россиков выступил с докладом перед членами КОИРГО, в котором рассмотрел вопрос об обмелении озер на Кавказе. Руководствуясь своими личными наблюдениями, все озера горной области Кавказа, лежащие к северу от Главного Кавказского хребта, включая Черные горы, он разделил на несколько групп, в зависимости от их географического положения и происхождения: «пруды», «плотинные», «котловинные», «ледниковые», «лавинные» и др. Список рассмотренных озер включил порядка 25 водоемов. Большинство из них представляли собой небольшие объекты, и среди них были уже упоминавшиеся Шерек-ян и Кезеной-Ам. Находясь по делам службы вблизи них, К.Н. Россиков в разные годы и порой в течение нескольких месяцев имел возможность проводить на озерах наблюдения, которые показали, что «все озера этой области в пределах Чёрных гор от Азовского до Каспийского моря, равно и в Скалистом хребте, расположенные в зоне буковых лесов, отличаются… почти самой меньшей величиной колебаний уровня» [44, с. 223]. Россиков связывал падение уровня некоторых озер (оз. Тарское) с вырубкой леса и в то же время отмечал факт максимальных колебаний уровня для альпийских озер, который не мог объяснить. Наблюдения на озерах Кавказа образовали ряд «отрывочных и кратких данных». Россиков полагал, что «ими, несомненно, подтверждается замеченный в последние 40-50 лет общий факт ухудшения нашего климата, отклоняющегося в сторону усиления сухости атмосферы…» [44, с. 225].

В 1892 г. по поручению КОИРГО К.Н. Россиков продолжил свои наблюдения «над ледниковыми явлениями и колебаниями уровней озер на наиболее заслуживающих внимания ледниках и озерах на северном склоне Кавказского хребта» [41, с. 219]. Его изысканиями в горной области были охвачены озера: Тарское и Кезеной-Ам (Черные горы), Арджи-Ам, Цастой-Ам, Амкачи и Технуцальское (Скалистый хребет), Тба, Цити и озеро у края ледника северо-восточного склона горы Харгабе-лам и северного Дагалдой-лам (Боковой Кавказский хребет), причем на оз. Амкачи наблюдения были проведены впервые. Оказалось, что в озерах Тарском и Тба уровень воды понизился еще больше, а Цити и безымянное озеро у края ледника исчезли вовсе. В озерах Кезеной-Ам, Арджи-Ам, Цастой-Ам и Технуцальском уровень воды повысился.

В 1893 и 1894 гг. К.Н. Россиков продолжил свои наблюдения над ледниками и озерами в горах Кавказа, к списку которых добавилось оз. Исабек, находившееся в 8 верстах от г. Владикавказа. Описывая измерения на леднике Цити, исследователь отметил, что на месте двух иссякших в 1892 г. озер образовалось «одно озеро, величина

которого достигала до 30 саж. [64 м] в поперечнике и свыше 100 саж. [213 м] в окружности» [42, с. 302], которое питалось талыми водами. В 1894 г. «озеро, обрамленное красивыми пологими ледяными буграми, сократилось почти вдвое» [42, с. 302]. Результаты наблюдений на озерах показали, что «в течение двух отчетных годов на озерах всех трех областей центральной части северного склона Кавказского хребта… колебание уровней шло в сторону понижения… Величины понижения уровней за 1894 год для озер… одинаково значительно превышали на тех же озерах величины понижения уровней 1893 года и, во-вторых, величина колебаний уровней на озерах горной области, именно на озерах Кезеной-ам и Цастой-ам, в отчетные же годы, особенно первого из них, равнялось той величине, на которую уровень его разом поднялся в 1892 году» [43, с. 447]. На этом наблюдения К.Н. Россикова на озерах Кавказа прекратились в связи со сменой работы и переездом [12].

Неизменной спутницей К.Н. Россикова в путешествиях была его супруга А.Е. Россикова [13, с. 165], которая побывала в Чечне и посетила оз. Кезеной-Ам. В лиричном описании этого водоема, занявшем несколько страниц, она привела сведения о характере берегов озера, размере и режиме, ихтиофауне и была первым исследователем, пересказавшим чеченскую легенду о появлении водоема вследствие провала под землю аула, населенного злыми и негостеприимными жителями. По-видимому, основываясь на выводах супруга, Россикова полагала, что Кезеной-Ам обмелело, а по происхождению является провальным [45].

В 1901 г. К.Ф. Ган совершил поездку по нагорной Чечне и Дагестану. Он составил подробное описание Кезеной-Ам, источников питания и стока водоема: «Видимого истока озеро теперь не имеет; на южном конце его в некотором расстоянии находится глубокое ущелье, в которое вода просачивается под землей» [10, с. 222-223] и в итоге питает р. Андийское Кой-Су.

В том же году М.А. Иванов совершил поездку по горной Чечне к верховьям р. Гехи, во время которой он посетил оз. Галанчоч (Галанчож). Путешественник описал округлую котловину с маленьким заливом, от которого к р. Галай-хи «идет узенькая неглубокая канавка. Наибольшее протяжение водной поверхности, приблизительно, в длину до 120 саж. [256 м] и в ширину саженей 80 [170 м]… по заявлению местных жителей, … вода в озере стоит на неизменном уровне и лишь во время особенно обильных и продолжительных дождей немного повышается, причем излишек ее изливается по упомянутой выше канавке в речку Галай-хи» [26, с. 298]. По предположению М.А. Иванова, озеро питалось ключами и отличалось значительной глубиной (более 30 аршин, т.е. около 21 м). Сообщается, что с водоемом связана легенда о духе-быке, объясняющая происхождение озера.

В июне 1904 г. Н.Я. Динник побывал на оз. Кезеной-Ам [20]. В подробном описании водоема он охарактеризовал хозяйственное использование берегов, колебания уровня, отметил высокую прозрачность и измерил температуру воды, провел наблюдения над растительностью, перечислил источники питания водоема. Натуралист оспорил провальное происхождение оз. Кезеной-Ам и пришел к выводу, что «без сомнения, прежде на месте озера было обыкновенное ущелье с речкой, протекавшей по дну его, но вблизи теперешнего южного конца озера произошел большой обвал, который завалил самую нижнюю часть ущелья (дно его), перегородил русло речки и запрудил ее. Вода начала мало-помалу наполняться в этой глубокой котловине, и таким образом возникло озеро…» [20, с. 62].

Летом 1914 г. этнограф-кавказовед Г.Ф. Чурсин [17] совершил поездку в Карачай. В его статье приводится описание Тебердинского озера «дивного изумрудного цвета. Длина и ширина его около ¼ версты [270 м]. Из озера красивым водопадом низвергается Теберда. Несколько небольших водопадов, вырываясь из-под нависших над озером ледников, падают, разбиваясь серебристой пылью, в озеро и переливаются на солнце всеми цветами радуги» [52, с. 248].

Исследования озер на Черноморском побережье Кавказа. Члены КОИРГО стали путешествовать по этим краям несколько позже, чем по остальной территории

Кавказа. В 1890 г. ботаник и географ Н.М. Альбов проводил ботаническое обследование Абхазии и посетил исток р. Мзымты — оз. Мзымт-адзмыч или Кардывича (Кардывач). Об этом водоеме он сообщил немного: это озеро «невелико, но чрезвычайно красиво: вода его голубая и чистая, как кристалл. Это озеро питается небольшим ледничком, спускающимся с Главного хребта» [2, с. 172]. Путешественник также упомянул, что р. Теберда также вытекает из альпийского озера, питающегося талыми водами ледника. В 1893 г. Н.М. Альбов вновь побывал в Черноморском округе и в верховьях р. Мзымты, «на хр. Адзитпуко, близ соединения его с Кутэхеку, …обнаружил также несколько альпийских озер, не обозначенных на 5-верстной карте. Таких озер насчитывалось до 5» [1, с. 133] — речь идет об Ацетукских озерах. Путешествуя по этому краю, Альбов отметил неточное изображение на карте лесного озера Ридза (Рица), находившееся на р. Лашипсе (притоке р. Бзыбь). Путешественник писал, что оно «находится по крайней мере верст на 15 выше (вверх по течению реки) того места, где оно обозначено на карте» [1, с. 133].

