

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Иркутский государственный университет»

А. Д. АБАЛАКОВ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

Учебное пособие



УДК 55; 504; 574

ББК 20.1 + 26.3

Т 76

*Печатается по решению ученого совета геологического факультета
Иркутского государственного университета*

Рецензенты

Л. М. Корытный – д-р геогр. наук, проф. (зам. директора Института географии СО РАН им В. Б. Сочавы);

Д. И. Стол – д-р биол. наук, проф. (зав. лаб. НИИ биологии при Иркутском госуниверситете)

Абалаков А. Д.

Т 76 Экологическая геология : учеб. пособие / А. Д. Абалаков. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. – 267 с.

ISBN 978-5-9624-0229-1

В книге приводится оригинальная схема построения экологической геологии как научной дисциплины и учебного курса. Методологической основой являются идеи профессора московского государственного университета В. Т. Трофимова об экологических функциях литосферы. Раскрываются методы исследования, принципы организации производственного экологического мониторинга. Рассмотрены вопросы экологического картографирования. Показана роль экологической геологии в экологическом проектировании, проведении инженерно-экологических изысканий. Рассмотрены современные экологически ориентированные технологии, применяемые при проведении поисково-разведочного бурения и разработке нефтегазовых месторождений. Акцентируется внимание на применении методов экологической геологии для решения природоохранных проблем нефтегазового комплекса.

Работа выполнена при поддержке программы «Фундаментальные исследования и высшее образование» (проект НОЦ-017 «Байкал») и «Развитие научного потенциала высшей школы» (2006–2008 гг.)» (проект РНП. 2.2.1.7334).

Abalakov A. D.

Ecological Geology : A Textbook / A. D. Abalakov. – Irkutsk : Irkutsk State University Publisher, 2007. – 267 p.

This book develops an original organizational framework for ecological geology as a scientific discipline and a teaching course. Its methodological foundation is provided by the ideas of V. T. Trofimov, professor of Moscow State University, concerning the ecological functions of the lithosphere. The research methods, and the principles of organization of a production ecological monitoring are presented. The issues relating to ecological mapping are considered. The role of ecological geology in ecological project planning, and in engineering-ecological surveying is shown. The author examines the current ecologically oriented technologies used in prospecting and exploration drilling, and in development of oil and gas fields. The emphasis is on the use of the methods from ecological geology in solving the nature conservation problems of the oil and gas complex.

This work was done with support under the “basic Research and Higher Education” (NOTs-017 “Baikal” project) and “Development of the Scientific Potential of Higher School” (2006–2008) (RNP. 2.2.1.7334) programs.

ISBN 978-5-9624-0229-1

© Абалаков А. Д., 2007

© ГОУ ВПО «Иркутский

государственный университет», 2007

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
Глава 1. Теоретические основы экологической геологии	8
1.1. Место экологической геологии в системе наук	8
1.2. Определение, объект, предмет, задачи исследований	12
1.3. Получение и обобщение эколого-геологической информации, методы экологической геологии	15
1.4. Эколого-геологические подходы оценки состояния и охраны окружающей среды нефтяных и газовых месторождений	20
Глава 2. Экологические функции и свойства литосферы	28
2.1. Геологическая среда и экологические свойства литосферы	28
2.2. Определение экологических функций литосферы	28
2.3. Классификация экологических функций литосферы	31
2.4. Структура экологической геологии	32
2.5. Экологические функции литосферы нефтегазовых месторождений	37
Глава 3. Экологическая петрология	45
3.1. Принципы изучения и классификация горных пород в инженерной геологии (инженерной петрологии) и экологической геологии (экологической петрологии)	45
3.2. Горные породы нефтегазовых месторождений, физико-механические свойства и пространственная изменчивость, экологическая оценка	48
Глава 4. Экологическая геодинамика	54
4.1. Объект и предмет экологической геодинамики. Геологические процессы и их классификация	54
4.2. Геодинамические экологические функции литосферы	61
4.3. Геологические процессы и их влияние на природные и техногенные комплексы нефтегазовых месторождений	64
Глава 5. Экологическая гидрогеология	73
5.1. Гидрогеология и экологическая гидрогеология. Определение. Объект и предмет изучения экологической гидрогеологии	73

5.2. Гидрогеологические системы	75
5.3. Миграция загрязняющих веществ в геологической среде и подземных водах	79
5.4. Природная защищенность подземных вод	82
5.5. Охрана и рациональное использование подземных вод месторождений нефти и газа	88
Глава 6. Экологическая геохимия	95
6.1. Принципы экологической геохимии	95
6.2. Содержание, объект и предмет экологической геохимии	96
6.3. Геохимические экологические функции литосферы	102
6.4. Геохимическая оценка состояния окружающей среды.	105
6.5. Этапы эколого-геохимических исследований	113
6.6. Виды эколого-геохимических работ	117
6.7. Химическое воздействие, геохимическая мера качества окружающей среды нефтегазовых территорий. Обеспечение экологической безопасности.	120
Глава 7. Экологическая геофизика	128
7.1. Объект и предмет эколого-геофизических исследований литосферы	128
7.2. Геофизические экологические функции литосферы	131
7.3. Биологическое действие геофизических полей	133
7.4. Методика экогеофизических работ. Экогеофизика нефтегазовых месторождений.	139
Глава 8. Охрана окружающей среды нефтяных и газовых месторождений	152
8.1. Нефтегазовая отрасль и охрана окружающей среды	152
8.2. Охрана воздушной среды, поверхностных и подземных вод, геологической среды и недр, почв, растительности, животного мира	154
8.3. Оценка экологического риска и аварийных ситуаций	158
8.4. Оценка величины и значимости техногенного воздействия	164
Глава 9. Экологическое картографирование нефтяных и газовых месторождений	169
9.1. Понятие экологического картографирования. Виды экологических карт	169
9.2. Геоэкологическое картографирование	170

9.3. Эколого-геологическое картографирование	176
9.4. Геоинформационное картографирование	188
9.5. Картографирование поясов экологической безопасности нефтегазовых месторождений	192
Глава 10. Экологически ориентированные технологии разработки нефтегазовых месторождений	205
10.1. Технология кустового наклонно-ориентированного бурения с использованием безамбарных технологий	205
10.2. Проектирование и освоение высоконапорных горизонтов	214
Глава 11. Экологическое проектирование нефтяных и газовых месторождений	219
11.1. Экологическая оценка	219
11.2. Инженерно-экологические изыскания	226
11.3. Разработка проектов «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС)	231
11.4. Разработка проектов «Охрана окружающей среды» (ООС)	235
11.5. Экологическая экспертиза	239
11.6. Участие общественности	245
11.7. Рассмотрение альтернатив	247
Глава 12. Экологический мониторинг нефтяных и газовых месторождений	251
12.1. Понятие экологического мониторинга	251
12.2. Структурно-логическая схема	253
12.3. Объекты экологического мониторинга: природная и техногенная среды и сфера взаимодействия	256
12.4. Формирование сети режимных наблюдений	259
12.5. Разработка программы организации производственного экологического мониторинга	262

Введение

Каждая эпоха рождает свой тип мировоззрения. Новые знания и новый опыт вносят свой вклад в науку, и идет непрерывная трансформация наших взглядов на окружающий мир, на нас самих и наше место в нем. Но бывают периоды перестройки основ эволюционного процесса развития человека, поворотные моменты антропогенеза, как и в каждом из природных процессов. Что необходимо сделать сегодня, чтобы не было катастрофы завтра? Обостряющиеся экологические проблемы, которые подчас приобретают глобальный характер, приводят к тому, что в нашей стране и во всем мире все большее внимание стало уделяться вопросам экологии. Сама жизнь заставляет обновить ранее полученные знания, которых стало недостаточно для обеспечения самосохранения. Решение экологических проблем невозможно без изучения внешней оболочки Земли, литосферы. Именно литосфера является материальной литогенной основой биосферы – сферы живого вещества. На ней формируются почвы, ландшафты, растительные и животные сообщества. В настоящее время литосфера все больше изменяется в процессе человеческой деятельности, включается в техносферу (часть биосферы, затронутой техногенезом). Вследствие этого возникла необходимость рассмотреть в неразрывной связи экологические качества литосферы и их современное состояние с экологическим состоянием биоты и условиями развития человеческого общества. Поэтому в геологии сформировалось новое направление – *экологическая геология*, изучающая качества литосферы и ее экологические функции. С появлением экологической геологии начался новый этап в изучении литосферы науками геологического цикла, принципиально отличающийся по своей ориентации от традиционных – собственно геологического и инженерно-геологического направления.

В конце XX века в нашей стране и во всем мире все большее внимание стало уделяться вопросам экологии. Такой интерес

обусловлен обостряющимися экологическими проблемами, которые подчас приобретают глобальный характер. В связи с этим все большее значение приобретают вопросы теории и методологии экологической геологии, определения ее положения в системе других наук.

Одной из проблем является то, что чаще всего вопросы экологии сводятся лишь к загрязнению и изменению атмосферного воздуха, водной среды, сохранения растительных сообществ и животного мира. Тогда как все эти компоненты природы тесно взаимосвязаны с внешней оболочкой планеты – литосферой. Именно литосфера является материальной литогенной основой биосферы – сферы живого вещества. На ней формируются почвы, ландшафты, растительные и животные сообщества. В настоящее время литосфера все больше изменяется в процессе человеческой деятельности, включается в техносферу (часть геосферы, затронутой техногенезом). Решение экологических проблем различных компонентов природы и общества невозможно без изучения экологических проблем литосферы, исследования ее экологических функций.

Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

1.1. Место экологической геологии в системе наук

Экологическая геология рассматривается как синтез геологических и экологических дисциплин, в состав которых входят различные точные, естественные, медицинские и социально-экономические науки. Это обеспечивает связь с ними экологической геологии (Трофимов, Зилинг, 2000; 2002). Особое место занимает геоэкология – междисциплинарное научное направление, изучающее экологические аспекты взаимодействия природы и общества (Ясаманов, 2003). Развивая эти представления, предложена классификационная схема экологической геологии, определенное положение в которой занимает экология нефтегазовых месторождений. **Экологическая геология** находится на пересечении **экологических и геологических дисциплин** (рис.1.1.1).

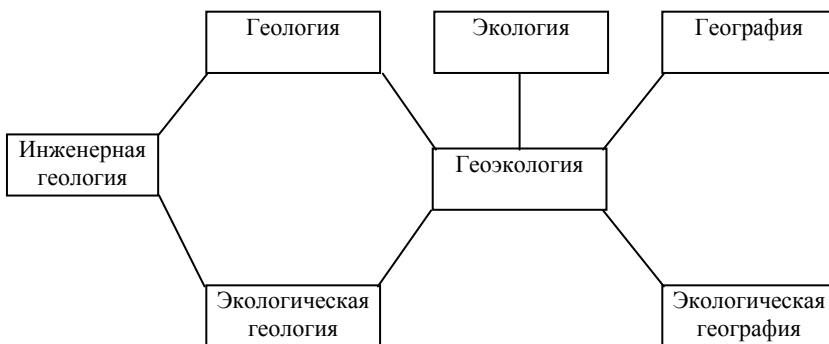


Рис. 1.1.1. Место экологической геологии в системе наук

Экология: общая, биологическая, региональная, динамическая, историческая, социальная, ландшафтная, ресурсная, правовая, картографическая, дистанционная, геоинформационная.

Геология. *Общая (синтез геологических дисциплин).* *Вещественная* (науки, изучающие вещественный состав и свойства Земли): петрография, минералогия, геохимия. *Геодинамическая* (науки, изучающие геологические процессы, протекающие в Земле): динамическая геология, геоморфология. *Историческая* (науки, изучающие историю развития Земли и эволюцию органического вещества в ходе геологической истории): историческая геология, учение о фациях и формациях, литология, палеогеография, палеонтология. *Практическая* (науки о недропользовании): учение о полезных ископаемых, рудничная, шахтная и промысловая геология, в том числе геология нефти и газа, поисково-разведочное дело, геологическое ресурсоведение, инженерная геология, гидрогеология, геофизика. *Методическая:* математическая, аэрокосмическая геология, геологическое картирование, геинформационные методы.

Экологическая геология: общая экологическая геология, региональная экологическая геология, экологическая геодинамика, экологическая геоморфология, историческая экологическая геология, экология фациальная, историческая экологическая геология (палеогеография), социально-экологическая геология, ландшафтно-экологическая геология, прикладная экологическая геология, экологическая петрология, экологическая геодинамика, экология формирования месторождений полезных ископаемых (в том числе нефтегазовых), **экология добычи (разработки) полезных ископаемых (в том числе нефтегазовых)**, инженерная экологическая геология, экологическая гидрогеология, экологическая геофизика, эколого-геологическое ресурсоведение, правовая экологическая геология, эколого-геологическая картография, дистанционная экологическая геология, геинформационная экологическая геология.

Некоторые дисциплины экологической геологии пока не получили развития. Другие достаточно разработаны и по ним имеются научные и учебные публикации. В число дисциплин по геологии полезных ископаемых входит геология нефти и газа. Экология различных видов минерально-сырьевых ресурсов имеет свою специфику. Целью настоящей работы является

рассмотрение экологических аспектов разработки нефтегазовых месторождений.

Экологическая геология – новое научное направление. Она развивалась как продолжение и развитие инженерной геологии. В инженерной геологии базовым понятием выступает геологическая среда (Сергеев, 1979). Это верхняя часть литосферы, доступная техногенному воздействию, испытывающая влияние инженерно-строительной и иной хозяйственной деятельности человека и включающая в себя горные породы, подземные воды, природные газы, микроорганизмы, находящиеся во взаимодействии. Она характеризуется естественными геофизическими и геохимическими полями и находится под влиянием многообразных техногенных нагрузок. При инженерно-геологическом подходе акцентируется внимание на защите инженерных сооружений от неблагоприятного воздействия природных, преимущественно геологических, процессов. С этой точки зрения охрана окружающей природной среды рассматривается как мера обеспечения технической безопасности производственных объектов. На основе изучения причинно-следственных связей решается задача минимизировать отклик от воздействия инженерных сооружений на природные комплексы.

Близкой по содержанию является экологическая геоморфология. Она изучает взаимосвязи результата взаимодействия геоморфологических систем любого ранга с системой экологии человека (Рельеф..., 2002). Экологическая геоморфология – это «направление прикладной геоморфологии, изучающее рельеф, его происхождение, возраст и эволюцию, процессы рельефообразования, их роль и функции в сложной системе «природа–хозяйство–население». В природной среде рассматривается взаимодействие рельефа и геодинамических процессов с биотой и хозяйственной деятельностью человека. Рельеф – это граница раздела литосферы и атмосферы. Поэтому она имеет точки соприкосновения как с экологической географией, так и с экологической геологией (Рельеф..., 2002).

При эколого-геологическом подходе принимается система тройного взаимодействия – «природа–население–хозяйство», которая рассматривается с точки зрения охраны окружающей

среды всех компонентов геосферы и обеспечения экологического равновесия между литосферой, гидросферой, атмосферой, живыми организмами и обществом. Основное внимание при этом акцентируется на изучении и сохранении геологической среды. Важным элементом экологической геологии является включение в состав анализа биотических компонентов. Рассматриваются функциональные связи в системе «литосфера–биота–общество».

Инженерная геология изучает геологическую среду, в основном, с целью достижения технической безопасности хозяйственных объектов. Экологическая геология подходит к рассмотрению литосферы с широких природоохранных позиций.

Она наиболее тесно связана с геоэкологией – комплексной междисциплинарной наукой об территориально-экологических отношениях взаимодействия природы и общества (Осипов, 1997). Но в экологической геологии превалирует литосферный аспект. Представление о геоэкологии дает рис. 1.1.2.

П

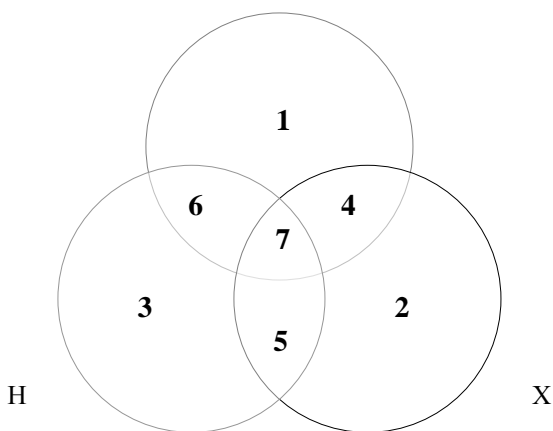


Рис. 1.1.2. Геоэкологическая система

Сферы пространственно-временного экологического взаимодействия: П – природа, Х – хозяйство, Н – население.

Чистые классы: 1 – традиционная биологическая экология; 2 – производство и экономика; 3 – социальные и медицинские науки.

Классы двойного взаимодействия: 4 – инженерная, промышленная, экономическая экология; 5 – политэкономия, 6 – социальная экология, экология человека.

Классы тройного взаимодействия: 7 – геоэкология, экологическая экология, экологическое право

1.2. Определение, объект, предмет, задачи исследований

Современная экологическая геология базируется, в основном, на позициях биоцентризма, который предполагает всесторонний учет всех видов воздействия человека на геологическую среду и влияния геологической среды на биоту (Королев, 1997).

Экологическая геология рассматривается как новое направление, которое изучает взаимосвязи между литосферой, биотой, населением и хозяйством (Гарецкий, Каратаев, 1995; Теория..., 1997; Бгатов, 1993). Объект исследования экологической геологии – приповерхностная часть земной коры – литосфера, расположенная преимущественно в зоне антропогенного воздействия. Литосферный блок включает горные породы, рельеф и геодинамические процессы. В структуре экологической геологии выделяются две области – предметная и информационно-методическая. Предметом экологической геологии являются экологические функции литосферы. Информационно-методическая область включает дистанционное зондирование, геоинформационное обеспечение и эколого-геологическое картографирование.

Как и большинство геологических наук, экологическая геология исследует, по В. Т. Трофимову и Д. Г. Зилингу (2000, 2002), задачи трех типов: морфологические, ретроспективные и прогнозные.

Морфологические задачи – это задачи, связанные с изучением состава, состояния, строения и свойств анализируемой системы, ее эколого-геологических условий в целом. Решение задач этого типа позволяет ответить на вопрос: «Что это за система, и какие качества ей присущи?», а также получить качественные и количественные показатели, характеризующие современные эколого-геологические условия (обстановки)

изучаемого объекта. Именно эти задачи решает специалист в процессе натуральных исследований и камеральной обработки материалов.