В 1892 г. топограф А.Н. Сосели побывал в бассейне р. Бзыби на оз. Рица. Он достиг водоема после долгого путешествия по горной местности, отметив, что «озеро очень глубоко, склону круто спускаются к воде, из которой подымаются целые рощи подтопленных прибылою водою деревьев… южная оконечность озера завалена большими камнями, обломками скал, стволами сосен и пихт, из-под которых бежит дальше в ущелье проток Лашипсе, и озеро, таким образом, является расширенным руслом этой реки…» [24, с. 60].

В 1895 г. В.И. Воробьев совершил путешествие к верховьям р. Белой. По маршруту путешествия он отметил несколько безымянных озер на склонах гор Оштен, Фишт и горе Чура [8].

В 1902 г. К.И. Подозерский, совершая путешествие по западному Кавказу, встретил на своем пути многочисленные горные озера. Так, на Санчарском перевале «в августе месяце можно было видеть около озер заболоченные поверхности: некоторые озера, по-видимому, спали, и местность получила вид кочковатого торфяного болота. Озера имеют сообщение между собой в виде извилистых речек» [35, с. 18].

В самом конце XIX в. г. Н.Я. Динник, будучи в верховьях Малой Лабы и Мзымты и преодолевая перевал Аишхо, упомянул, что «на самой середине его находится небольшое озерцо» [19, с. 43]. Добравшись до верховий Мзымты, Динник побывал на оз. Кардывич, которое поразило его «необыкновенной красотой. Оно лежит у самого подножия Главного хребта в котловине, окруженной почти со всех сторон высокими горами, имеет около версты в длину и с полверсты в ширину. Вода в нем необыкновенно чиста, в высшей степени прозрачна и издали кажется не только темной, но почти черной» [19, с. 55]. Глубина водоема была измерена одним из инженеров и, по сообщениям имеретин, равна 9 саж. [19 м]. Именно из него вытекает «довольно порядочная речка, которая бесшумно катит свои воды по ровному дну, усыпанному мелкими гальками» — главнейший исток Мзымты [19, с. 56].

В 1898 г. Н.Я. Динник побывал в верховьях Большого Зеленчука, чтобы ознакомиться с фауной этих мест и установить, водятся ли здесь зубры. На северном склоне хребта Абишира-Ахуба путешественник отмечал многочисленные небольшие альпийские озера. Одно из них, с темно-зеленою водою, «имело почти круглую форму и в поперечнике приблизительно ¼ версты или несколько больше. Около него располагалось довольно большое обледенелое снежное поле. Из этого озерца вытекает небольшая речка, направляющаяся в один из истоков Кяфар-Агура. Значительно дальше блестело еще другое подобное же озерцо» [18, с. 274-275].

А.Н. Дьячков-Тарасов в очерке, посвященном окрестностям Гагр, упоминает о существовании двух озер (Инкит и Анышхцара) в окрестностях Пицунды [с. 7-8]. В 1902 г. были опубликованы извлечения из 14-19 глав труда горного инженера А. Коншина «Геологическое исследование черноморского побережья», в котором встречаются упоминания об озерах на западном Кавказе [23].

В 1914 г. был опубликован доклад зоолога К.А. Сатунина [6], посвященный горному озеру Рици. По мнению исследователя, этот водоем, образовавшийся в верховьях р. Лашипсе (бассейн р. Бзыбь), возник «геологически очень недавно». Горным обвалом была перегорожена «та глубокая щель, по которой течет р. Лашипсе, и река, наполнив ее, образовала озеро» [49, с. 318], которое по своему длинному диаметру достигало около 2 км. Водоем был популярным объектом для экскурсий, в нем водилась форель. В статье сообщены сведения о трудностях пути к озеру. Ввиду отсутствия лодки, К.А. Сатунин использовал для исследования самодельный плот, и, когда он приблизился к стоку из озера, заваленному стволами деревьев, его чуть не затянуло под эту плотину. В следующем выпуске «Известий КОИРГО» была опубликована статья А.Л. Рейнгарда, в которой он дискутирует с Е. Морозовой, считавшей, что оз. Рици ледникового происхождения. По мнению Рейнгарда, «Рица может с одинаковым успехом сойти как за затопленную речную долину, так и за озеро-фиорд» [39, с. 390].

Исследования озер Закавказья. Уже в первом выпуске «Записок КОИРГО» можно найти упоминание об одном из горных озер – оз. Гокча (Севан): «уровень воды этого озера поднимается на 5873 фута [1790 м] над уровнем Черного моря… Огромная водная масса обрамливается на этой высоте каменной оградой гор, сквозь которую узкий разрыв у Бугда-тапы дает проход стремительному ручью, который многие принимают теперь за начало Занги» [47, с. 16].

Летом 1867 г. географ и натуралист Г.И. Радде [11], находясь в Грузии у д. Чиловани, упомянул о маленьких многочисленных озерах, лежащих «в котловинных углублениях почвы, воду имеют черно-бурого цвета, с виду кажутся неглубокими, и в них не водится никакой рыбы». Радде писал: «Если сообразить, что в этих местностях почва преимущественно вулканическая, а озеро лежит вблизи высшей вершины, между Гули и Чиловани, то невольно приходит на мысль, что это были прежде небольшие кратеры» [38, с. 57]. В августе 1867 г. Г. Радде посетил также озеро Чалдырь (Чылдыр), лежавшее близ тогдашней русско-турецкой границы (в настоящее время — территория Турции). Он описывал этот водоем так: «перед нами расстилалось к северу пресноводное озеро, занимающее площадь до 100 кв. верст. Оно расширяется постепенно, и плоский северный берег его окаймлен сравнительно низкими холмами и ровным побережьем. Воды озера изобилуют рыбою, а береговые горы с запада и востока спускаются к озеру отлого и покрыты лугами, пастбищами и плодоносными нивами» [38, с. 79]. На обратном пути Радде побывал на большом альпийском Хозяпинском озере (Хозапини), которое «имеет солоноватую, горькую, стоячую воду; рыбы в нем нет, и стоков оно не имеет. Все эти свойства отличают его от остальных соседственных озер» [38, с. 82].

В начале 1870-х гг. А.П. Оверин совершил ботаническую экскурсию в окрестностях Тифлиса и описал группу из четырех бессточных соленых озер (Земо-тба, Илгуниани и двух безымянных). Основные наблюдения коснулись Земо-тба. Так, в августе в этом водоеме глубиной 6-7 футов (1,8-2,3 м) «были заметны по берегам на отмелях следы соляных отсадков, свидетельствующие об убыли озера», и «суточную испаряемость, равную 0,2 дюйма… [0,51 см] нельзя считать невероятною» [31, с. 244].

В 1874 г. подполковник Г.Н. Казбек побывал в Турецкой Грузии. Будучи в Верхней Аджарии, он встретил на своем пути «альпийское озеро, лежащее вблизи подошвы Хирхата; это одно из трех озер, из которых вытекают воды, образующие правый исток р. Схалтис-цкали. Озеро имеет 200 шагов в диаметре и отличается всеми свойствами альпийских озер: совершенно прозрачная вода его, холодная и пресная, колышется на каменистом дне; никаких признаков водорослей и камыша; рыбы много (форель)» [28, с. 25].

В 1875 г. Г.И. Радде совершил путешествие по Кавказу и Армянскому нагорью. Т.к. цель поездки заключалась в изучении высокогорной альпийской флоры, он не акцентировал внимание на водоемах, хотя успел побывать на оз. Табицкур (Табацкури), «в котором большими стаями резвились разные виды нырков (Fulifula)» [37, с. 202]. В отчете сообщается, что «значительнейший из притоков Ахалкалаки-чая, Топоровань-

чай, вытекая из озера того же имени, лежащего на 6800 футов [2072 м] над уровнем моря, после короткого течения вносит свои воды в маленькое озеро Туман-гёль… При поверхностном обозрении кажется, что озеро Табицхур не снабжает водой ни систему находящейся к востоку от него р. Храм, ни лежащую к западу систему р. Ахалаки-чая. Но можно предполагать существование подземного между ними сообщения…» [37, с. 203], т.к. известны многочисленные полости в местных вулканических породах. В конце путешествия исследователь побывал на оз. Гокча.

В 1896 г. в «Записках» КОИРГО была опубликована монография В.Я. Лисовского «Закавказье. Часть 1», где приводились сведения о наиболее крупных озерах этого региона: Гокче (Севан), Чалдырь, Топоровань (Паравани) и Палеостом (в устье р. Рион). В частности, приведены данные о размерах, глубине, времени замерзании, ихтиофауне, орнитофауне, хозяйственном использовании [29].

В 1902 г. в «Записках» был опубликован перевод статьи немецкого ученого П. Рорбаха (Dr. Paul Rohrbach), в которой рассмотрен вопрос о вулканическом происхождении котловины, занимаемой оз. Ван, и запрудном происхождении оз. Гокча вследствие преграждения потоком лавы долины, принадлежащей бассейну р. Аракс [32]. В 1902 г. в КОИРГО была прислана «на короткое время» рукопись XVIII в. об истории и географии Грузии, составленная грузинским царевичем Вахушти, для справок и издания перевода на русском языке, который был опубликован в 1904 г. [51]. В рукописи Вахушти встречаются краткие описания озер с точки зрения их хозяйственного значения. Например, оз. Ормозани в Дбанисском ущелье «небольшое и безрыбное» [51, с. 39], а «в озере Тбис-кури вода прозрачна, сладка и здорова для питья» [51, с. 45].

В 1903 г. было опубликовано описание Кабристанского полицейского участка Шемахинского уезда Бакинской губернии, автор которого уделил внимание озерам этой территории. Так, в истоках р. Сумгаит-чай много родников, питающих «этажные озера значительной величины. Одно из них, Тикиль-Ноур, имеет в длину около 400 саж. [853 м], при ширине в 30-40 саж. [64-85 м], другое, Кизил-Ноур, длиною в 50 саж. [106 м] и шириною в 30 саж. [64 м]» [16, с. 4]. Отметив, что в местности в последние годы наблюдается уменьшения количества воды в родниках, Ф.А. Деминский писал, что «некоторые из озер стали пересыхать в летнее время, чего прежде не было» [16, с. 7]. Например, пересох ручей, вытекавший из Большого озера на горе Эшек-Мейдан, а затем и канава, проложенная из этого озера для орошения, а озера Лиман, Бездонное, Алты-Агач, Кара-Ноур, Толовое и др. пересохли.

В 1907 г., проводя наблюдения в бассейне р. Куры, К.А. Сатунин побывал в ее истоках — Гёльской котловине и описал оз. Айгер-гёль: «глубокое озеро лежало среди красивых зеленых берегов… Вода в этом озере необыкновенно прозрачна и чиста, но никакой другой рыбы, кроме храмули (Capoeta fundulus) в нем не водится, да и та, по общему отзыву, совершенно безвкусна. Гидробиологическое исследование озера, вероятно, дало бы указание на то, какую рыбу можно здесь развести, и как вообще поднять его экономическое значение» [46, с. 269].

В 1912 г. А.Ф. Ляйстер опубликовал заметку, посвященную вопросу о «происхождении величайшего озера Кавказского края — Гокчи», обобщив в ней работы предшественников, некоторые из которых (Д.Н. Анучин, В.А. Обручев, М.Ф. Митте) считали, что озеро занимает кратерообразное углубление вулкана, а другие (например, Е.С. Марков) склонялись к мысли о происхождении его котловины в результате запруды долины р. Занги лавовым потоком. Сам Ляйстер полагал, что «названную Е.С. Марковым картину происхождения котловины озера Гокчи можно считать, в общих чертах, вполне правдоподобной», и дополнил ее собственными соображениями, касающимися «разновременности образования (или, по крайней мере, заполнения водою) различных частей гокчинской котловины» [30, с. 363].

В 1912 г. Советом ИРГО было утверждено Положение о Постоянной Природоохранной комиссии при И.Р.Г.О., в связи с чем в 1912 г. было предложено несколько объектов для охраны на Кавказе; в 1913 г. число памятников природы увеличилось до 5. В 1913 г. состоялось заседание учрежденной при КОИРГО комиссии

для выработки программы систематического исследования Кавказа, на котором в том числе обсуждалась записка члена распорядительного комитета КОИРГО Р.Г. Шмидта «Об изучении озер на Кавказе». В этой записке указано, что оз. Гокча как водоем, имеющий огромное хозяйственное значение, необходимо исследовать в первую очередь и создать на нем пресноводную биологическую станцию [48].

В 1913 г. по поручению КОИРГО В.К. Богачев и Ф.А. Зайцев «совершили поездку на предложенное к обращению в заказник оз. Гёк-гёль Елисаветпольского уезда, для производства геологических и зоологических исследований» [33, с. 159]. В статье В.В. Богачева приводятся сведения об оз. Гёк-гёль (оз. Гейгель, или Голубое озеро). Так, в долине, где оно находится, есть еще несколько запрудных озер: небольшой водоем выше него — оз. Белое (Божье, Маралгёль), и два безымянных озерца — ниже Гёк-гёль и к востоку от него [7]. Менее подробные данные представлены в докладе Ю.Н. Воронова — здесь приведено описание обвального озера Гёк-гёль, образовавшегося в XII в. вследствие землетрясения и обрушения высокой горы. Озеро «имеет несколько подковообразный вид; берега его в большинстве случаев круты и обрывисты; глубина очень значительна (по измерениям Р.Г. Шмидта и А.Б. Шелковникова — до 76 метров). Склоны покрыты отчасти прекрасными буковыми и смешанными лиственными лесами, отчасти пастбищами и перелесками» [9, с. 260]. Озеро «богато озерной форелью, которая до сих пор не составляла предмета правильного промысла, отчасти вследствие неблагоприятного рельефа дна» [9, с. 262]. В 1915 г. в связи с рассмотрением проекта создания водохранилища в бассейне р. Кюрак-чай, к которому принадлежит озеро, была проведена топографическая съемка оз. Гёк-гёль и определена его площадь (0,76 км^2). Количество воды в реке, впадающей в озеро, было определено в 0,97 м^3/с, а в мелких притоках — 0,18 м^3/с. Площадь оз. Белого оказалась равна 0,27 км^2, а глубина — 64 м [50, с. 347].

Заключение. Подводя итог, отметим, что в КОИРГО основные сведения об озерах Кавказа собирались энтузиастами во время поездок, наблюдения производились непродолжительное время и носили несистематический характер. В первую очередь внимание исследователей было обращено на эстетически привлекательные объекты. В результате этих изысканий рождались прекрасные литературные описания озер, реже — карты водоемов.

К последней четверти XIX — началу XX вв. относятся первые попытки измерить глубины некоторых озер или пронаблюдать колебания их уровня. Эти работы тоже были случайными, проводились без какого-либо плана и могли прекратиться так же внезапно, как и начаться, например, в связи с переездом человека, который ими занимался [12]. Тем не менее, в этих разрозненных художественных описаниях и наблюдениях содержались ценные сведения об озерах Кавказа, догадки об их происхождении, которые подогревали интерес и способствовали проведению новых экспедиций и исследований. Среди публикаций попадаются переводы статей иностранных коллег об озерах Закавказья, которые свидетельствуют об интересе русских ученых к исследованиям, проводимым за рубежом.

В последние годы работы Отдела, когда в Российской Империи был поднят вопрос о необходимости охраны уникальных природных объектов, для которых хозяйственная деятельность человека представляла угрозу, КОИРГО были высказаны предложения о проведении серьезных научных исследований на двух озерах Закавказья: оз. Гокча и Гёк-гёль, из которых последнее вскоре приобрело охранный статус памятника природы. Бассейн оз. Гёк-гёль был охвачен топографическими, геологическими, гидрологическими исследованиями и гидробиологическими наблюдениями, проведенными специалистами на высоком для своего времени уровне. Однако большая часть горных озер Кавказа к 1917 г. оставалась мало изученной.

Литература

1. *Альбов Н.* Ботанико-географические исследования в Западном Закавказье в 1893 году.