Следует подчеркнуть, что решение морфологических задач, по существу, проблема диагноза с фиксированным временем. Следовательно, такие задачи рассматриваются как статические, не фиксирующие изменения эколого-геологических условий во времени, или изменения анализируемой системы и взаимоотношений входящих в нее подсистемных элементов. По сути, это фиксация современных эколого-геологических условий, их современного состояния на определенную временную дату.

Ретроспективные задачи – задачи, обращенные в прошлое и связанные с изучением (точнее, восстановлением) истории формирования объекта исследования, формирования его современного качества. Решение задач этого типа позволяет ответить на вопросы: «Почему объект такой? Каким путем он сформировался?». Классическим примером задач такого типа является исследование истории формирования эколого-геологических условий (обстановок) какой-либо территории, либо литосферного блока (массива). Методика решения ретроспективных эколого-геологических задач основана на общегеологических методах.

Подчеркнем, что решение ретроспективных задач опирается на данные, полученные при исследовании морфометрических задач. Именно эта информация используется при восстановлении последовательности и характера событий во времени (исторические аспекты), и вскрытии причинно-следственных связей (генетические аспекты). Эти задачи решаются в логической временной системе (геологическое время); но заключительные этапы рассматриваются в физическом времени с точкой отсчета от начала эры техногенеза, т. е. начала XVIII столетия.

Прогнозные задачи – задачи, связанные с изучением поведения, тенденций развития исследуемой системы в будущем под воздействием различных причин природного и техногенного происхождения. Решение задач этого типа позволяет ответить на вопрос: «Как будет вести себя объект в будущем при тех или иных воздействиях?» Как и в инженерной геологии, в

экологической геологии приходится решать задачи пространственного, временного и пространственно-временного прогноза изменения эколого-геологической системы под влиянием причин естественных (природных), техногенных или их совместного действия. Методика решения прогнозных задач разработана значительно слабее, чем морфологических и ретроспективных.

Ранее уже было показано, что экологическая геология исследует эколого-геологические системы. Выделяется четыре типа этих систем (Трофимов, Зилинг, 2002):

- природная эколого-геологическая система реальная;
- природная эколого-геологическая система идеальная;
- природно-техническая эколого-геологическая система идеальная;
- природно-техническая эколого-геологическая система реальная.

Природную эколого-геологическую систему реальную геолог исследует при проведении эколого-геологических исследований на неосвоенной территории, в пределах которой техногенно обусловленные изменения эколого-геологической обстановки, строго говоря, отсутствуют. Все работы направлены на получение данных о составе, состоянии и экологических свойствах литосферы и взаимодействующей с ней биоты.

Изученная эколого-геологическая система первого типа в дальнейшем может быть использована при прогнозных исследованиях, при которых анализируются возможные последствия природных воздействий. В этом случае изучается уже система второго типа – природная эколого-геологическая идеальная. При этом рассматривают возможность изменения существующих эколого-геологических условий только под влиянием меняющихся природных воздействий.

Системы первого типа могут использоваться также и при изучении природно-технической эколого-геологической системы идеальной, исследуемой в процессе прогнозирования изменения эколого-геологической обстановки под влиянием тех или иных видов техногенных (с учетом возможных природных) воздействий в процессе освоения данной территории.

Природно-техническая эколого-геологическая система реальная исследуется геологом на освоенных территориях и включает в свой состав уже существующие инженерные сооружения, а чаще – целый их комплекс и несет в себе последствия и природных, и, главным образом, техногенных воздействий. На базе изучения таких геосистем определяется их современное состояние, и разрабатываются, в случае необходимости, методы управления эколого-геологическими ситуациями с целью сохранения или улучшения окружающей природной среды.

1.3. Получение и обобщение эколого-геологической информации, методы экологической геологии

Общее представление о методах наук о Земле, используемых для получения эколого-геологической информации, приведено в таблице 1.3.1. В ней показаны основные геологические науки разного иерархического уровня, методы которых используются для получения эколого-геологической информации. Для обеспечения единого подхода при оценке методов этих наук пришлось отказаться от выделения в их составе научных разделов. В первую очередь это касается инженерной геологии, гидрогеологии, геотектоники, геологии полезных ископаемых, а сами методы, иногда весьма многочисленные (например, в геофизике их более 100), объединить в названные группы. Кроме того, ряд наук, не имеющих собственных частных методов изучения литосферы, а опирающихся на обще геологические (динамическая геология) или не имеющих методов, существенных для получения эколого-геологической информации (кристаллография), вообще не включены в таблицу 1.3.1.

Экологическая геология использует методы ландшафтного планирования, аэрокосмические методы, методы инженерно-геологического и геоморфологического картографирования и районирования, экологического зонирования, методики пределов допустимых изменений и рекреационного проектирования, методы полевых исследований, а также методы гидрогеологии, геокриологии, геохимии, геотектоники, геодинамики (в том числе инженерной геодинамики) и сейсмотектоники, петрографии (в том числе инженерной петрологии) и минералогии.

В основе оценки минерально-сырьевых ресурсов лежат методы геологии полезных ископаемых (поисковые, опробования, подсчета запасов, оценки месторождений). Эти базовые методы дополняются методами геохимии (литохимическими, гидрогеохимическими, биохимическими, атмосферическими) и геофизическими (гравиметрическими, магнитными, электромагнитными, сейсмическими, ядерно-физическими), которые используются при поиске и разведке полезных ископаемых. Кроме того, при оценке минерально-

сырьевых ресурсов широко используются многочисленные методы петрологии, литологии и минералогии, связанные с изучением вещественного состава, как полезного ископаемого, так и вмещающих пород. Методы других геологических наук являются сопутствующими.

Таблица 1.3.1

Методы наук о Земле, используемые для получения эколого-геологической информации (по Плотникову и др., 1992)

Методы наук о Земле	Экологические функции литосферы						
	Ресурсная			Геодинамическая		Геофизико-геохимическая	
	Минерально-сырьевые ресурсы	Ресурсы подземных вод	Ресурсы геологического пространства	Эндогенные геологические процессы	Экзогенные геологические процессы	Природные и техногенные геохимические поля	Природные и техногенные геофизические поля
Инженерной геологии	-	-	++	+	++	+	+
Гидрогеологии	-	++	+	+	+	+	-
Геокриологии	-	+	++	-	++	-	+
Геохимии	+	+	-	++	+	++	-
Геофизики	+	+	+	++	+	+	++
Геологии полезных ископаемых	++	-	-	-	-	-	-
Геотектоники, геодинамики и сейсмотектоники	+	-	+	+	+	+	+
Геоморфологии	+	-	+	+	++	-	-
Исторической геологии и палеонтологии	+	-	-	-	+	-	-
Петрологии, литологии и минералогии	++	-	-	+	+	+	+

Примечание: – не используются, + используются, ++ широко используются.

Ресурсы подземных вод исследуются базовой наукой – гидрогеологией (методы подсчета запасов подземных вод, методы количественной оценки подземного стока и др.). Для решения поставленных задач широко используются методы

геофизики (электромагнитные, сейсмические, ядерно-физические и термические) и геохимии (гидрогеохимическое, геохимическое районирование и картирование).

Ресурс геологического пространства традиционно оценивается методами инженерной геологии (инженерно-геологическая съемка и картографирование, инженерно-геологическое районирование, методами полевого и лабораторного изучения горных пород и массивов, методами моделирования геологических процессов) и геокриологии (методы мерзлотной съемки и др.). Методы остальных наук используются как частные и чаще всего входят в комплекс полевых и опытных инженерно-геологических работ.

Геодинамическая функция литосферы изучается методами базовых наук – инженерной геологии (инженерно-геологическая съемка и картографирование, геодинамическое районирование, методы полевых работ, режимных наблюдений, методы полевого и лабораторного изучения горных пород и массивов, методы моделирования геологических процессов, методы оценки устойчивости склонов, микросейсмическое районирование), геокриологии (методы мерзлотной съемки, методы режимных наблюдений, методы мерзлотного прогноза), геоморфологии, а для эндогенной ее составляющей – методами тектоники, сейсмотектоники, геофизики и геохимии. Именно они дают информацию о механизме развития и закономерностях пространственной приуроченности деструктивных процессов и динамике их развития. Эта информация позволяет оценить экологическую значимость геологических процессов как природного, так и антропогенного происхождения. Методы остальных наук о Земле, хотя и используются для решения отдельных вопросов, имеют подчиненное значение. Геохимическая функция литосферы является ведущей при оценках последствий естественных и техногенных «загрязнений» литосферы. Последние в настоящее время проявляются практически во всех компонентах верхней части разреза литосферы под влиянием техногенеза. Основными базовыми методами изучения геохимических полей и оценки их воздействий на биоту являются методы геохимии и, в первую очередь, такие как атмосферический, литохимический,

гидрогеохимический, биогеохимический, геохимический (снеговая съемка), а также геохимическое картирование и районирование. В последнее время для этих целей стали широко применяться и некоторые геофизические методы – радиометрия, радиолокационное зондирование и методы физического контроля, а из методов гидрогеологии – опытно-миграционные. Методы остальных геологических наук имеют подчиненное значение.

Основными базовыми методами изучения геофизических полей являются методы геофизики (гравиметрические, магнитные, электромагнитные, сейсмические, ядерно-физические, термические), за каждым из которых стоит оценка интенсивности аномалии соответствующего физического поля. По мере необходимости они дополняются методами геотектоники, инженерной геологии и геокриологии.

К специальным методам собственно экологической геологии отнесены эколого-геологическое картирование, функциональный анализ эколого-геологической обстановки, эколого-геологическое моделирование и эколого-геологический мониторинг.

Экологическая специфика первого метода заключается в получении площадной информации и отображении в картографических моделях всех факторов, влияющих на эколого-геологическую обстановку (от конкретного воздействия на экологический компонент до экологических последствий этого воздействия). Итогом исследования является эколого-геологическая карта оценочного или оценочно-прогнозного типа, выступающая основой для обоснования управляющих решений соответствующими органами.

Функциональный анализ, по М. Б. Куринову, проводится с целью общей оценки состояний эколого-геологической обстановки. Методология его базируется на принципах, которые широко используются и в экологии (системный подход, принцип историзма, принцип целостности объекта). Функциональный анализ позволяет реализовать системный подход при эколого-геологических исследованиях и объединить, рассмотреть с единых методологических позиций теоретические разработки и их практическую реализацию. Этот метод занимает среди специальных методов экологической геологии одно из

центральных мест, так как позволяет решить основную стратегическую задачу – определить пути и способы достижения стабильно развивающихся эколого-геологических обстановок-систем.

Функциональный анализ эколого-геологической обстановки предусматривает: 1) выделение и характеристику эколого-геологической обстановки-системы той или иной изучаемой территории; раскрытие конкретных причинно-следственных связей между подсистемными элементами, контролирующими эколого-геологическую обстановку и составление пространственно-временного прогноза ее развития; 2) проведение оценки значимости экологических функций литосферы для социально-экономических и биологических объектов; 3) определение принципов развития, а в случае необходимости – путей поддержания существования эколого-геологических обстановок-систем.

Под эколого-геологическим моделированием понимается создание моделей состояния и прогноза эколого-геологической ситуации той или иной территории, возникающей при реальных или возможных изменениях геологического компонента природной среды в процессе взаимодействия последнего с источниками воздействия, как природными, так и техногенными. Создание подобных моделей, по М. Б. Куринову, предполагает поэтапное их формирование, от мысленных (понятийных) моделей к физическим, знаковым (картографическим) и математическим. В процессе исследования применяется комплекс традиционных методов моделирования. Выбор конкретного метода обуславливается спецификой информационной базы, задачами исследования.

В процессе эколого-геологического моделирования решаются следующие группы задач: 1) создание моделей состояния эколого-геологической ситуации той или иной территории; 2) построение моделей эколого-геологического прогноза; 3) разработка и выбор модели устойчиво развивающейся эколого-геологической системы территории; 4) корректировка постоянно действующей модели устойчиво развивающейся эколого-геологической системы.

Мониторинг является общенаучным методом исследования. Его эколого-геологическая специфика заключается в целевом предназначении и соответствующем выборе объектов наблюдения и учета динамики их развития. Объектом эколого-геологического мониторинга является эколого-геологическая обстановка-система, которая рассматривается как часть экологической системы, отвечающая за «геологическое» жизнеобеспечение и человека, и биоты в целом вследствие выполнения ею определенных эколого-геологических функций (ресурсной, геодинамической, геофизической и геохимической). Эколого-геологическая обстановка-система рассматривает взаимоотношения и взаимосвязи типа «литосфера–биота» или «литосфера–инженерные сооружения–биота». Важно подчеркнуть, что эколого-геологическая обстановка-система может содержать, а может и не содержать технические объекты. В последнем случае обстановка является целиком природной эколого-геологической системой, а организуемый в её пределах эколого-геологический мониторинг будет являться фоновым.

Главным же отличием эколого-геологического мониторинга от мониторинга геологической среды является объект наблюдений. В первом случае объектом наблюдений является эколого-геологическая обстановка-система, во втором – геологическая среда, являющаяся частью эколого-геологической системы, ее литогенной основой. Кроме того, есть отличия и в их конечном целевом назначении: целью эколого-геологического мониторинга является оптимизация функционирования эколого-геологической системы-обстановки, а целью второго – оптимизация функционирования природно-технической системы «геологическая среда–инженерное сооружение».

Таким образом, эколого-геологическим мониторингом следует называть систему постоянных наблюдений, оценки, прогноза состояния и изменения эколого-геологической обстановки-системы, проводимую по заранее намеченной программе с целью разработки рекомендаций и управляющих решений, направленных на обеспечение ее оптимального экологического функционирования и устойчивого развития.

1.4. Эколого-геологические подходы оценки состояния и охраны окружающей среды нефтяных и газовых месторождений

В настоящее время в связи с благоприятной конъюнктурой цен на нефтегазовое сырье происходит увеличение объемов добычи и вовлечение в освоение новых месторождений. Вследствие чего особое значение приобретает проблема охраны природы и рационального использования природных ресурсов при добыче нефти, газа и конденсата. Наиболее сложной задачей по охране окружающей среды при разработке и обустройстве нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений является предотвращение попадания углеводородов, рассолов и неочищенных промышленных сточных вод в естественные водоемы.

Основная цель водоохранных мероприятий нефтегазового комплекса – минимизация вредного воздействия на водную среду путем эффективной очистки бытовых и промышленных сточных вод, степень загрязненности которых высока.

Применяемые водоочистные сооружения включают сбор и очистку сточных вод и системы их контроля (Гриценко и др., 1997). Принципиальная схема водоснабжения предприятия включает следующие элементы:

- забор от внешнего источника потребления воды;
- технологические процессы производства;
- сбор загрязненных сточных вод;
- очистка вод;
- контроль качества очистки;
- система сбора и распределения воды и отходов;
- стоки;
- возврат воды на потребление;
- отходы на переработку.

В общем виде схема очистки сточных вод включает: систему отстойников (до, после и в процессе очистки); грубый фильтр; тонкий фильтр; блок очистки; система контроля качества очистки. Под степенью очистки понимают снижение концентрации вещества после очистки по сравнению с исходной.

Наиболее распространенными методами очистки сточных вод являются механические, химические и специфические. К специфическим относятся методы очистки с использованием обратного осмоса, наложения электрических полей, биологические методы, а также комбинированные. Выбор метода обуславливается характером и степенью загрязнения сточных вод, санитарно-гигиеническими, технологическими и экономическими требованиями, спецификой производства (Гриценко и др., 1997).

Эффективность технологий очистки и очистных сооружений различны. Для нефти и нефтепродуктов степень очистки наиболее высока и может достигать 80–90 % при использовании биологических и биохимических методов.

Проектами обустройства месторождений для сброса основного объема промышленных неочищенных вод обычно предусматривается сооружение полей испарения при сборных резервуарных парках подготовки и хранения конденсата. Однако они не всегда достаточно надежно обеспечивают предотвращение попадания сточных вод в водоемы.

Обводнение скважин при разработке месторождений приводит к значительному увеличению количества сбрасываемых сточных вод, переполнению испарительных бассейнов и загрязнению водоемов. Фильтрация сточных вод в подстилающие грунты и не глубоко залегающие водоносные горизонты может происходить из-за размывания некачественно построенных глиняных тампонов на днище и обволакивания испарительных бассейнов.

Например, на Майкопском газоконденсатном месторождении, в соответствии с проектом обустройства, были построены очистные сооружения для сточных вод, включающие комплексы механической и биологической очистки. Однако опыт их эксплуатации показал низкую экологическую эффективность подобных сооружений на газовых и газоконденсатных промыслах. В процессе разработки месторождений произошло увеличение количества извлекаемых пластовых вод и значительное изменение их химического состава. В результате чего очистные сооружения стали не справляться с их переработкой.

Учитывая данные обстоятельства, было принято решение осуществлять закачку сточных вод в поглощающие горизонты. Был выполнен большой объем работ по проектированию, строительству и вводу в эксплуатацию сооружений для сбора и закачки в поглощающие горизонты неочищенных сточных вод. Но осуществленные мероприятия не полностью решили поставленную задачу, так как имелись дополнительные источники загрязнения водоемов и почвы – земляные амбары для аварийных выпусков жидкости из технологических аппаратов на установках подготовки газа и на пунктах улавливания жидкости из системы магистральных газопроводов.

Для устранения этих недостатков на всех установках подготовки газа сооружены узлы улавливания жидкости, обеспечивающие сбор жидкости при аварийных выпусках и ее подачу в промысловые конденсатопроводы.

В технологические схемы установок подготовки газа внесены усовершенствования, позволяющие при вынужденных продувках скважин на факел улавливать жидкую фазу. На трассах магистральных газопроводов построены пункты сбора удаляемой жидкости, откуда она вывозится автоцистернами, а при больших ее объемах удаляется стационарными насосными установками и трубопроводами для откачки жидкости в промысловые резервуары или конденсатопроводы.

Наряду с мероприятиями по предотвращению попадания сточных вод в окружающую природную среду, проведен большой объем работ по уменьшению их токсичности, связанной с загрязнением метанолом. Последний, как известно, широко применяется в добыче и транспорте газа для предотвращения гидратообразования в скважинах, газопромысловых коммуникациях и газопроводах. В связи с чем, на предприятиях Кубаньгазпрома изыскан и испытан в промышленных масштабах новый, менее токсичный, по сравнению с метанолом, ингибитор гидратообразования, представляющий собой смесь синтетических растворителей. Предложенный реагент является отходами основного производства Запорожского завода «Кремний полимер».

Для проверки экологической эффективности применяемых технологий используется система контроля загрязняющих

веществ в сточных водах. Она входит в систему мер по охране поверхностных вод и рациональному водопользованию и должна отвечать требованиям, обеспечивающим ее надежность, рациональность, интегральность, адекватность и оперативность (Гриценко и др., 1997).

Надежность определяется частотой отбора проб и гарантирует исключение или уменьшение вероятности «пропуска», т. е. бесконтрольного и не оцененного сброса. Рациональность подразумевает оптимальную схему организации наблюдения и контроля, а также предпочтительные методы анализа и исследований. Интегральность подразумевает контроль, дающий информацию об источнике и объекте загрязнений всеобъемлющего суммирующего свойства, а не в момент взятия пробы. Контроль при этом должен осуществляться с использованием критериев экологического нормирования.

Система контроля должна обеспечивать полную и достоверную информацию, а также возможность управления качеством вод через определенные критерии. Система контроля должна иметь мониторинговый характер, обеспечивать экспресс-контроль для регистрации сверхнормативных и аварийных сбросов, а также осуществлять мониторинг зон прямого техногенного действия объектов на водную среду через контроль соблюдения нормативов качества вод.

На предприятиях нефтегазовой отрасли выделяют следующие виды контроля сбросов:

- контроль объектов загрязнения;
- контроль соблюдения нормативных сбросов на выпуске общесплавной канализации;
- контроль сбросов с поверхностным стоком площадей водосбора промплощадок;
- контроль состава пластовой воды;
- контроль загрязнения объектов водной среды;
- контроль объектов загрязнения по интегральным показателям.

Выбросы углеводородов на объектах нефтегазовой отрасли приводят к сильному загрязнению воздушного бассейна. Снижение потерь углеводородов – одна из важнейших задач, которая решается совершенствованием существующих и

разработкой новых малоотходных и безотходных технологий добычи, переработки и транспорта нефти и газа. Для снижения выбросов углеводородов на объектах нефтегазового комплекса осуществляются следующие мероприятия:

- методы интенсификации углеводородного пласта;
- методы сбора углеводородов при промышленной обработке газа и конденсата;
- снижение выбросов углеводородов при хранении в резервуарах;
- методы утилизации газа при продувке скважин;
- снижение выбросов углеводородов при транспорте газа и конденсата.

На нефтегазовых месторождениях одним из источников загрязнения атмосферы являются выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания. Особое значение снижению токсичности выхлопных газов придается для месторождений, испытывающих недостаток генерирующих мощностей электроэнергии и где основной объем работ выполняется буровыми станками с дизельным приводом. Такая ситуация характерна для месторождений углеводородного сырья Кубани. В выхлопных газах работающих здесь механизмов содержатся следующие виды и количества (% по массе) токсичных веществ: оксиды азота 0,2; оксиды серы 0,1; сажа 0,005; углеводороды 0,3; формальдегиды 0,008. В качестве реагента для очистки выхлопных газов дизелей, установленных на буровых, были использованы отработанные буровые растворы. Технология очистки выглядела следующим образом. Выхлопные газы дизельных установок буровой подавались в специальную камеру очистки, куда через центробежный распылитель поступал отработанный глинистый раствор. Суспензионный раствор в камере разбивался о крутящийся со скоростью 6–12 тыс. об/мин диск на частицы размером 5–100 мкм для увеличения поверхности контакта раствора и газов.

Разработанный способ очистки выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания позволяет обеспечить высокую степень очистки и является дешевым, так как для его осуществления не используется отработанный глинистый раствор, являющийся отходом процесса бурения.

Выполненный на месторождениях Краснодарского края комплекс мероприятий по охране окружающей среды позволил реализовать правительственное задание по предотвращению загрязнения бассейнов Черного и Азовского морей. Опыт и технические решения осуществления этого мероприятия могут быть использованы при проектировании и обустройстве газовых и газоконденсатных месторождений, и в частности Ковыктинского ГКМ.

Кроме атмосферного воздуха и гидросферы, освоение нефтяных и газовых месторождений оказывает воздействие на другие компоненты экосистем и ландшафты в целом.

При разработке методов охраны почв и растительности необходимо знать (Гриценко и др., 1997):

- какова глубина проникновения нефти в почву с заданными свойствами за заданный промежуток времени;
- насколько велико рассеяние углеводородного «пятна» в почве;
- существуют ли режимы, при которых нефть слабо впитывается в почву;
- как создать искусственный режим непроникновения. Также следует принимать во внимание буферные свойства почвы и ее ассимиляционный потенциал, т. е. способность к самоочищению. Эти данные служат основой для разработки способов минимизации потерь нефти при разливах, минимизации загрязнения почвы и управления этим процессом.

Для предотвращения загрязнения почв и рационального их использования следует:

- сохранять поверхностный органический слой;
- сохранять снятую почву для последующей рекультивации;
- предпочтительнее проводить работы в зимнее время при отрицательных температурах; использовать рабочую площадку минимального размера;
- применять экологически щадящие виды транспорта, с низким удельным давлением на грунт; комплексное оборудование, минимизирующее потери углеводородов, потребности различных компонентов и расход воды;
- внедрять замкнутые циклы водоснабжения;
- обеспечивать высокое качество строительства и надежной эксплуатации нефтяных, газовых и конденсатных

месторождений, гарантирующих сохранение почвенно-растительного покрова и защиту поверхностных и подземных вод от загрязнения;

– потери растительности при строительстве следует компенсировать специальным засеиванием семян;

– осуществлять рекультивацию.

Методы и средства снижения техногенного воздействия на ландшафт должны строиться с учетом естественного самоочищения почв от такого воздействия.

Рекультивация нарушенных земель подразделяется на техническую и биологическую рекультивацию, каждая из которых включает ряд этапов. Особые требования предъявляются к определению плодородия почв, их снятию, транспортировке, хранению и отсыпке, применению удобрений и культур микроорганизмов с повышенной деструкционной активностью в отношении углеводов (усваиваемых штаммов) в сочетании с добавлением в почву минеральных питательных веществ.

В целях предотвращения ущерба окружающей природной среде, связанного с ее загрязнением, предусматриваются специальные мероприятия, направленные на предотвращение или уменьшение негативных последствий механического воздействия на почвенно-растительный покров или его химическое загрязнение. Основные приемы в решении данной проблемы сводятся к снижению до минимума числа и размеров промышленных площадок, дорожных путей, сокращению, локализации и утилизации отходов производства (Гриценко и др., 1997).

Применение кустового бурения, наклонно-направленных скважин и безамбарной технологии позволяет сократить общее число дорог, трубопроводов и размеры буровой площадки, отказаться от строительства амбаров-отстойников (Геоэкология..., 2003).

Литература

1. Бгатов В. И. Подходы к экогеологии / В. И. Бгатов. – Новосибирск : Изд-во НГУ, 1993. – 154 с.
2. Гарецкий Р. Г. Основные проблемы экологической геологии / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаева // Геоэкология. – 1995. – № 1. – С. 28–35.

3. Гриценко А. И. Экология. Нефть и газ / А. И. Гриценко, Г. С. Аكوпова, В. М. Максимов. – М. : Недра, 1997. – 589 с.
4. Королев В. А. Современные проблемы экологической геологии / Королев В. А. // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 4. – С. 60–68.
5. Осипов В. И. Геоэкология: понятия, задачи, приоритеты / В. И. Осипов // Геоэкология. – 1997. – № 1. – С. 3–12.
6. Плотников Н. И. Научно-методологические основы экологической гидрогеологии / Н. И. Плотников, А. А. Карцев, И. И. Рогинец. – М. : Изд-во МГУ, 1992. – 62 с.
7. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология) / отв. ред. Э. А. Лихачева, Д. А. Тимофеев. – М. : Медиа-ПРЕСС, 2002. – 640 с.
8. Теория и методология экологической геологии / под ред. В. Т. Трофимова. – М. : Изд-во МГУ, 1997. – 368 с.
9. Трофимов В. Т. Теоретико-методологические основы экологической геологии : учеб. пособие / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – СПб. : Изд-во С.-Петербург. гос. ун-та, 2000. – 68 с.
10. Трофимов В. Т. Экологическая геология : учебник для вузов / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М. : Геоинформмарк. 2002. – 416 с.
11. Ясаманов Н. А. Основы геоэкологии : учеб. пособие для эколог. специальностей вузов / Н. А. Ясаманов. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 352 с.

Глава 2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ И СВОЙСТВА ЛИТОСФЕРЫ

2.1. Геологическая среда и экологические свойства литосферы

Геологическую среду следует рассматривать как многоуровневую систему, развивающуюся под влиянием геологических, биологических и техногенных факторов и оказывающую влияние на развитие живых организмов, условия и среду обитания человека. При этом необходимо помнить о существующих прямых и обратных связях экосистем и объектов геологической среды в их разнообразных проявлениях. Так, любое инженерное сооружение не только оказывает влияние на характер массоэнергообмена в геологической среде в зоне своего влияния (в первую очередь на подземные воды), но и само постепенно разрушается под действием природных вод, ветра, перепада температур, экзогенных геологических процессов, живых организмов.

Известно множество фактов, свидетельствующих о значительной роли микроорганизмов в формировании экологических условий окружающей среды. В качестве примера можно привести современное образование горючих и токсичных газов в основаниях жилых и производственных зданий, в тоннелях метро, разрушение бактериями металлоконструкций в горных выработках, роль бактерий в оползневых процессах.

Изучение особенностей взаимодействия и развития геологической среды и экосистем в различных условиях – задача предстоящих исследований.

2.2. Определение экологических функций литосферы

Под определением «функция» понимается роль, которую играет тот или иной объект, процесс или явление. Экологические функции литосферы – это все многообразие функций, определяющих и отражающих роль и значение литосферы, включая подземные воды, газ, нефть, геофизические поля и протекающие в

ней геологические процессы в жизнеобеспечении биоты и, главным образом, человеческого общества (Трофимов, Зилинг, 2000, 2002).

Все виды функциональных зависимостей между природной и техногенно преобразованной литосферой и биотой как биологическим видом, так и общественной социальной структурой – человеческим обществом, сводится В. Т. Трофимовым и Д. Г. Зилингом (2000, 2002) к четырем функциям: ресурсной, геодинамической, геофизической и геохимической.

Ресурсная функция верхних горизонтов литосферы заключается в ее потенциальной способности обеспечения потребностей биоты (экосистем) абиотическими ресурсами, в том числе и потребностей человека (Королев, 1996; Трофимов, Зилинг, 2000, 2002). Ресурсная функция является базовой в системе «литосфера–биота», так как с ней связаны не только условия жизни и эволюции биоты, но и саму возможность ее существования. Данная функция определяет роль ресурсов (минеральных, органических, и органо-минеральных) для жизни и деятельности биоты как в качестве биогеоценоза, так и социальной структуры. Ресурсная функция литосферы обуславливает значение минерального, органического и ее органо-минерального сырья, составляющего основу для жизнедеятельности биоты как в качестве биогеоценозов, так и антропогеоценоза (Ясаманов, 2003). По мнению В. Т. Трофимова и др. (2000), она включает следующие аспекты: ресурсы, необходимые для жизни и деятельности биоты, ресурсы, необходимые для жизни и деятельности человеческого общества, ресурсы, как геологическое пространство, необходимое для расселения и существования биоты, в том числе и человеческого общества. Первые два аспекта связаны с минерально-сырьевыми ресурсами, а последний, – с экологической емкостью геологического пространства, в пределах которого происходит жизнедеятельность организма.

Геодинамическая функция литосферы в экологическом аспекте проявляется в ходе геологических процессов, причем эколого-геодинамические свойства литосферы обусловлены как энергетической составляющей литосферы, так и динамикой ее вещественного состава, включая рельефообразующие факторы.

Геохимическая экологическая функция отражает свойство геохимических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты в целом и человеческое общество, в частности.

Аналогично, геофизическую функцию литосферы В. Т. Трофимов и Д. Г. Зилинг (2000) рассматривают как свойство геофизических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты и здоровье человека. Развивая представления этих ученых, составлена графическая модель, демонстрирующая характер взаимодействия литосферы с другими природными сферами и обществом (рис. 2.2.1.).

ЛД

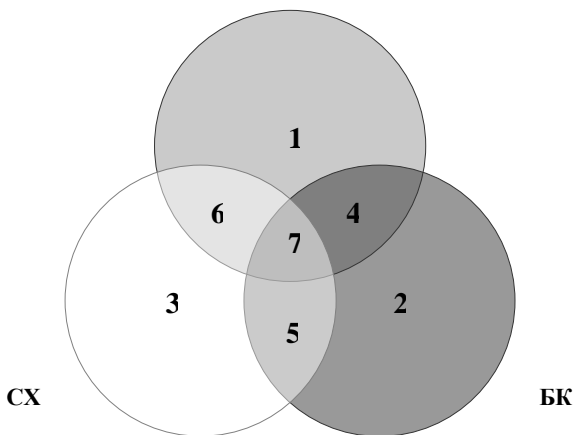


Рис. 2.2.1. Эколого-геологическая система

Сферы пространственно-временного экологического взаимодействия: ЛД – литодинамическая, БК – биоклиматическая, СХ – социально-хозяйственная (общество).

Чистые классы: 1 – минералы, горные породы, фации и формации, геологические тела и структуры, подземные воды, геодинамические, геохимические и геофизические процессы, явления, поля и структуры, геотекстуры; 2 – живые организмы, их происхождение и жизнеобеспечение (тепло, влага, питание); 3 – социум (население) и хозяйство.

Классы двойного взаимодействия: 4 – биотопы, местообитания видов, станции, почвы, биогеохимические процессы и образования, рельеф, ландшафты; 5 – биотические и гидроклиматические ресурсы и условия; 6 – минеральные, топливно-энергетические, геодинамические, геофизические и пространственные ресурсы и условия.

Классы тройного взаимодействия: 7 – литосфера как экологический ресурс, среда обитания живых организмов и жизнедеятельности человека – ядро эколого-геологической системы

Эколого-геологическая система складывается из сфер пространственно-временного экологического взаимодействия: литодинамической, биоклиматической и общественной, при этом чистые классы взаимодействия отражают структуру этих сфер. В области взаимопроникновения и взаимодействия двух сфер образуются классы двойного взаимодействия. На последнем уровне образуется класс тройного взаимодействия всех трех сфер – литосфера, как экологический ресурс, среда обитания живых организмов и жизнедеятельности человека, которая и составляет ядро эколого-геологической системы.

2.3. Классификация экологических функций литосферы

На основе данной модели предложена классификация экологических функций литосферы (табл. 2.3.1), основанная на представлениях В. Т. Трофимова и Д. Г. Зилинга (2000, 2002). Экологические функции могут выступать как условия и факторы, так и природные ресурсы. Они определяют развитие природных геосистем и социально-хозяйственных комплексов. Природные ресурсы подразделяются на возобновимые (неисчерпаемые) и невозобновимые (исчерпаемые). В зависимости от вещественно-энергетических и пространственных характеристик экологические функции ландшафтов могут проявляться биотических (живых) и абиотических (косных) средах, протекать в двух – или трехмерном пространстве. В. Т. Трофимов и Д. Г. Зилинг выделяют геодинамические, геохимические, геофизические и ресурсные функции. Нами предложена несколько иная схема их классификации; число функций расширено.

Нижний классификационный уровень, соответственно, может быть разделен на дополнительные ячейки. Например, геодинамические экологические функции литосферы, связанные с внутренней динамикой земли, могут быть обусловлены магматическими, вулканическими, тектоническими и сейсмическими эндогенными геологическими процессами. Экзогенные геологические процессы подразделяются на гравитационные, эрозионные, абразивные, карстовые, суффозионные, мерзлотные, эоловые и др. Они определяют разнообразие гидроклиматических свойств литосферы. В свою

очередь, ЭФЛ могут быть ресурсными, удовлетворять материальные и духовные запросы общества.

Таблица 2.3.1

Экологические функции литосферы

Экологические функции литосферы																	
Условия, факторы и ресурсы																	
необходимые для развития природных экосистем				необходимые для развития общества				возобновимые		невозобновимые							
Вещественные и энергетические						Пространственные											
биотические		абиотические		геодинамические		геохимические		геофизические		двухмерные (площадные)		трехмерные (объемные)					
Растения	Животные	Почвы	Горные породы	Подземные воды	Снег	Газы	Эндогенные процессы	Экзогенные процессы	Лито	Гидро	Атмо	Сноу	Гравитационные, электрические, температурные, сейсмические, радиационные поля	Территориальные (рельеф)	Аквальные (водная поверхность)	Геологические тела	Подземные полости и сооружения

Классификация экологических функций литосферы определяет состав разделов экологической геологии.

2.4. Структура экологической геологии

Экологическая геология развивается на базе других фундаментальных наук о Земле, тесно взаимосвязана с геоэкологией и инженерной геологией. Таким образом, четко определяется предмет и задачи экологической геологии, ее место в семействе наук о Земле.

Экологическая геология развивается по принципу «экологизации» основных разделов геологии и включает дисциплины, с экологических позиций изучающие состав и свойства Земли (экологическая петрология, геохимия, гидрогеология, геофизика), геологические процессы (экологическая геодинамика), роль органической жизни в формировании литосферы и месторождений полезных ископаемых (экология литогенеза и экология полезных ископаемых), геологическую среду (инженерная экологическая

геология) и дисциплины методического содержания (экологическая картография и геоинформатика).

Основными разделами экологической геологии являются экологическая петрология, экологическая геодинамика, экологическая геоморфология, экологическая геохимия, экологическая геофизика, экологическая гидрогеология, специальная экологическая геология, включающая эколого-геологические аспекты проектирования и строительства. В ее состав можно включить рекреационную экологическую геологию (рис. 2.4.1).

На рисунке 2.4.1 показано положение разделов научных направлений экологической геологии, определяющее ее логическую структуру как науки в целом.