Наблюдения над флорой юрских известняков // Записки КОИРГО. 1894. Кн. 16. С. 115-158.
2. *Альбов Н.* Отчет о ботанических исследованиях Абхазии за 1890 год // Записки КОИРГО. 1893. Кн. 15. С. 166-187.
3. *Асоян Л.С.* Андрей Васильевич Пастухов — военный топограф, покоритель высочайших вершин Кавказа // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2014. № 5. С. 125-132.
4. *Асоян Д.С., Тишков А.А.* Николай Яковлевич Динник - выдающийся географ, биолог и исследователь Кавказа // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2015. № 1. С. 129-140.
5. *Бекоева Т.А., Бекоева Т.Д.* Деятельность российских учёных, членов Кавказского Отдела Императорского Русского географического общества, по просвещению горцев // Экономические и гуманитарные исследования регионов. 2015. № 3. С. 15-22.
6. *Белик В.П.* Константин Алексеевич Сатунин (1863-1915) // Стрепет. 2013. Т. 11. № 1. С. 125-128.
7. *Богачев В.В.* Предварительный отчет о геологическом исследовании озера Гёк-гёль // Известия КОИРГО. 1915. Т. 23. № 2. С. 173-180.
8. *Воробьев В.И.* Верховья Белой // Известия КОИРГО. 1896. Т. 11. № 2. С. 173-218.
9. *Воронов Ю.Н.* Мазитский и Гёк-гёльский заказники // Известия КОИРГО. 1914. Т. 22. № 3. С. 256-264.
10. *Ган К.Ф.* Экскурсия в нагорную Чечню и Западный Дагестан летом 1901 года // Известия КОИРГО. 1902. Т. 15. № 4. С. 211-242.
11. *Головлёв А.А.* Густав Иванович Радде в Крыму, Сибири и на Кавказе // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2009. Т. 18. № 1. С. 202-217.
12. *Головлев А.А.* Константин Николаевич Россиков как исследователь природы Северного Кавказа // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2017. Т. 26. № 2. С. 197-224.
13. *Головлев А.А.* Первая женщина-исследователь горной Чечни (памяти Анны Ефимовны Россиковой) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2020. Т. 29. № 4. С. 164-175. DOI 10.24411/2073-1035-20120-10348.
14. *Голомбиевский М.К.* С. Попытки восхождения на Эльбрус в 1887 и 1888 годах и топография этой горы и ее окрестностей // Известия КОИРГО. 1903. Т. 16. № 3. С. 24-36.
15. Действия отдела // Известия Кавказского Отдела Императорского Русского географического общества. 1872. Т. 1. Вып. 1. С. 43-52.
16. *Деминский Ф.А.* Некоторые сведения о Кабристанском полицейском участке Шемахинского уезда Бакинской губернии // Записки КОИРГО. 1903. Кн. 22. Вып. 2. С. 1-70.
17. *Джапуа З.Д.* Григорий Филиппович Чурсин (1874-1930) // Кунсткамера. 2019. № 2 (4). С. 204-215.
18. *Динник Н.Я.* Верховья Большого Зеленчука и хребет Абишира-Ахуба // Известия КОИРГО. 1899. Т. 12. № 3. С. 251-287.
19. *Динник Н.Я.* Верховья Малой Лабы и Мзымты // Записки КОИРГО. 1902. Кн. 22. Вып. 5. С. 1-73.
20. *Динник Н.Я.* По Чечне и Дагестану // Записки КОИРГО. 1906. Кн. 25. С. 1-78.
21. *Динник Н.Я.* Поездка в Балкарию // Записки КОИРГО. 1890. Кн. 14. Вып. 1. С. 112-140.
22. *Динник Н.Я.* Поездка в Балкарию в 1887 году // Записки КОИРГО. 1890. Кн. 14. Вып. 1. С. 199-247.
23. *Дьячков-Тарасов А.Н.* Гагры и их окрестности // Записки КОИРГО. 1903. Кн. 24. Вып. 1. С. 1-100.
24. *Дьячков-Тарасов А.Н.* Экскурсия к озеру Рица, в бассейне притоков Бзыби-Геги и Юпшары (Лашипсе) // Известия КОИРГО. 1903. Т. 16. № 1. С. 58-61.
25. *Зейдлиц Н.К.* Поездка в Чечню, к верховьям Аргуна, в Ичкерию и через Хасав-юрт вверх по Тереку до Моздока // Известия КОИРГО. 1873. Т. 2. № 4. С. 133-144.
26. *Иванов М.А.* Верховья р. Гехи // Известия КОИРГО. 1902. Т. 15. № 5. С. 271-302.
27. К.П. Черноморское побережье от Туапсе до Гагр // Известия КОИРГО. 1902. Т. 15. № 5. С. 302-319.
28. *Казбек Г.Н.* Три месяца в Турецкой Грузии // Записки КОИРГО. 1876. Кн. 10. Вып. 1. С. 1-140.
29. *Лисовский В.Я.* Закавказье. Часть 1 // Записки КОИРГО. 1896. Кн. 20. 232 с.
30. *Ляйстер А.Ф.* К вопросу о происхождении озера Гокча // Известия КОИРГО. 1912. Т. 21. № 4. С. 357-368.
31. *Оверин А.П.* Ботаническая экскурсия в окрестностях Тифлиса // Известния КОИРГО. 1872. Т. 1. № 6. С. 243-249.

32. Озера Урмия, Ван и Гокча / Д.Д.П. (перевод с немецкого) // Известия КОИРГО. 1902. Т. 15. № 3. С. 130-132.
33. Отчет о действиях и состоянии Кавказского Отдела Императорского Русского Географического Общества за 1913-й год // Известия КОИРГО. 1914. Т. 22. № 2. С. 151-173.
34. *Пастухов А.В.* Поездка по высочайшим селениям Кавказа и восхождение на вершину горы Шах-даг // Записки КОИРГО. 1894. Кн. 16. С. 196-218.
35. *Подозерский К.И.* Санчарская через Главный Кавказский хребет тропа и урочище Псху // Известия КОИРГО. 1903. Т. 16. № 2.С. 1-38.
36. Положение о Кавказском Отделе Императорского Русского Географического Общества, Высочайше утвержденного 27-го июля 1850 года // Записки КОИРГО. 1852. Вып. 1. С. 1-4.
37. Предварительный отчет о путешествии д-ра Г. Радде и д-ра Г. Сиверса по Кавказу и Армянскому плоскогорью в 1875 г. // Известия КОИРГО. 1873. Т. 4. № 4. С. 193-223.
38. *Радде Г.* Предварительный отчет о путешествии д-ра Г. Радде по Кавказу летом 1867 г. // Записки КОИРГО. 1873. Кн. 8. С. 47-82.
39. *Рейнгард А.Л.* Несколько слов по поводу статьи г-жи Е. Морозовой «Озеро Рица на Кавказе» // Известия КОИРГО. 1914. Т. 22. № 4. С. 385-390.
40. *Россиков К.Н.* Поездка в Чечню и Нагорный Дагестан (с орнитологической целью) // Записки КОИРГО. 1884. Кн. XIII. Вып. 1. С. 213-277.
41. *Россиков К.Н.* Состояние ледников и озер центральной части северного склона Кавказского хребта // Записки КОИРГО. 1894. Кн. 16. С. 219-246.
42. *Россиков К.Н.* Состояние ледников северного склона Центрального Кавказа. Отчет за 1893 и 1894 гг. // Записки КОИРГО. 1895. Кн. 18. С. 279-322.
43. *Россиков К.Н.* Состояние озер северного склона Центрального Кавказа. Отчет за 1893 и 1894 года // Записки КОИРГО. 1895. Кн. 18. С. 440-447.
44. *Россиков К.Н.* Усыхание озер на северном склоне Кавказского хребта. Предварительное сообщение, читанное 13 мая 1892 года в общем собрании КОИРГО действ. членом Отдела К.Н. Россиковым // Записки КОИРГО. 1893. Кн. 15. С. 189-225.
45. *Россикова А.Е.* Путешествие по центральной части горной Чечни // Записки КОИРГО. 1895. Кн. 18. С. 139-228.
46. *Сатунин К.А.* Летняя поездка в Гёльскую котловину // Известия КОИРГО. 1909. Т. 19. № 4. С. 258-270.
47. *Услар П.К.* Равнины Эриванской губернии // Записки КОИРГО. 1852. Кн. 1. С. 5-17.
48. Хроника // Известия КОИРГО. 1913. Т. 22. № 1. С. 69-85.
49. Хроника и мелкие известия // Известия КОИРГО. 1914. Т. 22. № 3. С. 298-330.
50. Хроника и мелкие известия // Известия КОИРГО. 1916. Т. 23. № 3. С. 328-357.
51. *Царевич Вахушти.* География Грузии // Записки КОИРГО. 1904. Кн. 24. Вып. 5. 242 с.
52. *Чурсин Г.Ф.* Поездка в Карачай // Известия КОИРГО. 1915. Т. 23. № 3. С. 239-258.

УДК 626.8 DOI:10.34708/GSTOU.2021.78.87.082

БОЛЬШОЙ СТАВРОПОЛЬСКИЙ КАНАЛ: ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ

© Собисевич А.В.

ИИЕТ им. С.И. Вавилова РАН, г. Москва

Реализация проекта Большого Ставропольского канала имела своей целью обводнение территории засушливого Центрального Предкавказья. Реализация проекта была начата в 1957 г., когда строители приступили к созданию Кубань-Калаусской обводнительно-оросительной системы, ставшей впоследствии первым участком создаваемого канала. К настоящему времени готова четвертая секция канала, а пятая находится в проектировании. Оценка экологический последствий реализации проекта пятого участка проводилось в 1993 г.

***Ключевые слова**: река Кубань, Большой Ставропольский канал, ирригация, засоление почв.*

Большой Ставропольский канал (далее - БСК) является важным элементом Ставропольской обводнительно-оросительной системы, расположенной в бассейнах рек Кубань, Терек и Кума. Комплекс гидросооружений Большого Ставропольского канала состоит из Усть-Джегутинского гидроузла на реке Кубань; магистрального канала протяженностью 288,2 км с головным расходом воды 180 м^3/ сек; межхозяйственной распределительной сети общей протяженностью 666 км с расходами воды от 20 до 60 м^3/ сек; 8 водохранилищ вторичного внутрисистемного регулирования суммарным объемом 496 млн м^3; групповыми водопроводами общей длиной 627 км; 4 гидротехническими тоннелями общей длиной 15,95 км; 5 металлических дюкеров общей протяженностью 18,1 км, диаметром 4,02 и 3,24 м; 4 ГЭС общей мощностью 384 тыс. кВт. Площадь орошения в зоне БСК составляет 54 тыс. га, обводнения - около 700 тыс. га.

Создание Большого Ставропольского канала было начато в 1954 г., после постановления Совета министров СССР о строительстве Кубань-Калаусской ирригационной системы. В 1957 г. началось строительство первой очереди БСК. В течение 10 лет на реке Кубань у города Усть-Джигут был создан гидроузел, от которого прошел канал длиной 156 км. Расход воды на устьевом участке БСК-1 достигал 180 м^3/сек, водой обеспечивалось 38,6 тыс. га земель [1, л. 5-6]. По проекту русло канала было земляным, лишь на отдельных участках, где преобладали пески и супеси, оно было покрыто противофильтрационными облицовками [2]. Это опередило низкую эффективность первой очереди канала вследствие больших потерь при инфильтрации.

Создание второй очереди БСК было инициировано в 1966 г. после совместного постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР о необходимости расширения орошаемых площадей на территории СССР. Согласно постановлению с 1966 по 1975 гг. предполагалось провести работы по освоению в стране 7–8 млн. га целинных земель. Целинные земли, находящиеся в Краснодарском и Ставропольском крае нуждались в орошении. В 1969 г. по решению Краевого комитета КПСС Ставропольского края были начаты строительные работы по созданию БСК-2. Протяженность второго участка БСК составила 67 км, а его пропускная способность – 65 м^3/с [3, с. 43]. Строительство третей очереди БСК продолжалось с 1974 по 1979 гг. Протяженность участка составила 42,5 км, расход воды в начале магистрального канала составлял 55 м^3/с. Канал прошел по территории Александровского района Ставропольской края, орошаемые площади составили 15,5 тыс. га. В 1984 г. началось строительство четвертой очереди (БСК-4), протяженность которой по проекту должна была составить 57 км [1, л. 6]. Сложная экономическая ситуация в России в 1990-х гг. обусловила задержку при строительстве четвертой очереди БСК, которая официально была открыта только в 2006 г.

С конца 1980-х гг. в проектировании находилась пятая очередь БСК. Основанием технического задания на проектирование БСК-5 стало решение Минводхоза и Агропрома СССР от 16 апреля 1987 г. В 1993 г. проект поступил для экспертного заключения в Институт географии Российской академии наук. Общие соображения по проекту высказал заместитель директора по науке, д.г.н. Н.Ф. Глазовский. Основанием для его решения стала экспертная оценка заведующего лабораторий гидрологии, д.г.н. Н.И. Коронкевича. В своем экспертном заключение от 10 марта 1993 г. Н.И. Коронкевич отметил, что рассматриваемый проект создания БСК-5 является непродуманным и устаревшим. Особою его критику вызывало то, что многие расчеты делались на основании переброски в канал части стока Волги по уже отмененному проекту канала Волга-Чограй. Согласно его мнению проект БСК выглядел «искусственно оторванным в смысле рассмотрения охраны малых рек от остальных районов Ставропольского края», так как базировался на устаревших материалах (в частности, по переброске в БСК-5 части стока по каналу Волга-Чограй). В силу негативных экологических последствий все положительные стороны от подачи воды в засушливые районы и подпитывания малых рек Ставропольского края могли стать нецелесообразными. Н.И. Коронкевич констатировал, что *«именно с малыми реками в междуречье Калаусса и Кумы связаны наиболее крупные экологические издержки. Дело в том, что для большинства малых рек главный источник их подпитки коллекторно-дренажные и сбросные воды с орошаемых массивов, что приводит к резкому росту минерализации (до значений 10 и более г/л) и загрязнения (особенно опасного ядохимикатами) этих малых рек, делающим неприродным их использование для большинства целей. На водосборных площадях прогнозируется развитие явлений подтопления, деградации почвенного покрова, в т.ч. черноземов»* [1, л. 24].

Н.И. Коронкевич в своем отчете также отметил: *«без представления указанных выше дополнительных материалов, главные из которых – сводка эффективности охраны окружающей среды и природоохранных мер в бассейнах малых рек в зоне влияния осуществленных очередей БСК, а также схемы охраны, комплексного использования отдельных малых рек в междуречье Калауса и Кума, подвергающихся воздействию в результате строительства 5-й очереди БСК, давать оценку экологической эффективности БСК в отношении малых рек не приходится»* [1, л. 25]. Таким образом, мнение Н.Ф. Глазовского и Н.И. Коронкевича относительно воздания пятой очереди БСК было отрицательным, что нашло отражение в решении экспертной подкомиссии Минэкономики России и Главного управления государственной экологической экспертизы Минприроды России по экспертизе проекта орошения и сельскохозяйственного освоения земель в зоне пятой очереди развития БСК, возглавляемой член-корреспондентом Российской академии сельскохозяйственных наук И.П. Айдаровым.

В заключении, подготовленном экспертной подкомиссией, указывалось, что на орошаемых землях БСК предполагалось использовать для борьбы с сорными растениями такие гербициды как дикамба, диален, рамрод, трефлан и др. Для борьбы с насекомыми-вредителями использовались такие пестициды как гексахлоран, базудин, БК-58 (рогор), хлорофос, вофатокс и метафос [1, л. 13]. Эти химикаты имели различную опасность при попадании в грунтовые воды в зависимости от времени их полураспада, способности накапливаться в биологических организмах и воздействовать на их репродуктивные функции. Для очистки дренажных вод, с орошаемых БСК полей, планировалось использовать биоинженерные сооружения, разработанные Всесоюзным научно-исследовательским институтом охраны вод (далее – ВНИИВО, в настоящее время Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем), гидроботанические пруды и пруды-деструкторы, что позволило бы снизить содержание взвешенных веществ в 8-20 раз, минерализации на 20-60 %, сульфатов, натрия, кальция, магния - на 20-60 %, всех форм азота до 90-99%, фосфора до 90 %, деструкцию пестицидов, уменьшение $БПК_5$, ХПК, цветности, pH [1, л. 13]. Однако эффективность планируемых мер выглядела спорной.