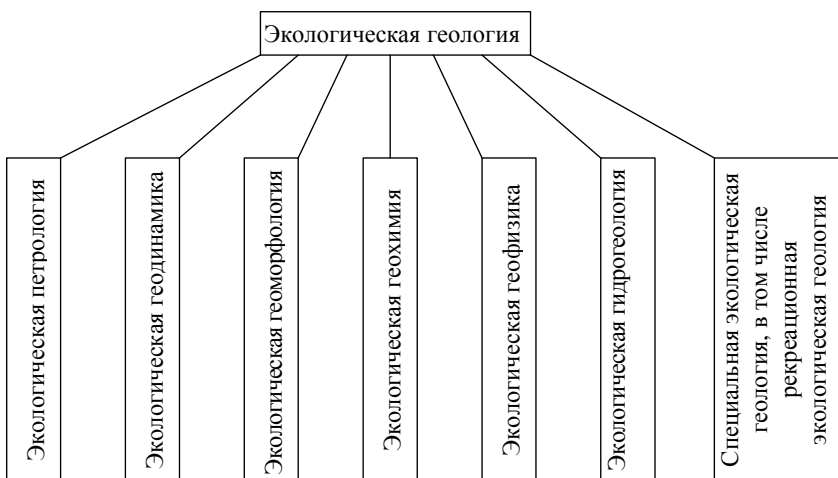


Рис. 2.4.1. Структура экологической геологии

Структура экологической геологии некоторым образом повторяет структуру инженерной геологии, и это не случайно. Такая преемственность отражает процесс формирования экологической геологии из основ инженерной геологии.

Экологическая геология состоит из общих (экологическая петрология, геодинамика, геохимия, геофизика, гидрогеология) и специальных (эколого-геологическое картографирование, проектирование и др.) дисциплин. Каждая из них имеет свой предмет, задачи и методы исследований, что и определяет их

положение в логической структуре экологической геологии как науки в целом. Все они составляют единую систему эколого-геологических знаний и направлены на достижение общих целей.

Экологическая геология рассматривается как синтез геологических и экологических дисциплин, в состав которых входят различные точные, естественные, медицинские и социально-экономические науки, что обеспечивает связь с ними экологической геологии (Трофимов, Зилинг, 2000, 2002). Развивая эти представления, предложена классификационная схема экологической геологии, определенное положение в которой занимает экология нефтегазовых и газовых месторождений (табл. 2.4.1).

В таблице 2.4.1 по горизонтальной оси расположены геологические дисциплины, по вертикальной – экологические. На пересечении осей находятся соответствующие дисциплины экологической геологии.

Геология. Вещественная (науки, изучающие вещественный состав и свойства Земли): ПТ – петрография, минералогия, ГХ – геохимия.

Геодинамическая (науки, изучающие геологические процессы, протекающие в Земле): ДГ – динамическая геология, ГМ – геоморфология.

Историческая (науки, изучающие историю развития Земли и эволюцию органического вещества в ходе геологической истории): ИГ – историческая геология, ФФ – учение о фациях и формациях, литология, ПГ – палеогеография, палеонтология.

Практическая (науки о недропользовании): ПИ – учение о полезных ископаемых, ГР – гидрогеология, РД – рудничная, шахтная и промысловая геология, в том числе геология нефти и газа, поисково-разведочное дело, РС – геологическое ресурсоведение, ИГ – инженерная геология, ГГ – гидрогеология, ГФ – геофизика.

Методическая: АГ – аэрокосмическая геология, ГК – геологическое картирование, ЭИ – геоэкоинформатика.

Экологическая геология. ОЭГ – общая экологическая геология, РЭГ – региональная экологическая геология, ЭГД – экологическая геодинамика, ЭГМ – экологическая геоморфология, ИЭГ – историческая экологическая геология, ЭФ

– экология фациальная, ЭПГ – историческая палеогеография, СЭГ – социально-экологическая геология, ЛЭГ – ландшафтно-экологическая геология, ГЭ – геоэкология, ПЭГ – прикладная экологическая геология, ЭПТ – экологическая петрология, ЭГД – экологическая

геодинамика, ЭМПИ – экология формирования месторождений полезных ископаемых (в том числе нефтегазовых), ЭДПИ – экология добычи (разработки) полезных ископаемых (в том числе нефтегазовых), ИЭГ – инженерная экологическая геология, ЭГГ – экологическая гидрогеология, ЭГФ – экологическая геофизика, ЭГР – эколого-геологическое ресурсоведение, ПРЭГ – правовая экологическая геология, ЭГК – эколого-геологическая картография, ДЭГ – дистанционная экологическая геология, ГИЭГ – геоинформационная экологическая геология.

Некоторые дисциплины экологической геологии пока не получили развития. Другие достаточно разработаны и по ним имеются научные и учебные публикации:

- общая экологическая геология (Трофимов, Зилинг, 2002; Гарецкий, Каратаев 1995; Теория и методология..., 1997; Экологические функции литосферы, 2000; Ясаманов, 2003);

- экологическая геохимия и минералогия, геохимическая экология (Ковальский, 1974; Иванов, 1994; Гавриленко, 1999; Янин, 1999; Алексеенко, 2000; Барабошкина, Зилинг, 2000);

- экологическая гидрогеология (Плотников и др., 1992; Пиннекер, 1999; Белоусова и др., 2006);

- экологическая геоморфология (Симонов и др., 1995; Экологические..., 1995; Кружалин, 1997; Абалаков, Кузьмин, 1998; Рельеф..., 2002);

- экологическая геофизика (Вахромеев, 1995; Хмелевской, 1997), в том числе радиационная экология (Старков, Мигунов, 2003; Пивоваров, Михалев, 2004);

- эколого-геологическое картографирование (Требования..., 1990; Зилинг и др., 1998, 2001, 2002; Богословский и др., 2002; Трофимов, Зилинг, 2002).

Другие разделы экологической геологии еще не сформированы. Однако в дальнейшем они могут получить развитие. В число дисциплин по геологии полезных ископаемых входит геология нефти и газа. Экология различных видов минерально-сырьевых ресурсов имеет свою специфику.

2.5. Экологические функции литосферы нефтегазовых месторождений

Формирование разделов экологической геологии нефтегазовых месторождений показано на рис. 2.5.1. Вопросы, связанные с экологическими функциями литосферы при разработке нефтегазовых месторождений, раскрывает рис. 2.5.2.



Рис. 2.5.1. Основные направления экологической геологии нефти и газа

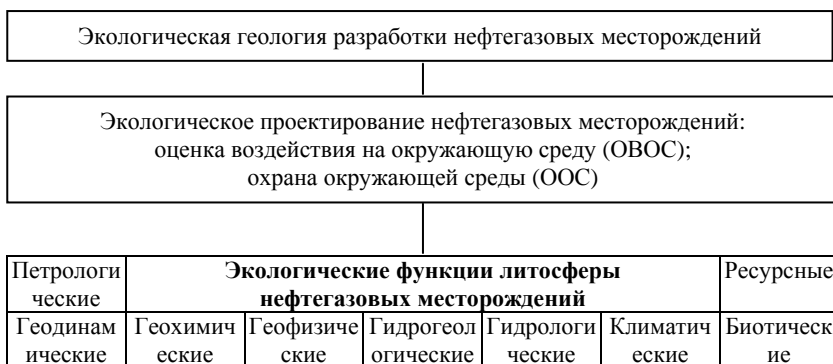


Рис. 2.5.2. Экологические функции литосферы при разработке нефтегазовых месторождений

Петрологические функции литосферы (экологическая петрология) раскрывают роль горных пород в развитии биоты, проведении инженерно-строительной деятельности, в том числе бурении глубоких скважин на нефть и газ, строительстве шламовых амбаров, прокладке нефте- и газопроводов и других инженерных коммуникаций топливно-энергетического комплекса.

Основные задачи экологической петрологии заключаются в изучении свойств различных групп горных пород, закономерностей их размещения, тех преобразований, которые происходят в результате взаимодействия литосферы с биотой (растительностью, животным миром) и хозяйственной деятельностью человека. При характеристике эколого-петрологических функций литосферы учитываются: физико-механические свойства различных генетических и петрографических типов горных пород, прежде всего прочность, деформируемость, устойчивость, водопроницаемость и др.

Одна из специфических черт эколого-петрологических функций заключается в раскрытии роли живого вещества в формировании пород биогенного и осадочного происхождения, процессов накопления и преобразования органических остатков в скопления углеводородного вещества.

Геодинамические функции литосферы (экологическая геодинамика) раскрываются через взаимодействие биоты и геологических процессов, как эндогенных, так и экзогенных. Эндогенные геологические процессы проявляются в виде вулканической и тектонической деятельности Земли. С вертикальными тектоническими движениями связано формирование рельефа, ландшафтной поясности гор. В горах с увеличением высоты происходит изменение климата, что влияет на формирование почв, развитие рельефообразующих процессов, различных видов животных и растений. Существенна роль неотектонических движений, разрывных и складчатых деформаций в формировании залежей и месторождений нефти и газа. Оценка экологического риска связана с развитием эндогенных и экзогенных процессов, параметров их проявления и экологических последствий.

Геохимические функции литосферы (экологическая геохимия) рассматриваются как способность геохимических полей природного и антропогенного происхождения влиять на состояние биоты и здоровье человека. Геохимические поля представляют природные или техногенно-обусловленные геохимические аномалии, приуроченные к определенным типам горных пород, которые, как правило, формируются на тех или иных геохимических барьерах.

Геохимические ландшафты образуют парагенетические ассоциации неравномерно сочетающихся элементарных ландшафтов, связанных между собой миграцией элементов. Элементарный ландшафт представляет определенный тип местности с однородными компонентами – рельефом, почвами, растительностью и климатом. Все эти условия создают определенную разность почвы и свидетельствуют об одинаковом развитии взаимодействия между горными породами и организмами. Ландшафтно-геохимический подход позволяет по одной методике оценить территории, представленные природными и техногенными ландшафтами.

На земную поверхность, благодаря глубинным разломам, поступают углеводороды, в связи с этим создаются локальные геофизические и геохимические аномалии. Большой интерес представляют радиофильные микроорганизмы, обнаруженные в природных биоценозах, высока их роль в биогеохимических циклах радиоактивных элементов. Известно влияние радиации всех типов радиоактивных излучений в различных дозах на представителей микрофлоры на популяционном и клеточном уровне, на их физиологические функции и генетический аппарат, обсуждаются результаты стимулирующего воздействия определенных доз и возможности использования микроорганизмов в качестве биоиндикаторов радиоактивных загрязнений.

Гидрогеологические функции литосферы (экологическая гидрогеология) связаны с появлением и закономерностями распространения и движения подземных вод, их режимом и ресурсами, закономерностями миграции химических элементов, составом подземных вод и его формированием, термическими

свойствами и особенностями происхождения и эволюции подземной гидросферы, геологической деятельностью подземных вод в недрах земли и ее ролью в развитии геологических процессов. Особое внимание уделяется анализу взаимодействия подземных вод и биоты, оценивается их значение для питьевого, хозяйственно-бытового и промышленного водоснабжения.

Подземные воды влияют на обводненность месторождений, условия мелиорации земель, проведения промышленного и других видов строительства. Они используются для водоснабжения, мелиорации, в лечебных, промышленных и термоэнергетических целях. В результате этого происходит истощение подземных вод: количественное (недостаток воды) и качественное (загрязнение воды). Поэтому необходимо проводить защитные мероприятия по предотвращению истощения ресурсов подземной гидросферы. Экологические аспекты гидрогеологии связываются также с влиянием подземных вод на жизнедеятельность биоты, их использованием для хозяйственного и питьевого водоснабжения. Предъявляемые к ним требования включают бактериологические показатели, токсичные химические вещества в питьевой воде и органолептические показатели.

При поисково-разведочных работах и разработке месторождений нефти и газа наибольшую опасность представляет загрязнение пресноводного подземного комплекса продуктами бурения, буровыми растворами, углеводородами, минеральными рассолами. Загрязнение может происходить сверху и снизу.

Для территорий нефтегазовых месторождений составляют карты защищенности подземных вод в отношении загрязнителей, поступающих сверху. Эти карты позволяют разрабатывать мероприятия по предотвращению попадания загрязнителей с земной поверхности.

В результате взаимодействия поверхностных и подземных вод может происходить миграция загрязнителей из подземных горизонтов в открытые водоемы (загрязнения снизу), что негативно сказывается на их обитателях и снижает питьевые качества.

Климатические функции литосферы (экологическая климатология) связана с взаимным влиянием климата,

литосферы, ее компонентов, биосферы и антропосферы. Климат зависит от многих факторов, прежде всего, положения местности в системе географической зональности Земли и поясности гор, а также секторальности, обусловленной положением участка местности относительно океанов и континентов.

Климат понимается как одна из физико-географических характеристик местности, как зависящий от географического положения многолетний режим солнечной радиации, земного излучения, температуры воздуха и почвы, увлажнения и ветра.

Особенности климатического режима определяются географической широтой (широтная зональность) и высотой над уровнем моря (высотная поясность), циркуляцией атмосферы и характером земной поверхности. Географическая широта и высота над уровнем моря и характер поверхности представляют неизменно действующие факторы. Циркуляция атмосферы определяет многолетний режим погоды, отличающийся изменчивостью и контрастностью своих воздействий на природу и деятельность человека.

Вертикальная поясность обусловлена рельефом; она связана с тектоническими движениями, горообразовательными процессами. Зональность климата и природных зон Земли, геоморфологическая зональность выражены в ярусно-концентрическом расположении разновозрастного рельефа относительно центра общего поднятия. Высотная поясность рассматривается как сочетание местностей, расположенных в сходных условиях экспозиции макросклонов, высотного положения и характера расчленения рельефа. Являясь одним из факторов формирования климата, литосфера влияет на биоту и человека, обуславливая комфортность или дискомфортность климата. В свою очередь, климатообусловленные экзогенные геологические процессы воздействуют на литосферу, почвы, растительность, животный мир, человека и его деятельность.

Органически связан с климатом и биотой процесс нефтегазообразования. Количество и характер образующегося органического вещества углеводородных продуктов и, как следствие, запасы и состав формирующихся скоплений углеводородов в значительной степени предопределяются палеогеографическими условиями накопления. Палеоландшафты,

в которых происходило формирование осадков, контролировали исходный тип органического вещества и его концентрацию в них. Выделяется два основных генетических типа вещества: «сапропелевое», связанное с планктоном и бентосом океанических, морских и пресноводных водоемов, и «гумусовое», связанное с высшей наземной растительностью. Концентрации и накопление его сильно меняются. С момента зарождения жизни преобладало планктоногенное органическое вещество, затем в связи с массовым развитием высшей наземной растительности произошел качественный скачок в закономерностях накопления органического вещества в осадках. В континентальных озерно-аллювиальных и озерно-болотных ландшафтах гумидных зон в осадках накапливалось преимущественно органическое вещество высшей наземной растительности. В бассейнах седиментации областей питания формировались мощные торфяники.

В условиях аридного и семиаридного литогенеза в континентальных бассейнах седиментации захоронялись ничтожные количества органического вещества, поэтому в процессе нефтегазообразования они играют незначительную роль. В тесной связи с составом органического вещества в осадочных толщах находится нефтегазоносность. В морских осадочных толщах или в непосредственно их подстилающих или перекрывающих породах преобладают скопления нефти, а в континентальных – скопления газа.

На основе экологической оценки климата проводится оценка и составляются карты мезоклиматического потенциала формирования качества воздуха в приземном слое, характеризующего самоочищение атмосферы от промышленных выбросов на территории нефтегазовых месторождений. Выделяются различные уровни экологического риска, определяемые по следующим критериям эколого-климатических условий: влияние абсолютных высот на рассеивание загрязнителей, простираение долин по отношению к розе ветров, ветровой режим, влияние влажности воздуха, туманов, температурных инверсий.

Биотические функции литосферы связаны с взаимодействием литосферы, ее компонентов, биоты и человека. В результате такого взаимодействия формируются биоценозы –

устойчивые системы совместно существующей биоты и созданной ими биоценотической среды. Тот или иной вид животных или растений, однородный в экологическом отношении, и соответствующий биоценозу или фитоценозу, обитает в определенном месте – биотопе. Биотическая функция литосферы отражает процессы биогенной миграции химических элементов, их биологический круговорот. Посредством геохимической и биотической функций можно анализировать химический состав биоты и причины, вызывающие ее изменения. В результате взаимодействия литосферы с другими сферами, такими как гидросфера, атмосфера, биосфера и техносфера, возникает ландшафтная оболочка Земли или геосистема. Ландшафтной сфере свойственно множество динамических состояний. В зависимости от природных и антропогенных факторов, в соответствии с представлением о движении переменных состояний геосистемы, выделяют ее переменные состояния: коренное, мнимокоренное и серийное. Переменные состояния подчинены одному инварианту в пределах эпифации. Например, формирование и смена биогеоценозов при выветривании горных пород или при изменении режима поймы реки и прочее, динамика под воздействием человека и последующие восстановительные процессы. Коренные фации находятся в относительно устойчивом эквифинальном динамическом состоянии геосистемы при гармоничном (оптимальном) сочетании ее компонентов. Мнимокоренные (квазикоренные) фации относятся к числу более или менее длительно существующих, они возникают, когда структурные пропорции коренной фации нарушены вследствие длительного гипертрофического воздействия какого либо фактора. Серийные геосистемы в большинстве случаев недолговечные, спонтанно сменяющие друг друга. В конечном счете, достигающие (или могут достигать) эквифинального или коренного состояния (Сочава, 1980).

Влияние различных факторов природной среды на развитие биоты, которые проявляются в пространстве и во времени, связываются с представлениями о факторально-динамических рядах. Отклонение от коренных фаций, которые соответствуют планетарно-региональной норме, по направлению к серийным

фациям происходит вследствие внутриландшафтных изменений природных условий. Выделяются основные отклонения от нормы – факторально-динамические ряды: литоморфный, псаммофитный, галлофитный, гидроморфный, ксероморфный, криоморфный и др. (Крауклис, 1979).

Литература

1. Бгатов В. И. Подходы к экогеологии / В. И. Бгатов. – Новосибирск : Изд-во НГУ, 1993. – 154 с.
2. Гарецкий Р. Г. Основные проблемы экологической геологии / Р. Г. Гарецкий, Г. И. Каратаева // Геоэкология. – 1995. – № 1. – С. 28–35.
3. Гриценко А. И. Экология. Нефть и газ / А. И. Гриценко, Г. С. Аколова, В. М. Максимов. – М. : Недра, 1997. – 589 с.
4. Королев В. А. Современные проблемы экологической геологии / В. А. Королев // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 4. – С. 60–68.
5. Крауклис А. А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения / А. А. Крауклис. – Новосибирск : Наука, 1979. – 233 с.
6. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология / В. Д. Ломтадзе. – Л. : Недра, 1978. – 496 с.
7. Сергеев Е. М. Инженерная геология – наука о геологической среде / Е. М. Сергеев // Инженерная геология. – 1979. – № 1. – С. 3–19.
8. Сочава В. Б. Географические аспекты сибирской тайги / В. Б. Сочава. – Новосибирск : Наука, 1980. – 256 с.
9. Теория и методология экологической геологии / под ред. В. Т. Трофимова. – М. : Изд-во МГУ, 1997. – 368 с.
10. Трофимов В. Т. Теоретико-методологические основы экологической геологии : учеб. пособие / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – СПб. : Изд-во С.-Петербург. гос. ун-та, 2000. – 68 с.
11. Трофимов В. Т. Экологическая геология : учебник для вузов / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М. : Геоинформмарк. 2002. – 416 с.
12. Ясаманов Н. А. Основы геоэкологии : учеб. пособие для эколог. специальностей вузов / Н. А. Ясаманов. – М. : Издательский центр «Академия», 2003 – 352 с.

Глава 3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПЕТРОЛОГИЯ

3.1. Принципы изучения и классификация горных пород в инженерной геологии (инженерной петрологии) и экологической геологии (экологической петрологии)

Как известно, петрология (петрография) изучает процессы образования горных пород, условия их залегания, а также состав, внутреннее строение и другие признаки с целью выяснения закономерностей в распространении полезных ископаемых. Инженерная петрология, или по старому грунтоведение, рассматривает горные породы как грунты в аспекте инженерно-строительной деятельности, например, как основания и фундаменты сооружений (Ломтадзе, 1984). Экологическая петрология изучает экологические функции горных пород, как их состав и свойства влияют на жизнедеятельность биоты и человеческого общества.

Горные породы разнообразны по своему происхождению, составу, строению и свойствам. Поэтому для решения задач инженерной и экологической петрологии необходима классификация горных пород. Классификация – это основной раздел любой естественной науки, первый этап обобщения, она отражает степень изученности рассматриваемых предметов в определенном, в данном случае, биоцентрическом аспекте. Во всякой науке общая классификация изучаемых предметов является центральной теоретической проблемой.

В инженерной и экологической геологии классификация горных пород, помимо систематизации, является средством и методом их познания. Классификация влияет на:

1) разделение всего многообразия горных пород, встречающихся в природе, на группы, существенно различающиеся по генетическим и петрографическим признакам, чтобы, пользуясь классификацией можно было давать инженерно-геологическую и эколого-геологическую характеристику горных пород;

2) построение инженерно-геологических и эколого-геологических карт, разрезов, схем;

3) определение состава, объема, методики и направления инженерно-геологического и эколого-геологического изучения горных пород и др.

Единой общепринятой классификации горных пород в экологической геологии, в отличие от петрографии и инженерной геологии, пока нет. Это связано с недостаточной изученностью их экологических свойств. Вместе с тем, для решения задач экологической петрологии более близки и лучше подходят классификации пород, принятые в инженерной петрологии.

Естественным геологическим признаком для подразделения различных горных пород, встречающихся в земной коре, является их происхождение. В соответствии с этим выделяются горные породы: изверженные, метаморфические, осадочные и техногенные. Каждый из этих генетических типов горных пород обладает достаточно обособленными характерными признаками и свойствами. Важнейшими из них являются минеральный состав, структура, текстура, условия залегания, физическое состояние и физико-механические свойства. Выделяют пять групп горных пород по физико-механическим свойствам: 1) твердые породы – скальные; 2) относительно твердые породы – полускальные; 3) рыхлые несвязные породы; 4) мягкие связные породы; 5) породы особого состава, состояния и свойств (Ломтадзе, 1984).

При геологических исследованиях в геологическом разрезе выделяются следующие комплексы:

1) четвертичных отложений, представленные преимущественно породами III, IV и V групп по рассматриваемой классификации;

2) покровный – недислоцированные и слабодислоцированные осадочные и вулканогенные породы и прорывающие их магматические тела – это породы чехла древних и молодых платформ, обнажающиеся на поверхности или прикрытые четвертичными отложениями, породы этого комплекса по инженерно-геологической классификации относятся главным образом к относительно твердым – полускальным;

3) складчатый – дислоцированные осадочные, вулканогенные и метаморфические породы и прорывающие их магматические – это породы складчатого фундамента платформ, обнажающиеся на поверхности или покрытые различными сочетаниями пород четвертичного и покровного комплексов. По инженерно-геологической классификации породы кристаллического фундамента являются преимущественно твердыми – скальными.

Выделение перечисленных пяти групп горных пород в предлагаемой классификации взаимосвязано с распространением определенных типов подземных вод в земной коре (трещинных, пластово-трещинных, пластовых, карстовых, поровых и др.) и развитие определенных геологических процессов и явлений.

Данная классификация горных пород отражает не только основные признаки и статистически точные количественные характеристики свойств, но также закономерности размещения различных групп горных пород в земной коре и их напряженное состояние (Ломтадзе, 1984).

Инженерно-геологические свойства горных пород определяют поведение пород под влиянием инженерной деятельности человека. Эти свойства обуславливают характерные черты геологической среды и особенности ее изменения, в том числе при добыче полезных ископаемых: устойчивость земной поверхности, способность сопротивляться механическому и химическому разрушению при образовании подземного или открытого выработанного пространства, характер взаимодействия пород с водами при нарушении гидрогеологических условий месторождения, особенности изменения напряженного состояния массивов пород.

Необходимый комплекс исследований определяется инженерно-петрографическими особенностями пород и той ролью, которую они будут играть в процессе отработки месторождения. В соответствии со свойствами каждая из этих групп по-разному реагирует на техногенное воздействие в процессе добычи полезных ископаемых.

Изучение инженерно-геологических свойств пород проводится в полевых и лабораторных условиях (Сергеев, 1978).

В экологической геологии исследуются те особенности состава, строения и свойства горных пород, которые определяют их прочность, деформируемость, устойчивость и водопроницаемость, поскольку именно таким образом горные породы влияют на биоту и хозяйственную деятельность.

3.2. Горные породы нефтегазовых месторождений, физико-механические свойства и пространственная изменчивость, экологическая оценка

В качестве примера рассматриваются районы Лено-Ангарского плато, в пределах которого расположено Ковыктинское газоконденсатное месторождение, участок опытно-промышленной эксплуатации (ОПЭ), от которого начинаются трассы газопровода КГКМ–Саянск–Иркутск на юг, КГКМ–Окунайский на БАМе в северном направлении. Здесь развиты горные породы и отложения кристаллического фундамента Сибирской платформы (архея, нижний протерозой, рифей, венд), палеозоя и мезозоя (осадочный чехол кембрийская, ордовикская и юрская системы) и кайнозоя.

Инженерно-геологические и инженерно-экологические условия определяются составом горных пород, развитием эндогенных и экзогенных процессов, строением рельефа, подземными и поверхностными водами. Инженерно-геологические и инженерно-экологические условия отражены на карте (рис. 3.2.1) и таблице 3.2.1. В основе оценки лежит структурно-формационный принцип. С учетом качественных и количественных показателей выделено пять инженерно-геологических и инженерно-экологических комплексов.

1. Крайне неблагоприятные условия

Современный комплекс слагают рыхлые образования русел и пойменных террас. Аллювий пойменных террас представлен илами, глинами, песчано-галечно-валунным материалом с прослоями песчаных глин и разнозернистых песков. Максимальная мощность современных отложений – 5–7 м. В целом высокая обводненность и низкая несущая способность пород, развитие многолетней мерзлоты, эрозионных процессов, высокая опасность загрязнения поверхностных вод делают

рассмотренный комплекс наиболее неблагоприятным для строительства.

2. Неблагоприятные условия

Плиоцен–нижнечетвертичные отложения относятся к чингорской толще, которая сложена осадками озерно-аллювиального типа. Осадки представлены переотложенными и диагенетически переработанными продуктами коры выветривания в поле развития ангарской, литвинцевской и верхоленской свит, которые сохранились от размыва в виде небольших массивов на Хандинско-Киренгском междуречье. Неогеновые отложения представлены глинами различной окраски и слоями песка.

Мощность Чингорской толщи на водоразделах не превышает нескольких десятков метров, в долине р. Окуикты предположительно может достигать 100–150 м.

Отложения чингорской толщи относятся к рыхлым несвязным (пески, гравелистые породы) и мягким связным (глины, суглинки, супеси) породам. Они обладают предельно малой степенью литификации и высокой степенью изменчивости физического состояния: от прочных до текуче-пластичных. При строительстве, особенно на глинистых породах, могут развиваться значительные и продолжительные осадки сооружений, их сдвиги, обрушение стенок котлованов и другие деформации. В процессе инженерно-геологических изысканий не исключена возможность встречи данных отложений как на самой трассе, так и на участках размещения вспомогательных сооружений.

Гипсово-доломитовая ниже-среднекембрийская формация распространена на восточном крыле Хандинско-Киренгского междуречья. Породы трещиноваты, кавернозны и закарстованы.

3. Средние условия

В состав терригенно-карбонатной нижеордовикской формации со структурно-денудационным рельефом входят верхние части разреза усть-кутской свиты, представленные чередованием песков, доломитов, известняков, алевролитов и аргиллитов. Несмотря на значительное участие в составе карбонатных пород, на дневной поверхности карстовые формы встречаются редко. Однако общая кавернозность пород, наличие

суходолов и выходы крупнодебитных трещинно-карстовых источников свидетельствуют о возможности существования на глубине крупных карстовых полостей. Известны случаи провала бурового инструмента в карстовые полости при бурении скважин Р14 (К-101). Зона выветривания данных пород колеблется от 1 до 15 м, а на участках тектонических нарушений возрастает до 30 м. В целом породы относятся к прочным скальным грунтам и выдерживают нагрузку до 20 МПа.

ЛЕГЕНДА к рис. 3.2.1.






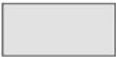







Четвертичная система		Q_{IV}	Современные отложения
		Q_{III-IV}	Верхнечетвертичные и современные отложения
		Q_{III}	Верхнечетвертичные отложения
Неоэновая система		N_1-Q_1	Плиоцен-нижнечетвертичные отложения
		N_1	Нерасчлененные отложения
Ордовикская система		$O_{2,3}$	Средний-верхний отделы
		$O_{1,kr}$	Средний отдел. Криволуцкий ярус
	Нижний отдел		O_1^v Верхняя часть нижнего отдела
		O_1^n	Нижняя часть нижнего отдела
Кембрийская система		ϵ_3	Нерасчлененные отложения верхнего отдела
		$\epsilon_{2,3}$	Средний - верхний отделы
		$\epsilon_{1,2}$	Нижний - средний отделы
		ϵ_1	Нерасчлененные образования

Таблица 3.2.1

**Инженерно-геологические условия строительства
конденсатопровода**

Условия строительства	Инженерно-геологические формации	Характеристика пород
I Крайне неблагоприятные	1 Современные (Q _{IV}), верхнечетвертичные – современные (Q _{III-IV})	Породы рыхлые, слабо литифицированные, обводненные, низкопрочные, развиты эрозийные и криогенные процессы, многолетняя мерзлота
	2 Терригенно-карбонатная нижнеордовикская формация (O ₁ ^I – нижняя подсвита усть-кутской свиты) с эрозийно-денудационным рельефом	Породы скальные, полускальные. Слабая защищенность и высокая разгрузка подземных вод. Закарстованность, экзогенная трещиноватость, многолетняя мерзлота, эрозийные и гравитационные процессы
	3 Красноцветная терригенно-карбонатная средне-верхнекембрийская формация (Є ₂₋₃ , Є ₃) и гипсово-доломитовая нижне-среднекембрийская	
II Неблагоприятные	4 Плиоцен-нижнечетвертичные отложения (N ₂ -Q ₁) с денудационным рельефом	Породы рыхлые слабо литифицированные, непрочные, связные и несвязные
III Средние	5 Гипсово-доломитовая нижне-среднекембрийская формация (Є ₁₋₂) с структурно-денудационным рельефом	Породы полускальные и скальные, закарстованные; отседание склонов, слабая защищенность подземных вод
IV Относительно благоприятные	6 Терригенно-карбонатная нижнеордовикская формация (O ₁ ^I – верхняя подсвита усть-кутской свиты) с структурно-денудационным рельефом	Породы полускальные и скальные, закарстованные, низкая устойчивость к выветриванию
	7 Красноцветная терригенно-карбонатная средне-верхнекембрийская формация (Є ₂₋₃ , Є ₃) с структурно-денудационным рельефом	
V Благоприятные	8 Красноцветная терригенная формация нижне-среднего ордовика (O ₁ ^{II} , O ₂ Kr)	Породы скальные, устойчивые, прочные, локальные оползни на структурных уступах, хорошая дренированность, высокая защищенность подземных вод главного водоносного горизонта.

На отрезке Туколонь–Окунайский данные породы сохранились от размыва в виде эрозионных останцов площадью до 50–75 км² в привершинных частях Хандинско-Киренгского междуречья. В привершинных условиях породы выветрены и сдренированы; вместе с тем на участках плотных песчаников известны случаи заболачивания. Граница пород кембрия и ордовика сопряжена с Лено-Киренгским разломом, отделяющим подвижную область от платформы.

5. Благоприятные условия

Красноцветная терригенная средне-верхнеордовикская формация со структурно-денудационным рельефом занимает самую верхнюю часть плато в виде структурных останцов. Для них характерен ступенчатый профиль; причем ступени выработаны в песчаниках и имеют вид уступов, опоясывающих останцы. В разрезе пород представлено чередование песчаников, аргиллитов, алевролитов и мергелей с редкими прослоями известняков. Мощность слоев от 5 см до 10 м. Общая мощность формации составляет 180–200 м. Для пород характерна в целом малая прочность и слабая устойчивость к выветриванию. Большое содержание глинистых веществ монтмориллонитового состава в аргиллитах приводит к их повышенному набуханию при замачивании, что влечет за собой процессы пластического течения и оползни. Прочность пород низкая. Если она и достигает 3–60 мПа, то при водонасыщении и промораживании снижается на 70 %. Песчаники неравномерnozернистые, цемент базальный и поровый, лимонитовый и глинисто-карбонатный. Карбонатность достигает 5–6 %, преобладают фракции 0,1–0,5 мм, высока примесь пылеватых частиц (14–37 %). Песчаники прочные, временное сопротивление сжатию 50–72 МПа; водонасыщение и замораживание снижают прочность на 28–35 %; выветрелые разности выдерживают нагрузку до 25 МПа.

Водораздельное положение и сдренированность массивов, достаточно высокая прочность пород в сухом состоянии определяют благоприятные условия строительства, а также произрастания растительности и устойчивости почвенно-растительного покрова к техногенному воздействию.

Литература

1. Сергеев Е. М. Инженерная геология – наука о геологической среде / Е. М. Сергеев // Инженерная геология. – 1979. – № 1. – С. 3–19.
2. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. 2-е изд., перераб. и доп. / В. Д. Ломтадзе. – Л. : Недра, 1984. – 511 с.

Глава 4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОДИНАМИКА

4.1. Объект и предмет экологической геодинамики. Геологические процессы и их классификация

Экологическая геодинамика изучает эндогенные и экзогенные процессы во взаимодействии с биотой и человеком, занимается разработкой научных основ и методов управления геологическими процессами и явлениями. Таким образом, объектом исследования являются геодинамические движения – эндогенные и экзогенные геологические процессы, как часть эколого-геологической системы. Предметом является изучение геодинамических экологических функций литосферы; анализируются прямые и обратные связи геологических процессов с биотой и человеком.

Процессы, происходящие внутри Земли за счет энергии, выделяющейся в результате развития материи в глубоких недрах, называются внутренними или эндогенными, а процессы взаимодействия земной коры с наружными оболочками планеты называются внешними или экзогенными.

Эндогенные процессы проявляются в форме магматизма, метаморфизма и деформации земной коры и сводятся к движению и перераспределению материи, слагающей Землю, к переходу ее из одного состояния в другое, из одних форм в другие. Судить о характере и интенсивности этих процессов можно, непосредственно наблюдая их проявление в виде вулканических извержений, землетрясений, образования трещин и других деформаций земной поверхности, а также изучая результаты их проявления в геологическом прошлом, выраженные в образовании основных форм рельефа, в различных дислокациях и деформациях земной коры и в наличии характерного комплекса изверженных пород, возникших при застывании поступившего из недр силикатного расплава (магмы), или из продуктов, выброшенных при вулканических извержениях (вулканического пепла). Перераспределение материи при эндогенных процессах сопровождается образованием полезных

ископаемых, а также стихийными явлениями (землетрясениями, извержениями вулканов).

Экзогенные процессы возникают в результате взаимодействия земной коры с атмосферой, гидросферой и биосферой.

Эндогенные процессы меняют состав земной коры и форму Земли за счет магмы и формирования возвышенностей и впадин. Породы, образовавшиеся в недрах и устойчивые в господствующих там условиях, на поверхности быстро разрушаются под действием экзогенных процессов – суточных и сезонных колебаний температуры, механического и химического воздействия воды, воздуха и живых организмов. В результате образуется другое, новое вещество, устойчивое в поверхностных условиях. Возникают новые формы материи, новые горные породы, которые называются вторичными.

Рельеф также сглаживается под действием экзогенных процессов. Возвышенности непрерывно разрушаются, а продукты их разрушения заполняют низины: сползают по склонам под действием силы тяжести, переносятся ветром, стекающими с возвышенностей ручьями и реками, морскими течениями. Таким образом, внешние процессы стремятся выровнять рельеф, привести Землю к форме идеального эллипсоида вращения.

Под действием экзогенных процессов продукты разрушения горных пород перерабатываются и перемещаются, накапливаются («оседают») в новых местах в виде осадков и осадочных горных пород. В формировании этих пород принимают участие те же физические, химические и биологические факторы, которые одновременно разрушают магматические горные породы. Например, гранит на поверхности Земли разрушается и превращается, в конечном счете, в песок и глину. В дальнейшем из песка может образоваться песчаник, из глины – глинистый сланец.

Перераспределение вещества при образовании осадочных горных пород также может привести к возникновению месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых, которые называют экзогенными. В соответствии с характером природных процессов они образуются разными путями: меха-

ническим (россыпи золота, платины, олова, алмазов и др.), химическим (месторождения бокситов, минеральных солей и др.) и органическим (месторождения углей, горючих сланцев, нефти и др.).

Наблюдения показывают, что разрушаются и изменяются не только породы, попавшие из недр на поверхность. Аналогичные преобразования происходят и тогда, когда образовавшиеся на поверхности породы попадают в условия, характерные для более глубоких зон: например, когда осадочные породы соприкасаются с поступающей из недр магмой, т. е. попадают в условия высоких температур и давлений, или когда под действием эндогенных процессов деформируется земная кора (образуются складки, разрывы, перемещаются блоки и пр.) и в связи с этим резко повышается давление и температура. В подобных случаях поверхностные образования (осадочные, а часто и магматические породы) оказываются неустойчивыми. Происходит новое перераспределение материи, в результате которого появляются породы, совершенно не похожие на исходные. Эти породы называют метаморфическими, а процесс их изменения – метаморфизмом. При метаморфизме также могут образоваться месторождения полезных ископаемых, например месторождения асбеста, талька, многих металлов и др.