На сложную экологическую ситуацию в районе реки Кубани обратил внимание заведующий лабораторией почвенных ресурсов и генезиса почв Института почвоведения и агрохимии АН СССР, член-корреспондент РАН В.А. Ковда. В своей докладной записке об улучшении водообеспечения страны, направленной Генеральному секретарю ЦК КПСС М.С. Горбачеву, он писал, что река Кубань была загрязнена нефтепродуктами до 3-х ПДК, фенолами до 2-х ПДК. По его расчетам треть от всех применяемых в Советском Союзе хлорогранических пестицидов применялась в Краснодарском крае, что приводило к учащению случаев рождения умственно отсталых детей или с врожденными уродствами. Сверхнормативное применение таких ядохимикатов как пропониты[1], по мнению В.А. Ковды, приводило к токсичности выращиваемого риса и загрязнению липидных тканей рыб, что могло впоследствии приводить к токсическому отравлению населения [4, л. 31-32].

Реализация проекта БСК-5 также несла риски в виде заболачивания и засоления почв. В течение 10 лет после начала эксплуатации нового участка канала прогнозировалось повышение уровня грунтовых вод, которое бы привело к подтоплению 761 га богарных земель. Эксперты прогнозировали, что к 2005 г. на территории БСК-5 из орошаемых 210 тыс. га земель 135 тыс. га будут подтоплены, причем в зоне подтопления грунтовыми водами окажутся 113 населенных пунктов [1, л. 6]. Причиной подтопления территорий признавалось неудовлетворительное состояние межхозяйственной ирригационной сети, особенно земель, находящихся в зоне «инициативного орошения», когда водопотребители подключались к магистральным оросительным сетям без согласования с мелиораторами. К 1987 г. земель, где проводилось инициативное орошение, насчитывалось 35,0 тыс. га, причем оценка их мелиоративного состояния не проводилась.

Риски засоления почв по трассе канала связывались специалистами еще и со своеобразием гидрогеологических условий. Грунтовые воды находились на больших глубинах залегания, однако при начале орошения очень быстро поднимались до критических глубин и вызывали засоление почв. Такое непредсказуемое поведение грунтовых вод было связано с неглубоким залеганием кровли водоупора, что в совокупности с наличием в водоупорной кровле ложбин и гряд, расположенных поперек поверхности склонов, способствовало аккумуляции водно-солевых растворов в ландшафте [2, с. 25-27]. По трассе БСК были распространены высокопросадочные лёссовидные грунты мощностью до 20-50 м. Специалисты допускали, что просадки грунтов создавали риск разрушения гидротехнических сооружений.

Большие потери воды при орошении и планы по развитию рисоводства обуславливали планы по отсоединению конечных участков БСК от питания рекой Терек и подключению к водоснабжению водами реки Волга. Этой цели служило проектированию канала для подачи воды из Волги в Чограйское водохранилище, который планировалось построить в 1988-1995 гг. для орошения земель в сухостепных районах Калмыцкой АССР и восточной части Ставропольского края. При этом 50 тыс. га орошаемых земель переводились бы на орошение волжской водой. Критика проекта по созданию канала Волга-Чограй обусловила прекращение его реализации. Однако, в 1993 г., проводя экспертизу проекта БСК-5, Н.И. Коронкевич указывал на то, что в проекте ряд расчетов делался именно в расчете на питания из канала Волга-Чоргай [1, л. 25].

В заключении следует отметить, что создание Большого Ставропольского канала позволило значительно производить орошение засушливых территорий и снизить интенсивность суховеев на территории Ставропольского края. Однако при оценке влияния вводимых в строй новых участков БСК на экологическое состояние районов орошения, следует оценивать множество таких факторов как провоцирование засоления

[1] Пропонит – почвенный гербицид на основе пропизохлора ($C_{15}H_{22}ClNO_2$), применяется для борьбы с однолетними однодольными и некоторыми двудольными сорняками. В 2012 г. пропизохлор был удален из списка разрешенных агрохимических активных веществ как опасный химикат.

почв и распространения продуктов распадов пестицидов с дренажными водами. В ряде случаев экономический эффект от вводимых в сельскохозяйственный оборот земель нивелировался их последующими выбыванием из-за засоления почв и отравления местного населения продуктами распада пестицидов.

Литература

1. Архив Российской академии наук (АРАН) Ф. 2148. Оп. 1. Д. 1. «Наброски Глазовского Н.Ф. «Проект Обводнительно-оросительной системы Большого Ставропольского канала».
2. *Запорожченко Э.В.* Инженерно-геологический опыт проектирования, строительства и эксплуатации первой очереди Большого Ставропольского канала. Ставрополь, 1974. 123 с.
3. *Алексеенко О.И.* Партийно-государственное руководство строительством Большого Ставропольского канала в 1966-1975 гг. // Историческая и социально-образовательная мысль. № 2. 2016. С. 41-46.
4. АРАН Ф. 2081. Оп. 1. Д. 213. «Докладная записка Ковды В.А. Генеральному секретарю ЦК КПСС Горбачеву М.С. об улучшении водообеспечения страны»

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 3

I. ГЕОЛОГИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ 5

Андрианов Н.И.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОТБОРА ШЛАМА ДЛЯ ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО РАСЧЛЕНЕНИЯ РАЗРЕЗА ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН 7

Бачаева Т.Х., Даукаев А.А.
НЕФТЕКОМПЛЕКС ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ 10

Белуженко Е.В.
ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ И ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ РОССИИ И СЕВЕРНОГО КАВКАЗА 18

Гераськина Т.В., Лебедев А.С.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И УСТРОЙСТВА ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАЗДЕЛЕНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ НЕФТЕВОДЯНОЙ СМЕСИ И СБОРА РАЗЛИВШИХСЯ ПО ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ НЕФТЕПРОДУКТОВ 26

Глазырин Е.А.
ПЕРЕСТРОЙКА РУСЕЛ И ПЕРЕХВАТ ПОДВОДНЫХ КАНЬОНОВ ПРИКАВКАЗСКОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ 29

Глазырина Н.В., Глазырин Е.А., Шейков А.А.
СОСТАВ ДОННЫХ ОСАДКОВ КОНЕЧНОЙ ОБЛАСТИ АККУМУЛЯЦИИ МАТЕРИАЛА ДЕНУДАЦИОННОЙ ЗОНЫ ЮЖНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА 36

Зашихин В.В., Степанов А.Н.
ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ВОДОГАЗОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА 44

Зуб О.Н.
ПОТЕНЦИАЛ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЧЕРНОМОРСКОГО ШЕЛЬФА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ АНОМАЛЬНЫХ ЗОН 55

Иванусь И.В., Дмитриченко Н.В.
ЦИФРОВАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАК ЧАСТЬ ЕДИНОЙ BIM ТЕХНОЛОГИИ 59

Кайгородова Е.Н., Лебедев В.А.
МЕЗОЗОЙСКИЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ СЕВЕРНОГО СКЛОНА БОЛЬШОГО КАВКАЗА 63

Калмыков Н.П.
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ В ПЕРИОД ОБИТАНИЯ ГИППАРИОНОВОЙ ФАУНЫ 68

Керимов И.А., Моллаев З.Х., Доценко В.В.
СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ, ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ, СТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ТАМАНСКОЙ ЧАСТИ КЕРЧЕНСКО-ТАМАНСКОГО ПРОГИБА 75

Кондаков В.М., Мамаев С.А., Мусаев М.А., Мамаев А.С., Курбанисмаилова А.С.
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ТЕРРИТОРИИ Г. МАХАЧКАЛЫ В СВЯЗИ С ПОДТОПЛЕНИЕМ 87