Таким образом, внешние агенты постоянно разрушают то, что создается эндогенными процессами, и одновременно создают новое вещество, новые формы материи, устойчивые в новой среде, а материя, образованная на поверхности, становится неустойчивой в недрах и, если попадает туда, преобразуется. В этом наглядно проявлен величайший диалектический закон борьбы и единства противоположностей, на котором зиждется все развитие нашей планеты со времени ее зарождения. Благодаря этому происходит непрерывное перераспределение материи с образованием новых ее форм и разновидностей, заставляющее течь реки,двигающее горы и моря, поддерживающее жизнь за счет поступления из недр все новых и новых материалов. В результате взаимодействия эндогенных и экзогенных геологических процессов формируется рельеф, характерными формами которого являются хребты и впадины, относящиеся к категории морфоструктур.

Темп и характер развития экзогенных геологических процессов в пределах той или иной местности в значительной степени зависят от климата и тектонического режима, действующего через рельеф. В этом проявляются взаимодействие и противоречие внешних и внутренних сил в развитии геологических процессов и явлений, они являются причинно обусловленными. Однако эти противоречия не единственная движущая сила их развития. Многие эндогенные и экзогенные процессы получают развитие независимо друг от друга, хотя проявляются в одной и той же области – на поверхности земли или в приповерхностных горизонтах земной коры, например морозное пучение и сейсмические явления.

Геологические процессы возникают при наличии определенных несоответствий (противоречий), например: минерального состава горных пород – геохимическим условиям окружающей их среды; напряженного состояния горных пород – их предельному равновесию; плотности и пористости горных пород – величине действующих нагрузок; степени литификации горных пород – величине действующих гравитационных и геохимических сил; размягчаемости и размываемости горных пород – скоростями водного потока и др. Эти несоответствия (противоречия) и предполагают естественную неизбежность возникновения геологических процессов и явлений, они служат движущей силой их развития.

Важнейшей особенностью геологических процессов является неравномерность их проявления по земной поверхности в пределах различных регионов, областей и районов. Геологические процессы тесно связаны и с особенностями рельефа. Геологические процессы парагенетически связаны также с определенными комплексами горных пород, слагающими приповерхностные горизонты земной коры. В соответствии с этим их распространение предопределяется геологической историей той или иной территории. Как видно из приведенного материала, распространение различных геологических процессов, действительно, контролируется климатическими, геоморфологическими, петрографическими и тектоническими факторами. Проявление каждого из геологических процессов на той или иной территории зависит от преобладающего действия

какой-либо одной или нескольких основных причин. Эти процессы приводят к необратимым изменениям рельефа поверхности Земли, имеют направленный, непрерывно-прерывистый характер развития во времени (этапы, стадии, фазы), и их распространение подчиняется некоторым общим закономерностям.

В таблице 4.1.1 дана общая классификация геологических процессов и явлений, как природных, так и вызванных человеком. Классификация включает как эндогенные, так и экзогенные

Типы горных массивов	Процессы			
	эндогенные		экзогенные	
	природные	вызванные деятельностью человека	климатического характера	
			выветривание	криогенные и посткриогенные
<p>Высокопрочные массивы. Преобладают базальты, кварциты и другие породы, имеющие $\sigma_{сж} > 140$ МПа, $\alpha \approx 90^\circ$</p>	<p>Орогенные и эпейрогенные движения земной коры; сейсмические явления; вулканизм</p>	<p>Сейсмические явления, вызванные взрывами</p>	<p>Выветриванию подвержены все породы. Интенсивность и характер выветривания определяются главным образом климатом и особенностью состава и строения пород. Инженерная деятельность в большинстве случаев усиливает выветривание</p>	<p>Обычно развиты слабо; преобладают морозобойное растрескивание и образование криогенной трещиноватости, наследующей и усиливающей первичную трещиноватость породы</p>
<p>Прочные массивы. Преобладают граниты, гнейсы, крепкие песчаники и алевролиты и другие породы, имеющие $\sigma_{сж}$ 70-140 МПа, α 60-90°</p>				
<p>Недостаточно прочные массивы. Кристаллические сланцы, конгломераты, известняки, опоки, слабые песчаники, алевролиты и аргиллиты, филлиты и другие породы, имеющие $\sigma_{сж}$ 10-70 МПа, α 30-60°</p>		<p>Сейсмические явления, вызванные взрывами; опускание поверхности при добыче полезных ископаемых</p>		<p>При определенных климатических условиях приобретают интенсивное развитие крио-</p>

<p>Слабопрочные массивы. Глинистые сланцы, глины, лёссы, почвы, пески, торфа и другие породы, имеющие $\sigma_{сж} < 10$ МПа, $\alpha < 30^\circ$</p>		<p>Сейсмические явления, вызванные взрывами; опускание поверхности при добыче полезных ископаемых и откачке воды; уплотнение и набухание отдельных участков при строительстве</p>		
---	--	---	--	--

Классификация геологических процессов

Таблица 4.1.1

в инженерной геологии (по Е. М. Сергееву, 1978)

Процессы				
природные и вызванные деятельностью человека				обусловленные характером рельефа
ветрового характера	водного характера			
эоловые	растворение	размывание	заболачивание	склоновые
<p>Перевание коренных пород, слагающих массивы, отсутствует. Выпадающие эоловые осадки могут чехлом покрывать поверхность массивов</p>	Развито слабо	Абразия, речная и линейная эрозия развиты слабо	<p>Образование болот и торфяников возможно при отсутствии расчлененного рельефа на толще элювия коренных пород</p>	Преобладают обвалы
	<p>У карбонатных, сульфатных и галоидных пород растворимость соответственно увеличивается</p>	<p>Абразия, речная и линейная эрозия развиты интенсивно. При определенных условиях развиты делювиальный смыв, почвенная и водная ветровая эрозия. Оврагообразование</p>		<p>Преобладают обвалы и осыпи; при определенных условиях курумы. Широко развиты осыпи, срывы, осовы; реже – обвалы и курумы</p>
<p>При определенных условиях перевание пород происходит интенсивно и создаются типичные формы эолового рельефа</p>	<p>Суффозионные процессы могут усиливаться и прекращаться под влиянием деятельности человека</p>		<p>При определенных тектонических и климатических условиях идет заболачивание самих пород</p>	<p>Склоновые процессы протекают интенсивно, широко развиты оползни-блоки. При определенных условиях солифлюкция</p>

процессы; все процессы рассматриваются без отрыва от массивов горных пород, с выделением факторов, являющихся условием возникновения данного процесса.

В наибольшей степени для решения задач экологической геодинамики соответствует классификация природных и техногенно обусловленных геологических процессов, предложенная

Н. С. Красиловой под руководством В. Т. Трофимова (2002). Она построена с учетом экологических последствий, а также временных и пространственных характеристик того или иного процесса (рис. 4.1.1).

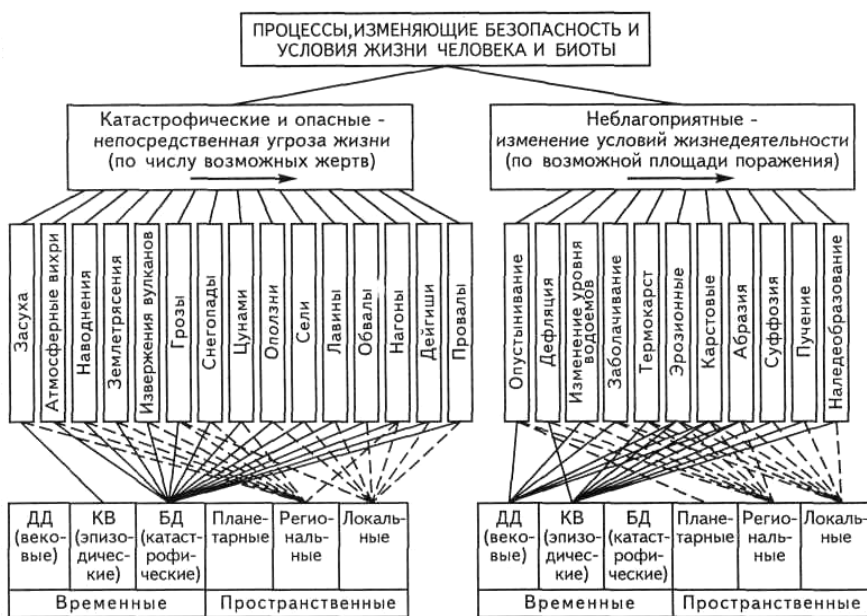


Рис. 4.1.1. Систематика геологических и других природных процессов по интенсивности негативных воздействий на биоту, включая человека (по Трофимову, Зилингу, 2002)

ДД – длительнодействующие (вековые);

КВ – кратковременные (эпизодические);

БД – быстродействующие (катастрофические)

4.2. Геодинамические экологические функции литосферы

Геодинамические экологические функции литосферы раскрываются через взаимодействие биоты и геологических процессов.

Под геодинамической экологической функцией литосферы понимается функция, отражающая способность литосферы влиять на состояние биоты, безопасность и комфортность проживания человека через природные и антропогенные (техногенные) геологические процессы и явления. Их проявление и развитие в природных условиях связано как с внешними космическими факторами, так и со сбросом (разрядкой) напряжений в геофизических полях Земли, а воздействие геологических процессов на биоту – с перемещением вещества земной коры и преобразованием рельефа. Следовательно, геодинамические экологические свойства литосферы обусловлены как энергетической составляющей литосферы, так и динамикой ее вещественного состава, включая рельефообразующие факторы. Становление этих свойств литосферы шло параллельно с эволюцией Земли и биосферы и отличалось пульсационным развитием. Эпохи активизации геологических процессов и катастроф сменялись этапами их затухания и стабилизации. На современном этапе особое значение в оценке влияния на биоту имеют антропогенные геологические процессы – порождение эпохи техногенеза, резко усилившей активность и динамику как природных процессов, так и вызвавших к жизни развитие так называемых антропогенных геологических процессов.

Отличительной чертой геодинамической функции является возможность ее реализации как непосредственно в виде негативного по отношению к биоте явления, так и опосредованно – через ресурсную, геофизическую или геохимическую функции. Так, оценку площадной эрозии можно рассматривать через интенсивность процесса и площадную пораженность им определенной территории (геодинамический критерий оценки), либо через потерю или сокращение запасов гумуса, земельных ресурсов (ресурсный критерий оценки).

В настоящее время наметились два пути, два подхода к оценке воздействия геодинамического фактора литосферы на биоту (Трофимов, Зилинг, 2002). Первый из них связан с анализом и оценкой воздействия отдельных геологических процессов или их парагенетических комплексов, главным образом, на человека и по существу сводится к выявлению экологических последствий проявления этих процессов. Второй подход связан с изучением современных геодинамических зон и аномалий литосферы и их интегральным воздействием на биоту, включая человека. Эти зоны определяют особенности распределения напряженного состояния массивов горных пород, развитие участков повышенной трещиноватости и проницаемости, что, в свою очередь, влияет на особенности циркуляции подземных вод, интенсификацию неблагоприятных геологических и экологически опасных техногенных процессов. Активные геодинамические аномалии могут контролировать проникновение физических и химических загрязнителей в литосферу, влиять на окружающий ландшафт, биологические объекты, на здоровье человека и существенно снижать ценность земельных ресурсов, влиять на уровень земельной ренты в пределах городских территорий.

Исходя из сказанного, объектом изучения эколого-геодинамических исследований будут геологические процессы и геодинамические зоны и аномалии, а предметом изучения – знания о воздействии этих компонентов литосферы на биоту. Именно в предмете исследования наиболее рельефно видны различия между изучением геологических процессов различными геологическими науками.

Структура геодинамической экологической функции литосферы определяется объектом ее изучения и включает в себя ряд иерархических уровней. На первом уровне рассматриваются все геологические процессы и геодинамические зоны. На втором иерархическом уровне выделяются группы геологических и некоторых других природных (гидрологических, климатических и др.) и техногенных процессов, различающихся по характеру проявления и воздействия на экосистему и человека, и геодинамические аномалии (рис. 4.2.1).

Эндогенные геологические процессы проявляются в виде вулканической и тектонической деятельности Земли. С вертикальными тектоническими движениями связано формирование рельефа, ландшафтной поясности гор. В горах с увеличением высоты происходит изменение климата, что влияет на формирование почв, развитие рельефообразующих процессов, существование различных видов животных и растений.

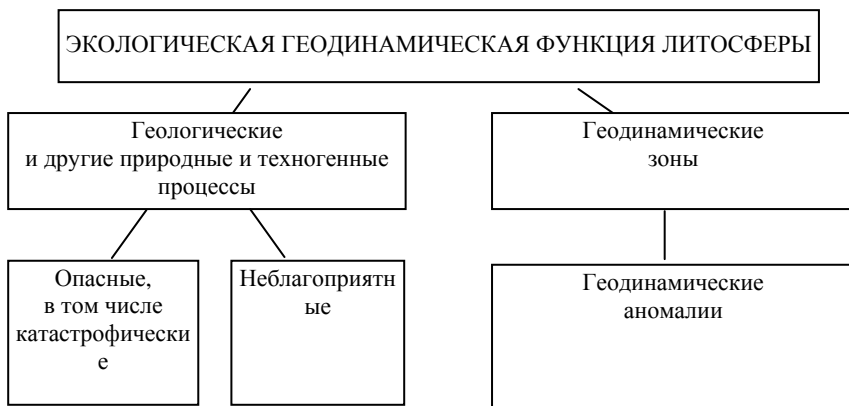


Рис. 4.2.1. Структура геодинамической экологической функции литосферы

Существенна роль неотектонических движений, разрывных и складчатых деформаций в формировании залежей и месторождений нефти и газа. Выделяются сводовые, в разной степени нарушенные, тектонически экранированные и другие типы залежей. Они в значительной мере обуславливают миграцию нефти и газа, их передвижение по порам и трещинам пород. Поступление газов носит нестабильный неравномерно-пульсирующий характер, и интенсивнее происходит в зонах активной неотектонической трещиноватости по сравнению с массивными блоковыми участками литосферы. Часто определяющим фактором этого процесса являются современные колебания земной коры. В результате в контуре нефтегазоносности и над контуром концентрация газообразных углеводородов выше, чем в законтурных участках. Эта закономерность сохраняется и для газов при дегазации из

почвогрунтов, из снежного покрова, углеводородных компонентов водорастворенных газов грунтовых вод.

Характерная черта эколого-геодинамической функции литосферы – проявление негативных и позитивных свойств к развитию и пространственному распространению биоты. Одни геодинамические процессы в силу своей масштабности не могут оказывать прямого воздействия на биоту, а другие являются катастрофическими геологическими явлениями и непосредственно влияют на растительный покров, животный мир и человека.

Оценка экологического риска, обусловленного развитием экзогенных геологических процессов, проведена для ряда нефтегазовых месторождений Ангаро-Ленского нефтегазоносного бассейна. При этом учтены грунтовые условия, распространение и характеристики экзогенных геологических процессов (пораженность, интенсивность, активность), характер рельефа, распространение подземных вод, реакция на техногенные воздействия. Выделены эколого-геодинамические зоны пяти уровней геоморфологического риска по особенностям развития геодинамических процессов (Абалаков и др., 2001).

4.3. Геологические процессы и их влияние на природные и техногенные комплексы нефтегазовых месторождений

Оценка воздействия геологических и других природных и техногенных процессов на экосистему в целом и человека в частности, как и оценка состояния эколого-геологических условий могут осуществляться по комплексу критериев и показателей, которые могут быть разбиты на четыре группы (Трофимов, Зилинг, 2002):

1) геодинамические, оценивающие масштаб и интенсивность развития геологических процессов;

2) характеризующие возможные экологически неблагоприятные изменения абиотических компонентов ландшафта и его литогенной основы в результате активно действующих геологических процессов;

3) биологические, характеризующие изменение разных представителей биоты и их комплекса в целом;

4) социально-экономические.

Биологические, экономические и социальные показатели предпочтительно использовать для оценки воздействия катастрофических процессов на территориях промышленно развитых и градопромышленных агломераций. Ботанические и почвенные критерии наиболее информативны вне территорий интенсивного промышленного использования, где природа находится в более естественном состоянии. Геодинамические критерии оценки пригодны для территорий любой освоенности.

Рассмотрим геодинамические критерии и показатели масштаба и интенсивности развития геологических процессов.

Для оценки влияния геологических процессов на состояние эколого-геологических условий используются критерии, характеризующие изменения рельефа, самого массива, качества геологического пространства. Они подразделяются на площадные (отношение нарушенной площади к ненарушенной или общей площади), энергетические (скорости и объемы смещаемых пород) и динамические (скорости, темпы нарастания негативных нарушений поверхности и подземного пространства литосферы).

Специфическая группа геодинамических критериев предложена Н. А. Касьяновой для оценки экологического риска функционирования литотехнических систем, расположенных в пределах геодинамических аномалий (табл. 4.3.1). Ранжирование на четыре категории осуществлено по эмпирическим данным, полученным при анализе аварий на нефтегазовых комплексах.

Таблица 4.3.1

Критерии оценки экологического риска, возникающего при функционировании литотехнических систем, расположенных в пределах геодинамических аномалий (Трофимов, Зилинг, 2002)

Критерий оценки	Категория риска			
	практическ и незначимая	незначитель ная	средняя	высокая
Скорость современных вертикальных движений земной коры, мм/год	До 5	5–30	30–50	50–70 и выше

Скорость деформации земной поверхности, мм/км/год	До $0,5 \times 10^{-5}$	$0,5 \times 10^{-5}$ - 1×10^{-5}	1×10^{-5} - 3×10^{-5}	3×10^{-5} - 7×10^{-5}
Время локального деформирования земной поверхности, мес.	Более 12	6–12	3–6	1,5–3,0
Протяженность геодинамических аномалий, км	10–40 и больше	5–10	2–5	0,1–2,0
Изменение тектонического напряжения, МПа	До 0,5	0,5–1,0	1–2,5	2,5–5,0 и выше

Процессы, оказывающие воздействие на природные и техногенные комплексы, можно разделить на три уровня: планетарные, региональные и локальные. Планетарный уровень – наиболее объемный. В целом это сфера жизнедеятельности биоты. Элементами неоднородности на данном уровне являются материки и океаны.

Следующий по размерам площади воздействия – региональный уровень. Элементами неоднородности на этом уровне являются складчатые области, щиты и платформы, сейсмические и вулканические пояса и связанные с ними новейшие тектонические движения.

На локальном уровне элементами неоднородности являются особенности геологического строения и свойства пород.

Оценка геоморфологического риска на региональном уровне для целей охраны окружающей среды проводится на примере освоения КГКМ, расположенного в пределах Лено-Ангарского плато на Средне-Сибирском плоскогорье. Район месторождения известен как Ковыктинское плато. Его рельеф представляет сравнительно высоко поднятую денудационную равнину с отметками вершин 800–1 200 м, расчлененную глубоко врезанными долинами рек – правыми притоками р. Лены.

Значение геолого-геоморфологических факторов в оценке устойчивости рельефа приведено в таблице 4.3.2. Учтено также влияние техногенеза на проявление экзогенных геологических процессов (табл. 4.3.3). В таблице 4.3.4 отражены геоморфологические ярусы и подъярусы, которым соответствуют различные генезис, энергия рельефа, цикличность рельефообразования, литогенные, гидрогеологические и геокриологические факторы, определяющие степень геоморфологического риска. На территории Ковыктинского плато можно выделить геоморфологические ярусы с пятью классами геоморфологического риска: крайне высокий риск, высокий риск, средний риск, низкий риск, наиболее низкий риск (табл. 4.3.4).

Крайне высокий геоморфологический риск в горно-долинном ярусе широких пойменных долин и их склонов. Крутые склоны долин расчленены боковыми распадками. Ярус характеризуется наиболее сильной энергией рельефа в силу больших перепадов высот и развития склоновой и речной эрозии высокой

интенсивности. Крутые склоны долин и пойма чувствительны к техногенным воздействиям. Долины являются открытыми системами и в случае возникновения нарушений в процессе хозяйственного освоения загрязнители в виде техногенных гидро- и литодинамических потоков могут попасть не только на пойменные ландшафты, но и непосредственно в реки.

Таблица 4.3.2

**Значение геолого-геоморфологических факторов
в связи с оценкой устойчивости рельефа района КГКМ**

Фактор	Признак	Свойство	Значимость в оценке устойчивости
Коренные породы	Состав, строение	Физико-механические (прочностные) и водно-физические свойства	Низкая и средняя
Рыхлые четвертичные отложения	Литологические особенности, генезис, возраст, мощность, температурный режим	Прочностные, физические, физико-химические, фильтрационные, мерзлотные свойства	Средняя и низкая
Геологическая структура	Разрывные и складчатые нарушения, трещиноватость	Тип и интенсивность трещиноватости, тип и характер разломов и складок	Низкая
Неотектоника, морфоструктура	Поднятие, опускание	Абсолютные отметки, градиенты неотектонических движений	Низкая
Подземные воды	Тип, глубина залегания, гидрогеологическая зональность, защищенность	Фильтрующие свойства водонесных горизонтов, проницаемость, водонасыщенность вмещающих пород, агрессивность	Средняя и высокая
Рельеф	Строение, динамические фазы развития	Вершинная поверхность, склон, долина, углы наклона, форма и длина склона, тип катены, эрозионный цикл	Высокая

Экзогенные геологические процессы	Возраст, количественные характеристики	Пораженность, активность, интенсивность	Высокая
-----------------------------------	--	---	---------

**Влияние техногенеза на проявление
экзогенных геологических процессов**

Сфера воздействия	Виды воздействия	Неблагоприятные последствия
Площадочные объекты	Механические, химические и хозяйственно-бытовые	Морозное пучение, карст. Склоновая и речная эрозия,
Линейные объекты	Механические и химические	Склоновая эрозия, гравитационные и криогенные процессы, карст

Высокая степень геоморфологического риска характерна для останцового реликтового яруса рельефа (1 200 м и более). В пределах Ковыктинского плато останцы сохранились в наиболее высоких частях междуречий. За счет отступления склонов, представляющих собой высокие структурные уступы, происходит разрушение останцов. Хотя останцы и оторваны от базисов эрозии в долинах, они в силу высокой энергии рельефа испытывают разрушение, сопровождающееся явлениями отседания склонов, формированием скальных оползней и трещин растяжения. Эти деформации могут иметь катастрофический характер, сценарий их развития слабо поддается прогнозу и в таких условиях отклик среды неадекватен воздействию.

Средняя степень геоморфологического риска характерна для подъяруса склонов боковых отрогов. Здесь развиты неглубокие врезающиеся долины, чем обусловлена средняя энергия рельефа. Техногенная нарушенность рельефа значительно меньше, чем в горнодолинном ярусе, поскольку подъярус характеризуется меньшей энергией рельефа и является полуоткрытой катеной. На пути миграции возможных лито- и гидродинамических потоков, возникающих в процессе буровых и эксплуатационных работ, располагаются барьеры в виде склонов транзитной аккумуляции, а сами склоны не столь круты и динамичны по сравнению с придолинными.

Низкая степень геоморфологического риска в подъярусе привершинных склонов осевого гребня в ярусе осевого гребня плато. Здесь развита регрессивная эрозия. Первичные звенья форм флювиального рельефа (лога, водосборные воронки,

берущие начало, как правило, от водораздельных седловин) могут привести в результате строительных работ к развитию техногенной эрозии.

Наиболее низкий геоморфологический риск в подъярусе вершинных поверхностей, которые представляют собой нерасчлененные эрозией остаточные поверхности выравнивания с низкой энергией рельефа. По миграционным процессам – это закрытая катена с малой вероятностью попадания загрязнителей в соседние ландшафты. Здесь, в случае сброса загрязнителей на рельеф или механического его повреждения, нарушения либо вообще не выйдут за пределы геоморфологического ландшафта, либо не потребуются значительных усилий для их локализации и предотвращения.

Следует обратить внимание на тот факт, что наибольшая острота геоморфологического риска проявляется на границах ярусов рельефа. Места такого рода сопряжения рассматриваются в качестве очагов эколого-геоморфологической нестабильности. В морфоструктуре Ковыктинского плато выделяется четыре таких очага. Первый представлен структурными останцами, максимальное разрушение которых происходит на поверхности обрамляющих их уступов. Второй характерен для подъяруса вершинных плоскостей осевого гребня, где происходит сопряжение подъярусов отсутствия эрозии и регрессивной проникающей эрозии. Фронт эрозии проходит по границе вершин и склонов, но она находится в начальной стадии развития. Сохраняются обширные поверхности выравнивания в центральных частях междуречий, а окаймляющие их склоны имеют вид узких лент, либо фрагментарны. Эрозионные формы представлены логами и водосборными воронками. На удалении от фронта эрозии степень геоморфологического риска наименьшая. Третий очаг нестабильности находится в зоне боковых отрогов, где линия сопряжения проходит по границе склонов и уплощенных вершин, на которых сохраняется исходная поверхность выравнивания. Четвертый очаг приурочен к сопряжению склонов и днищ долин. В его пределах развиты интенсивные процессы боковой эрозии.

Оценка геоморфологического риска в районе Ковыктинского

Ярусы	Подъярусы	Стратиграфические комплексы	Грунты	Формы рельефа
Останцовый реликтовый (1)	-	Ийская (O _{1is}) и бадарановская (O _{1bd}) свиты: песчаники, алевролиты, плоско-галечные конгломераты	Полускальные трещиноватые выветрелые. Супесчано-щебнистые, щебнисто-глыбовы	Останцы, опоясанные структурными уступами, склоны останцов
Осевого гребня плато (2)	Вершинных поверхностей осевого гребня (а)	Верхняя подсвита усть-кутской свиты (O _{1uk₂}): песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки доломиты	Скальные твердые неветрелые. Суглинистые и глинистые	Уплощенные поверхности, отдельные вершины с развалами камней, седловины
	Привершинных склонов (б)	Верхняя подсвита усть-кутской свиты (O _{1uk₂}): песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки доломиты	Скальные твердые неветрелые. Супесчаные, супесчано-суглинистые и суглинистые	Пологие склоны, водосборные воронки, лога, структурные уступы
Боковых отрогов плато (3)	Вершинных поверхностей боковых отрогов (а)	Верхняя подсвита усть-кутской свиты (O _{1uk₂}): песчаники, алевролиты, аргиллиты, известняки доломиты	Скальные твердые неветрелые. Суглинистые и глинистые	Уплощенные поверхности, отдельные вершины с развалами камней, седловины
	Склонов боковых отрогов (б)	Нижняя подсвита усть-кутской свиты (O _{1uk₁}): песчаники, доломиты, известняки	Скальные твердые неветрелые, переслаивающиеся с полускальными трещиноватыми выветрелыми и закарстованными. Супесчано-щебнистые, супесчано-суглинистые	Склоны, V-образные долины, водосборные воронки, структурные уступы
Горно-долинный (4)	Склонов долин (а)	Илгинская свита (O _{3il}): песчаники, аргиллиты, мергели, доломиты, известняки, верхоленская свита (O _{2-3vl}): аргиллиты, алевролиты, песчаники, мергели, ангарская и литвинцевская свиты нерасчлененные (O _{1-2an+lt}): доломиты, известняки, гипсы, песчаники	Полускальные трещиноватые выветрелые и закарстованные, переслаивающиеся со скальными твердыми неветрелыми. Супесчано-щебнистые, глыбово-щебнистые	Крутые склоны, V-образные долины, структурные уступы, делла
	Днищ долин (б)	Современные (Q _{IV}) и верхнечетвертичные (Q _{III}) отложения:	Песчано-гравелистые, песчано-галечные, песчано-глинистые,	Пойма, террасы, конусы выноса

		аллювиальные, пролювиальные, биогенные	торфянистые	
--	--	--	-------------	--

Таблица 4.3.4

газоконденсатного месторождения на региональном уровне

Ведущие экзогенные процессы	Эрозионный цикл	Генезис рельефа	Энергия рельефа	Гидрогеологические условия	Геокриологические условия	Геоморфологический риск
Гравитационные	Отсутствие эрозии	Структурно-денудационный	Высокая	Зона аэрации	Многолетне-мерзлые породы отсутствуют	Высокий (II)
Физическое выветривание и десерпция	Отсутствие эрозии	Структурно-денудационный	Низкая	Зона аэрации, верховодка, водоупоры в виде поверхностных глин	Длительная сезонная мерзлота	Наиболее низкий (V)
Десерпция, склоновая эрозия (плоскостная с переходом в линейную)	Слабой проникающей эрозии (4 цикл)	Структурно-денудационный и эрозионно-денудационный	Низкая	Зона аэрации	Многолетне-мерзлые породы отсутствуют	Низкий (IV)
Физическое выветривание и десерпция	Отсутствие эрозии	Структурно-денудационный	Низкая	Зона аэрации, верховодка, водоупоры в виде поверхностных глин	Длительная сезонная мерзлота	Наиболее низкий (V)
Склоновая эрозия, карст	Неглубоких врезающихся долин (3 цикл)	Структурно-денудационный и эрозионно-денудационный	Средняя	Зона аэрации с подвешенными водоносными горизонтами	Многолетне-мерзлые породы отсутствуют	Средний (III)
Склоновая и речная глубинная эрозия, мерзлотные и гравитационные, карст	Глубоких врезающихся долин (2 цикл)	Эрозионно-денудационный	Высокая	Зона насыщения ниже главного водоносного горизонта	Островная мерзлота в нижних частях северных склонов	Крайне высокий (I)

Речная глубинная и боковая эрозия, болотно- мерзлотные	Глубоких расширяющ ихся долин (I цикл)	Эрозионно- аккумулятивны й	Низкая	Зона разгрузки главного водоносного горизонта, прирусловые талики	Островная мерзлота на террасах под верховыми болотами	Крайне высокий на пойме(I). От высокого (II) до низкого (IV) на террасах
--	---	----------------------------------	--------	--	---	---

Литература

1. Абалаков А. Д. Экологические аспекты освоения Ковыктинского газоконденсатного месторождения / А. Д. Абалаков, Э. С. Зиганшин, Ю. О. Медведев и др. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии РАН, 2001. – 194 с.
2. Концепция производственного экологического мониторинга Ковыктинского газового комплекса /А. Д. Абалаков, Д. И. Стом, С. П. Примина и др.; отв. ред. А. Д. Абалаков. – Иркутск : Иркут. ун-т, 2006. – 262 с.
3. Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика / В. Д. Ломтадзе. – Л. : Недра, 1977. – 479 с.
4. Сергеев Е. М. Инженерная геология – наука о геологической среде / Е. М. Сергеев // Инженерная геология. – 1979. – № 1. – С. 3–19.
5. Сергеев Е. М. Инженерная геология : учебник / Е. М. Сергеев. – М. : Изд-во МГУ, 1978. – 384 с.
6. Трофимов В. Т. Экологическая геология : учебник для вузов / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М. : Геоинформмарк. 2002. – 416 с.
7. Ясаманов Н. А. Основы геоэкологии : учеб. пособие для эколог. специальностей вузов / Н. А. Ясаманов. – М. : Издательский центр «Академия», 2003 – 352 с.

Глава 5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЯ

5.1. Гидрогеология и экологическая гидрогеология. Определение. Объект и предмет изучения экологической гидрогеологии

Подземные воды, т. е. все воды, находящиеся ниже поверхности земли в жидком, газообразном и твердом состояниях, рассматриваются в литосфере на основе развития земной коры и Земли как планеты, изучаются специальной наукой – гидрогеологией (Пиннекер, 1983). Поэтому гидрогеология входит в цикл наук о Земле и является отраслью геологии. Гидрогеология изучает происхождение, состояние, состав и свойства подземных вод, условия их залегания и распространения в земной коре, закономерности движения и взаимодействия подземных вод с вмещающими их горными породами, почвами и осадками, оценивает запасы и ресурсы подземных вод в земной коре.

Подземные воды играют очень важную роль в жизни людей. Они, по выражению акад. А. П. Карпинского, являются наиболее драгоценным полезным ископаемым. Подземные воды издавна используются для питья и хозяйственных целей, в сельском хозяйстве и в промышленном производстве. Используются подземные воды для орошения полей, лечебных целей, отопления, выработки электроэнергии и как сырье для получения из них некоторых элементов и соединений (йода, брома и др.). В отдельных отраслях народного хозяйства подземные воды осложняют производство работ, эксплуатацию инженерных сооружений, отрицательно влияют на урожайность. В этих случаях приходится или удалять избыток подземной воды с помощью дренажных сооружений и водоотливных установок, или защищать сооружения от воды с помощью гидроизоляционных материалов, или временно переводить воду из жидкого состояния в твердое (замораживание).

К подземным водам относятся все воды, находящиеся в порах и трещинах горных пород ниже поверхности Земли. Они широко распространены в земной коре и изучение их имеет

большое значение при решении ряда вопросов: 1) водоснабжения крупных населенных пунктов и промышленных предприятий; 2) гидротехнического и промышленного строительства; 3) проведения мелиоративных мероприятий; 4) курортно-санаторного дела и т. д.

Значима геологическая деятельность подземных вод. С ними связаны карстовые процессы в растворимых горных породах (известняках, доломитах, гипсах и др.) и оползание земляных масс по склонам оврагов, рек и морей.

В зависимости от изучаемых вопросов в гидрогеологии могут быть выделены следующие разделы.

Общая гидрогеология. Изучает происхождение подземных вод, условия их залегания и распространения, физические свойства, химический, газовый и микробиологический состав подземных вод и занимается классификацией последних.

Динамика подземных вод. Изучает закономерности движения в природных и измененных условиях притоков воды к водозаборным и дренажным сооружениям, в горные выработки и строительные котлованы, оценивает величину подпора.

Новым научным направлением является *экологическая гидрогеология*.

Экологическая гидрогеология как наука представляет большой теоретический интерес, связанный с формированием гидросферы Земли, и имеющая практическое значение для различных сфер деятельности человека.

Главной причиной, обуславливающей выделение экологической гидрогеологии является то, что подземные воды по мере увеличения объема и разнообразия техногенной нагрузки на подземную гидросферу начинают активнее влиять на компоненты экосистем и биоту в целом, и следовательно, на условия жизнедеятельности человека.

Экологическая гидрогеология изучает экологические функции подземной гидросферы.

Подземные воды, природные и находящиеся под влиянием антропогенной нагрузки и природно-технических систем, являются объектом изучения экологической гидрогеологии.

Их происхождение, распространение, миграция, качественные и количественные изменения в пространстве и во

времени, геологическая деятельность, рассматриваемые в аспекте влияния подземных вод на поверхностную гидросферу, биоту и человека, является предметом экологической гидрогеологии.

5.2. Гидрогеологические системы

Они подразделяются природные и техногенные гидрогеологические системы. Природные системы охватывают естественную подземную гидросферу. В техногенных гидрогеологических системах (Писарский, 1994; Матусевич, Ковяткина, 1997) на природную гидрогеологическую обстановку («натуральную» подземную гидросферу) влияют техногенные нагрузки. Именно изучение их структуры, закономерностей образования и эволюции позволит объективно прогнозировать состояние геологической среды (в частности, количественно-качественные параметры подземной гидросферы) и способствовать разработке профилактических и охранных мероприятий, оптимальному воздействию человека на геологическую среду.

Термин «техногенная гидрогеологическая система» к нефтегазовым месторождениям применял Ю. П. Гаттенбергер (Теоретические основы..., 1992), который предложил систематизировать техногенные изменения гидрогеологической обстановки «сверху» и «снизу».

Применительно к Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции В. М. Матусевич и Л. А. Ковяткина (1997) разработали схему типизации техногенных гидрогеологических систем. Такая система в значительной мере формируется «сверху» (рис. 5.2.1).

Под техногенной гидрогеологической системой понимается участок (блок) подземной гидросферы, испытывающий техногенное воздействие. Такой участок (блок) характеризуется устойчивыми или постоянно меняющимися полями гидрогеохимических, гидрогеодинамических или гидрогеотермических параметров, существенно отличающихся от природных (фоновых) значений.