Крисак О.С., Попов Ю.В.
ВОЛНОВАХСКО-СТАХАНОВСКИЙ ПОПЕРЕЧНЫЙ ВАЛ В СТРУКТУРЕ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА 94

Крисак О.С., Шарова Т.В.
ПЕРВИЧНЫЕ ФЛЮИДНЫЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В «ДИАМАНТАХ ДОНБАССА» СЕВЕРНОЙ АНТИКЛИНАЛИ СКЛАДЧАТОГО ДОНБАССА 99

Маммаев О.А., Маммаев Б.О.
ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ РАДИОТЕПЛОГЕНЕРАЦИИ В ОСАДОЧНОЙ ТОЛЩЕ КИЗЛЯРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД 103

Микерина Т.Б., Мазеин В.Ю.
ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ МЕЗОКАЙНОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ РОССИЙСКОГО СЕКТОРА АЗОВСКОГО МОРЯ 108

Мышенкова М.С., Короновский Н.В.
ГЕНЕЗИС И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ВЕРХНЕПЛИОЦЕНОВЫХ КИСЛЫХ ВУЛКАНИТОВ ВЕРХНЕ- И НИЖНЕЧЕГЕМСКОГО ВУЛКАНИЧЕСКИХ НАГОРИЙ (КАБАРДИНО-БАЛКАРИЯ) 116

Парада С.Г., Гамбург К.Ю.
ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И ЗОЛОТА В ДОНБАССЕ 122

Пинчук Т.Н., Кодаш А.С., Шейков А.А., Фурсина А.Б.
ИССЛЕДОВАНИЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ ОСАДКОВ ЧЕРНОГО МОРЯ 131

Попков В.И., Попков И.В.
ЭКЗОГЕННЫЕ И ЭНДОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ В ФОРМИРОВАНИИ КОЛЛЕКТОРОВ В ПОРОДАХ ФУНДАМЕНТА 136

Попов С.В., Головина Л.А.,
Александрова Г.Н., Пинчук Т.Н., Застрожнов А.С., Столяров А.С.
РАЗРЕЗ Р. КУБАНЬ У Г. ЧЕРКЕССКА - СТРАТОТИПИЧЕСКИЙ ДЛЯ КАВКАЗСКОГО РЕГИОЯРУСА И СВИТ МАЙКОПСКОЙ СЕРИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ 142

Пустовит О.Е., Попов Ю.В.
ЗОНАЛЬНЫЕ ХРОМШПИНЕЛИ ИЗ СЕРПЕНТИНИТОВ НИЖНЕТЕБЕРДИНСКОГО МАССИВА (БОЛЬШОЙ КАВКАЗ) 149

Сулейманов В.К., Мамаев С.А., Гусейнова А.Ш., Мамаев А.С.
РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГЛАКОНИТОВЫХ ПОРОД
И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДАГЕСТАНЕ 154

Шарафутдинов В.Ф., Калабин В.В.
ПЕРСПЕКТИВЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИ ЭКРАНИРОВАННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ В СРЕДНЕМИОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ДАГЕСТАНСКОГО ШЕЛЬФА КАСПИЯ 159

Энна Н.Л., Лаврищев В.А., Шишов В.С., Письменская Г.А.
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГОСЪЕМОЧНЫХ РАБОТ В ПРЕДЕЛАХ ЛИСТА К-38-Х (ГРОЗНЫЙ) 162

Яндарбиев Н.Ш., Яндарбиева Д.Н.
БИОМАРКЕРНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВОЗРАСТА НЕФТЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ 172

II. ГЕОФИЗИКА. ГЕОДИНАМИКА

Беккиев М.Ю., Докукин М.Д., Калов Х.М., Калов Р.Х.
ОБ ОЦЕНКЕ ОПАСНОСТИ СХОДОВ И ОБВАЛОВ ЛЕДНИКОВ 181

Бондаренко Н.А., Любимова Т.В.
ПРОСТРАНСТВЕННО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕЙСМИЧНОСТИ АНАПСКО-ГЕЛЕНДЖИКСКОЙ СЕЙСМОАКТИВНОЙ ЗОНЫ 187

Виноградов Ю.А., Габсатарова И.П.
О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ СЕТИ СЕЙСМИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ В ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ 193

Виноградов Ю.А., Милехина А.М., Федоров А.В., Федоров И.С.
О МОНИТОРИНГЕ ЛАВИННОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ 200

Габдрахманов А.Т., Ермошкин А.Ю.
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ И СЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРП 207

Габсатарова И.П., Бабкова Е.А., Зверева А.С.
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММЫ SEISAN ДЛЯ РАСЧЕТА ДОБРОТНОСТИ СРЕДЫ В ТЕРСКО-КАСПИЙСКОМ ПРОГИБЕ 221

Заалишвили В.Б., Мельков Д.А.,
Кануков А.С., Архиреева И.Г., Фидарова М.И.
СЕЙСМИЧЕСКИЙ РИСК ТЕРРИТОРИИ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА 228

Идармачев Ш.Г., Черкашин В.И., Мамаев С.А., Идармачев И.Ш.
ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ДИПОЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАЙОНЕ КЕРЧЕНСКОГО МОСТА 232

Керимов И.А., Бадаев С.В.
АНАЛИЗ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ ЧЕЧНИ И ИНГУШЕТИИ 238

Керимов И.А., Гайсумов М.Я., Бадаев С.В.
РАЗЛОМНАЯ ТЕКТОНИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ ЧЕЧНИ И ИНГУШЕТИИ 246

Пономарева Н.Л., Стогний В.В.
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЙСМОТЕКТОНИКИ АНАПСКОГО 12.06.1966 г. И ДАГЕСТАНСКОГО 14.05.1970 г. ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ 252

Фролова Н.И., Габсатарова И.П., Сущев С.П., Малаева Н.С.
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ПОТЕРЬ ОТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЮГА СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ 258

Эзирбаев Т.Б.
ПЕРЕИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ГИС:
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В МИРЕ И СОБСТВЕННЫЙ ОПЫТ 266

III. ГЕОЭКОЛОГИЯ. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Атабиева Ф.А., Геккиева С.О.
УРОВНИ СОДЕРЖАНИЯ И СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОЕДИНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЕКАХ ТЕРЕК, МАЛКА И БАКСАН 277

Бадов А.Д., Бадов О.А.
ЭКОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ДАГЕСТАНА И СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ: ОБЩЕЕ И ОСОБЕННОЕ 282

Бурдзиева О.Г., Заалишвили В.Б., Мельков Д.А.,
Кануков А.С., Персаева З.В., Шманатов Г.В., Ревазов М.О.
ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ СЕВЕРНОЙ ОСЕТИИ: ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ 289

Буркацкий О.Н., Шейков А.А., Иваншин С.О.
ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ 294

Гегиев К.А., Хаджиев М.М., Батчаев И.И., Анаев М.Т.
СЕЛЕВЫЕ ПОТОКИ В РУСЛЕ САГАЕВСКИЙ ПРИТОКА Р. БАКСАН В КБР 299

Геккиева С.О.
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ 304

Гергокова З.Ж.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ВОЗМОЖНОГО ПОРАЖЕНИЯ СЕЛЕВЫМИ ВЫНОСАМИ ТЕРРИТОРИИ ГОРНОГО СЕЛЕНИЯ БУЛУНГУ (БАССЕЙН РЕКИ ЧЕГЕМ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КАВКАЗ) 309

Гуня А.Н.
ДИНАМИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ И ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРОВА ГОРНЫХ РЕГИОНОВ МИРА 315

Гуня А.Н., Гакаев Р.А.
ЛАНДШАФТНАЯ СТРУКТУРА КАК ОСНОВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ УГЛЕРОДА В ГОРАХ (НА ПРИМЕРЕ МАКАЖОЙСКОЙ КОТЛОВИНЫ) 320

Гурьевских О.Ю., Юровских А.М.
ПАРАДИГМЫ СОВРЕМЕННОГО ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЯ В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ РАВНИННЫХ И ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ 328

Даукаев А.А., Абумуслимов А.А., Даукаев Аслан А.
ПРИРОДНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВЫСОКОГОРЬЯ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В СВЯЗИ С РАЗВИТИЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА 333

Даукаев А.А., Гацаева Л.С., Шаипов А.А., Саркисян И.В., Даукаев Аслан А.
ПРЕСНЫЕ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ГОРНЫХ РАЙОНОВ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ 339

Дебиев М.В., Гайсумов М.Я., Бадаев С.В., Эльбазуров А.Р., Юсупова А.С.
ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИЭ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ 348

Дергачева А.В., Горбунов А.С., Бураева Е.А.
РАДИОНУКЛИДЫ И ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ г. НОВОЧЕРКАССКА, РОСТОВСКАЯ ОБЛАСТЬ 353

Дрыгваль П.В., Дрыгваль А.В., Лебедев Я.О.
АЭРАЛЬНАЯ МИГРАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ МОРСКОЙ ВОДЫ И ИХ НАКОПЛЕНИЕ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ (ЮЖНЫЙ БЕРЕГ КРЫМА, КАРАДАГ) 357

Забураева Х.Ш.
ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЕМ В РЕГИОНАХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА 365

Кендирбаева Дж.Ж.
ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КЫРГЫЗСТАНА 370

Кондратьева Н.В., Узденова А.Б.
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ КБР 374

Куричева А.С.
ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ ОЗЕРА МАЛЫЙ ЛИМАН 378

Кучменова И.И.
ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОГОРНЫХ РЕК ЧЕГЕМ, ЧЕРЕК БАЛКАРСКИЙ И ЧЕРЕК БЕЗЕНГИЙСКИЙ 381

Лысенко И.О., Лысенко А.В.
АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА 386

Матасова И.Ю., Теюбова В.Ф.
ДИНАМИКА БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФИТОПЛАНКТОНА В ПОРТУ ТЕМРЮК (2006-2020 ГГ.) 390

Мячина К.В., Дубровская С.А., Ряхов Р.В.
РАЗВИТИЕ ЭРОЗИОННОЙ СЕТИ В СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТАХ В УСЛОВИЯХ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ) 396

Реутова Т.В., Дреева Ф.Р., Реутова Н.В., Хутуев А.Х.
ПРОЯВЛЕНИЕ СТРОНЦИЕВОЙ АНОМАЛИИ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ БАССЕЙНА р. БАКСАН 401

Розломий Н.Г., Плужник М.А.
ДИНАМИКА СОХРАННОСТИ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ КОРЕЙСКОЙ (PINUS KORAIENSIS SIEBOLD ET ZUCC) НА ТЕРРИТОРИИ УССУРИЙСКОГО ФИЛИАЛА КГКУ «ПРИМОРСКОЕ ЛЕСНИЧЕСТВО» 405

Усманов А.Х., Гайрабеков У.Т., Алахвердиев Ф.Д.
К ВОПРОСУ О ЗАГРЯЗНЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ УГЛЕВОДОРОДАМИ (НА ПРИМЕРЕ Г. ГРОЗНОГО) 408

Харыбина А.С., Юмашева А.К., Белов Д.А., Миронова М.А.
БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА, НАРУШЕННЫХ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА 411

Чембарисов Э.И. Хожамуратова Р.Т. Шодиев С.Р.
ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАССЕЙНА АРАЛЬСКОГО МОРЯ ПРИ ДОСТИЖЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА 415

IV. ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА. ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

Горбунов Р.В.
ДИНАМИКА РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЭКОСИСТЕМ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА 421

Заалишвили В.Б., Кануков А.С., Корбесова К.В.
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА 428

Керимов И.А., Братков В.В., Бекмурзаева Л.Р.
ИЗМЕНЧИВОСТЬ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ АРИДНЫХ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА 432

Керимов И.А., Махмудова Л.Ш., Гайрабеков У.Т.
КАРБОНОВЫЙ ПОЛИГОН ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ:
ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЭТАЛОННЫХ УЧАСТКОВ 438

Кешева Л.А., Теунова Н.В.
ТЕНДЕНЦИИ РЕЖИМА ОСАДКОВ И ИХ ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ
В РАВНИННОЙ ЗОНЕ ЮГА РОССИИ (1961-2018 ГГ.) 444

Луганская А.В., Авилов В.С.
ДИНАМИКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА КРУПНЫХ ГОРОДОВ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ 450

Ташилова А.А.
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИСТИК ЭКСТРЕМУМОВ ТЕМПЕРАТУР МЕТОДОМ БУТСТРЕПА 455

Экба Я.А., Ахсалба А.К., Хинтуба Л.В.
ГЛОБАЛЬНЫЕ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ (АБХАЗИЯ) ПРОЯВЛЕНИЯ
ПАРНИКОВОГО ЭФФЕКТА В АТМОСФЕРЕ И НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ 462

V. ИСТОРИЯ НАУК О ЗЕМЛЕ

Белуженко Е.В., Пинчук Т.Н.
ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗУЧЕННОСТИ МАЙКОПСКИХ (ОЛИГОЦЕН-НИЖНЕМИОЦЕНОВЫХ) ОТЛОЖЕНИЙ ЗАПАДНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТЕЙ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА 471

Богуш И.А., Рябов Г.В., Черкашин В.И., Исаева Н.А.
ИСТОРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ПРОВИНЦИИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ (Au, Pt, Pd) НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ 479

Горбунова Т.Ю.
ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЕТРОПОТЕНЦИАЛА ТЕРРИТОРИИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА В НАЧАЛЕ XX ВЕКА 487

Елина О.Ю.
ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ, МАТЕРИАЛЬНАЯ КУЛЬТУРА И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО В ЭКСПОЗИЦИЯХ КРЫМА И КАВКАЗА НА ВСЕРОССИЙСКОЙ ВЫСТАВКЕ 1923 ГОДА 491

Караев Ю.И.
ИСТОРИЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГЛОБАЛЬНЫХ ГЕОПАРКОВ ЮНЕСКО:
ОТ ОХРАНЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ПРИРОДЫ К СОВРЕМЕННОЙ СИСТЕМЕ КОМПЛЕКСНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ 496

Керимов А.М., Акшаяков З.Т., Курашева О.А.
ИСТОРИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОЛЕДЕНЕНИЯ КАВКАЗА С СЕРЕДИНЫ XIX В. НА ПРИМЕРЕ СЛОЖНО ДОЛИННЫХ ЛЕДНИКОВ БЕЗЕНГИ И МИЖИРГИ 501

Керимов И.А., Широкова В.А., Гагаева З.Ш., Батукаев А.А.
ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ (XVIII-XX вв.) 506

Ключкина А.А.
ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ СЕТИ ЛЕСНЫХ ПОЛОС
В РАВНИННОМ КРЫМУ 513

Краснов Е.В., Романчук А.Ю.
ЮРСКИЕ УГЛЕРОДОДЕПОНИРУЮЩИЕ ОРГАНОГЕННЫЕ СТРУКТУРЫ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА (страницы истории) 518

Озерова Н.А.
К ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ ГОРНЫХ ОЗЕР КАВКАЗА (ПО МАТЕРИАЛАМ «ЗАПИСОК» И «ИЗВЕСТИЙ» КАВКАЗСКОГО ОТДЕЛА ИМПЕРАТОРСКОГО РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА) 520

Собисевич А.В.
БОЛЬШОЙ СТАВРОПОЛЬСКИЙ КАНАЛ: ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ 531

Научное издание

ИИЕТ им С.И. Вавилова РАН
ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова
Департамент по недропользованию по СКФО
Академия наук Чеченской Республики

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ И ГЕОЭКОЛОГИИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

Том XI

Коллективная монография

Научные редакторы:

д.ф.-м.н., профессор, академик АН ЧР,
Заслуженный геолог РФ И.А. Керимов
д.г.н., профессор В.А. Широкова
д.ф.-м.н., профессор В.Б. Заалишвили
д.г.-м.н., профессор В.И. Черкашин

Технический редактор – З.Ш. Гагаева

Компьютерная верстка – С.В. Бадаев

Подписано в печать 17.11.2021. Формат 70×108 1/16
Бумага офсетная. Тираж 500 экз.
ООО «Формат», г. Грозный, ул. М. Гайрбекова, 72