Б. И. Писарский (1994) в вертикальном разрезе техногенной гидрогеологической системы выделяет три этажа. Первый –

комплекс наземных сооружений или объектов хозяйственной деятельности, воздействующих на подземную гидросферу и вызывающих изменения ее термического, гидрогеодинамического или гидрогеохимического режима. Второй этаж – верхняя часть участка (блока), непосредственно затронутая воздействием техногенеза, где в зону аэрации или водоносной породы попадают

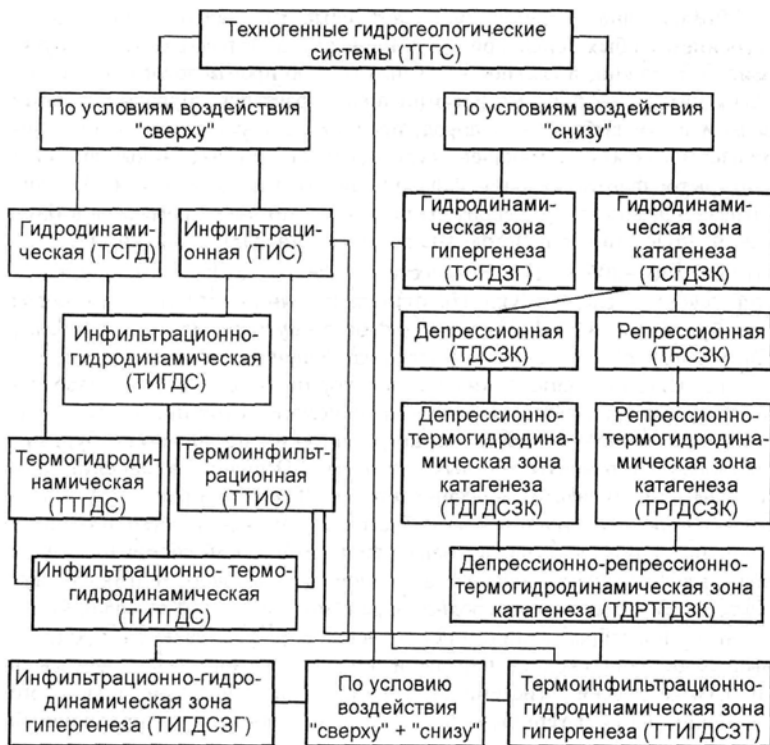


Рис. 5.2.1. Схема типизации техногенных гидрогеологических систем

продукты хозяйственной деятельности человека, изменяющие характер и темпы внутреннего и внешнего водообмена и вызывающие преобразования всех компонентов геологической среды, в первую очередь ее жидкой составляющей. Третий этаж – нижняя часть участка (блока), где сказываются косвенные воздействия техногенных нагрузок, а изменение

гидрогеодинамического и гидрогеохимического режимов связано с провоцирующим действием техногенеза.

В эволюции техногенных гидрогеологических систем, по Б. И. Писарскому, прослеживаются четыре этапа изменений:

- дотехногенный – система не испытывает существенного влияния техногенеза;

- обратимый – при снятии техногенной нагрузки система самовосстанавливает естественное (природное) состояние;

- необратимый – для возврата в естественное либо благоприятное для жизнедеятельности человека состояние необходимы существенные финансовые, материальные и трудовые затраты;

- катастрофический – система изменена настолько, что возврат к ее рациональному хозяйственному использованию невозможен.

По масштабам воздействия хозяйственной деятельности на геологическую среду техногенные гидрогеологические системы могут быть глобальными, региональными и локальными. К сожалению, техногенные гидрогеологические системы и их иерархия еще весьма слабо изучены. Первая попытка в этом плане сделана для нефтегазовых месторождений (Теоретические основы..., 1992), при этом отмечается, что техногенные воздействия на гидрогеологические системы весьма разнообразны и сложны. Изменения техногенного характера распространяются вплоть до фундамента нефтегазоносного бассейна, охватывая практически всю геологическую среду.

Воздействие «сверху» включает обычные работы, связанные с освоением любых территорий, в данном случае это строительство и обустройство скважин, а главное – эксплуатацию промыслового хозяйства. Загрязнители – буровые и тампонажные растворы, буровые сточные воды и шлам выбуренных пород, продукты испытания скважин. Наибольший ущерб окружающей среде могут нанести аварийные выбросы и открытое фонтанирование скважин (нефтью или рассолами). Сильно загрязнена, например, территория старых нефтяных промыслов в Баку как нефтью, так и пластовыми водами, минерализация которых достигает 200–300 г/дм³. В качестве других отрицательных воздействий «сверху» следует указать оттаивание

многолетнемерзлых пород под буровыми и нефтепромысловыми сооружениями или усиление карстообразования в случае подтока загрязненных вод.

Воздействие «снизу» (из массива горных пород) в нефтегазоносных регионах связано с нарушением технологических процессов (утечкой промывочной жидкости, катастрофическим поглощением буровых растворов в горизонты пресных вод и т. д.). Основные изменения происходят в самих нефтегазоносных пластах. Так, часть ранее нефтегазонасыщенного пространства замещается водой, изменяются пластовое давление и температура, преобразуется химический состав пластовой воды и нефти (при закачке в пласт поверхностных вод). В этих случаях часто развивается сероводородное заражение, выпадают в осадок минеральные новообразования, иногда, наоборот, усиливаются процессы выщелачивания скелета породы и т. д. Все техногенные процессы в гидрогеологических системах, испытывающих снижение пластового давления, Ю. П. Гаттенбергер объединяет в понятие «депрессионный техногенез». Каналы связи последствий техногенеза глубоких нефтегазоносных горизонтов с приповерхностными могут быть как естественного, так и искусственного происхождения: 1) сами нефтеносные пласты, если они выходят на поверхность недалеко от нефтегазовых промыслов; 2) тектоническая трещиноватость пород; 3) ненадежные флюидоупоры; 4) негерметичные стволы скважин.

Подземные воды во взаимодействии с хозяйственной деятельностью человека рассматриваются как техногенные гидрогеологические системы (Теоретические основы..., 1992; Основы..., 1983). Применительно к Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции В. М. Матусевич и Л. А. Ковяткина разработали схему типизации техногенных гидрогеологических систем. Такая система в значительной мере формируется «сверху». Деграция многолетнемерзлых пород, заболачивание, подтопление и другие процессы приводят к возникновению инфильтрационно-термогидродинамической техногенной подсистемы. По воздействию «снизу» техногенные гидрогеологические системы разделяются на два типа: 1)

гидродинамические, связанные с водоотбором в зоне гипергенеза, и 2) гидродинамические, связанные с отбором жидкости в зоне катагенеза. Последние в зависимости от изменения характера пластового давления могут быть депрессионными (при снижении пластовых давлений) или репрессионными (при их повышении в результате заводнения залежей). В совокупности они образуют депрессионно-репрессионную термодинамическую зону катагенеза.

5.3. Миграция загрязняющих веществ в геологической среде и подземных водах

По особенностям загрязняющих веществ выделяют химическое (неорганическое, органическое), биологическое (микробное, водорослевое), радиоактивное и тепловое загрязнение. При проведении поисково-разведочного бурения в основном имеет место химическое загрязнение.

Техногенные изменения гидрогеологических систем при разведке и добыче нефти и газа происходят под воздействием как «сверху» с земной поверхности, так и «снизу» – из самого массива горных пород. При строительстве скважин основными источниками загрязнения «сверху» являются буровые и тампонажные растворы, буровые сточные воды, шлам выбуренных пород, продукты испытания скважин. Для приготовления буровых растворов используется большое количество химических реагентов, многие из которых относятся к особо вредным. Эти отработанные буровые растворы исключаются из технологического процесса бурения, накапливаются на территории площадки и подлежат утилизации или захоронению. Буровые сточные воды, использованные на производственные нужды, обычно содержат такие загрязнители, как нефтепродукты и минеральные соли. При испытании скважин на поверхность выносятся нефть и пластовая вода, обычно высокоминерализованная, которые являются сильно загрязняющими агентами. Отработанные буровые растворы, сточные буровые воды и шлам, а в некоторых случаях и продукты испытания скважины, поступают в шламовый амбар.

При недостаточной гидроизоляции дна и стенок, при разрушении обваловки амбаров или при их переполнении, происходит растекание жидкостей, загрязнение природных объектов, прежде всего поверхностных водоемов и водотоков, инфильтрация загрязнителей в верхние водоносные горизонты. Неликвидированные после окончания бурения амбары с оставшимся в них раствором также служат потенциальными загрязнителями водной среды. Основным механизмом проникновения загрязнителей в подземные водоносные горизонты является инфильтрация.

Воздействие объектов нефтяной и газовой промышленности на гидрогеологические системы «снизу» может быть связано со следующими технологическими процессами. При бурении часть промывочной жидкости поступает из ствола скважины в водоносные горизонты, загрязняя их. Иногда поглощение буровых растворов носит катастрофический характер. Особенно опасно поступление раствора в горизонты пресных вод, содержащихся обычно в верхней части геологического разреза, и поэтому подверженных наиболее длительному воздействию буровых растворов в процессе проводки скважин на значительную глубину.

При разработке нефтяных и газовых месторождений основные изменения происходят в самих нефтегазосодержащих пластах. Часть ранее нефтенасыщенного порового пространства замещается водой или газом, изменяется пластовое давление или температура флюида, преобразуется химический состав пластовой воды и нефти.

Наиболее сильное воздействие на подземные воды может быть оказано при проходке горизонтов пресных подземных вод. При возникновении внештатной ситуации возможно загрязнение подземных вод буровыми растворами, нефтепродуктами и рассолами. Достаточно вероятны, также, межпластовые затрубные перетоки. Загрязнение подземных вод может произойти в результате утечек высокоминерализованных рассолов при аварийной ситуации. Они фильтруются через зону аэрации и достигают горизонта грунтовых вод. За счет затрубных перетоков могут загрязняться также и нижележащие водоносные горизонты (Белюсова, 2001).

Опасность может представлять попадание загрязнителей в зону аэрации непосредственно над депрессионной воронкой гидроскважины. Это возможно в случае перетекания сточных вод из котлованов-отстойников вместе с хозяйственно-бытовыми сточными водами. Из грунтовых вод загрязнения могут проникать в более глубокие напорные и безнапорные водоносные горизонты. Этому способствует понижение напоров в глубокозалегающих водоносных пластах, наличие «литологических окон» в их кровле, дефектные скважины и другое (Малыгин, Кузьмина, 1977; Матусевич, Ковяткина, 1997).

Принципиально различный характер и различные пути воздействия на гидрогеологические системы объектов нефтяной и газовой промышленности «сверху» и «снизу» заставляют при типизации учитывать эти воздействия раздельно (Теоретические основы..., 1992).

Гидрогеологическая среда по общим условиям защищенности от воздействия «сверху» на севере Западной Сибири подразделяется на три субширотные региональные зоны размещения объектов нефтяной и газовой промышленности: 1) многолетнемерзлых пород (геокриозона); 2) пресных вод (гумидная зона); 3) солоноватых и соленых подземных вод (аридная зона). В этих зонах могут быть районы с различной защищенностью водоносных горизонтов верхней части разреза с конкретизацией геолого-гидрогеологических условий для каждого из них.

При типизации по условиям развития «снизу» главное внимание уделяется не собственно нефтеносным и газоносным пластам, а тому, как процессы бурения и эксплуатации этих пластов могут повлиять на изменения в верхних гидрогеологических системах. Таким образом, в основу типизации кладутся условия изоляции эксплуатируемых нефтегазоносных пластов от неглубоких водоносных горизонтов и поверхности. Также учитывается влияние избыточных и аномальных давлений подземных вод и нефтяных залежей. По условиям природной изоляции нефтегазоносных пластов от верхней части геологической среды выделяют две группы районов: с ослабленной и удовлетворительной естественной изоляцией.

Защищенность подземных вод «снизу» необходимо учитывать при захоронении загрязняющих веществ в пласты. Актуальна проблема охраны подземных вод при захоронении и сбросе сточных вод нефтяных и газовых промыслов (Карцев и др. 1992). Захоронению подлежат сточные воды, которые не могут быть использованы и для которых не могут быть применены какие-либо способы очистки или уничтожения. К этой категории в числе других относятся минерализованные сточные воды нефтяных и газовых промыслов. В выработанные нефтегазоносные пласты захороняются также жидкие стоки и других отраслей промышленности (нефтеперерабатывающей, химической и т. п.). Сброс сточных вод в поглощающие горизонты разрешается только после проведения специальных гидрогеологических и санитарных исследований, доказывающих малую вероятность влияния сбрасываемых вод на водоносные горизонты, используемые для водоснабжения и в лечебных целях. В поглощающих скважинах вышележащие горизонты должны быть надежно изолированы от загрязнения сточными водами. Закачка допускается только на глубины не менее 800 м.

При проектировании сброса сточных вод учитывается наличие в разрезе поглощающих горизонтов и зон (горизонтов-приемников), а также установление возможности (или невозможности) перетоков через разделы (экраны или водоупоры). После выбора горизонта для захоронения намечаются участки с наибольшей мощностью и приемистостью поглощающего горизонта, расположенные в благоприятных условиях. Участки можно выбирать по картам зон поглощения, отмеченным при бурении скважин.

5.4. Природная защищенность подземных вод

Методики оценки защищенности подземных вод. Защищенность подземных вод от загрязнения определяется перекрытостью водоносного горизонта отложениями, преимущественно слабопроницаемыми, препятствующими проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли в подземные воды. Обычно используется двухступенчатая схема оценки. Качественная оценка учитывает природные факторы

защищенности и проводится на региональном уровне. На детальном этапе с учетом природных и техногенных факторов дается количественная оценка защищенности (Биндеман, 1963; Гольдберг, Газда, 1984).

Оценку степени защищенности подземных вод можно дать на основе факторов защищенности, под которыми понимаются природные барьеры, затрудняющие попадание в резервуар подземных вод загрязняющих веществ. Е. И. Пиннекер (1983) выделяет семь показателей защищенности подземных вод: 1 – свойства зоны аэрации; 2 – характеристика первого от поверхности регионального водоупора; 3 – гидрогеодинамическая изолированность основного водоносного горизонта; 4 – особенности растительного покрова; 5 – состав подземных вод; 6 – фильтрационные свойства пород; 7 – локальные особенности интенсивной аэрации.

Задача по составлению карты естественной защищенности подземных вод сводится к выявлению и систематизации региональных факторов, защищающих как грунтовые, так и напорные воды, и локальных факторов, нарушающих защищенность подземных вод. Н. В. Роговская в зависимости от мощности водоупоров различает следующие категории защищенности: защищенные, условно защищенные и незащищенные (табл. 5.4.1).

В. М. Гольдберг указывает, что защищенность напорных вод может характеризоваться по двум показателям: мощности водоупора m_0 и соотношению уровня исследуемого напорного горизонта (H_2) и вышележащего горизонта (H_1).

Таблица 5.4.1

**Условные категории защищенности подземных вод
от вертикального проникновения химического загрязнения
(по Н. В. Роговской, 1976)**

Категория защищенности	Грунтовые воды			Напорные воды мощность глин первого от поверхности выдержанного водоупора
	мощность выдержанных водоупорных слоев зоны аэрации, м			
	глины	суглинки	чередование глин и суглинков	
Защищенные	>10	>10	>(5+50)*	> 10

Условно защищенные	3–10	30–100	<(5+50) или >(1,5+15)	3–10
Незащищенные	<3	<30	<(1,5+15)	>3

* Первая цифра – мощность глин, вторая – суглинков.

По совокупности этих двух показателей выделяется три категории защищенности: I – защищенные (напорные воды перекрыты выдержанным по площади и без нарушения сплошности водоупором при $m_0 > 10$ м и $H_2 > H_1$); II – условно-защищенные (напорные воды перекрыты выдержанным по площади водоупором и без нарушения при а) $5 \text{ м} < m_0 < 10 \text{ м}$; $H_2 > H_1$ и б) $m_0 > 10 \text{ м}$; $H_2 < H_1$; III – незащищенные при а) $m_0 < 5 \text{ м}$; $H_2 \leq H_1$ и б) водоупор, невыдержанный по площади, имеются нарушения сплошности и литологические окна, $H_2 < H_1$.

Защищенность подземных вод зоны свободного водообмена можно определить на основе четырех показателей: глубины залегания уровня грунтовых вод (мощность зоны аэрации); строения и литологии пород этой зоны; мощности слабопроницаемых отложений, залегающих над грунтовыми водами; фильтрационные свойства отложений вне зоны насыщения. Из всех перечисленных показателей наименьшее влияние на защищенность грунтовых вод оказывает глубина залегания уровня, наибольшее влияние – мощность и фильтрационные свойства слабопроницаемых пород подзоны аэрации. На производственном уровне перечень показателей иногда уменьшается до одного – мощности водоупорных пород в зоне аэрации.

При изучении вертикальной гидрогеодинамической зональности Ангаро-Ленского артезианского бассейна были установлены следующие величины вертикальных скоростей подземных вод. Для грунтовых вод эта величина составляет $> n - n \cdot 10^{-1}$ м/сут, для подземных вод интенсивного водообмена – $n \cdot 10^{-2}$ м/сут, замедленного водообмена $n \cdot 10^{-2} - n \cdot 10^{-4}$ м/сут, пассивного водообмена $n \cdot 10^{-4} - n \cdot 10^{-6}$ м/сут, где $n = 1^{-9}$ (Ковалевский, 1994).

Исследования на территории Ангаро-Ленского артезианского бассейна показали, что проницаемость покровных отложений (суглинок щебнистый) составляет 0,03–0,05 м/сут, а

для глин этот показатель составляет менее 0,001 м/сут (Писарский, 1994).

В. Н. Чубаров и др. (1995) отмечают, что для оценки и прогноза загрязнения подземных вод необходима разработка модели локально-регионального водообмена, включающей в себя зону аэрации и зону напорно-безнапорных вод. Зона аэрации наиболее подвержена антропогенной нагрузке при загрязнении подземных горизонтов. Разработка локальной модели требует решения двух основных задач: оценки инфильтрационного питания грунтовых вод атмосферными осадками через зону аэрации и расчета скорости и времени движения возможных загрязнителей через зону аэрации. Разработана методика определения защитных свойств зоны аэрации в связи с возможным радионуклидным загрязнением грунтовых вод Калужской, Тульской и Брянской области (Чубаров и др., 1995). Для оценки инфильтрационного питания используется термодинамический метод, позволяющий рассчитать среднемесячные, среднегодовые и среднемноголетние величины инфильтрационного питания для различных геолого-геоморфологических и ландшафтных условий. Защищенность подземных вод зоны аэрации оценивается с использованием уточненной гидродинамической модели, позволяющей проводить расчеты скоростей переноса загрязнителей для различных мощностей зоны аэрации, типов горных пород и структуры порового пространства. Работа состоит из нескольких этапов: 1) типизации и районирования территории по условиям инфильтрационного питания; 2) локально-региональной оценки и прогноза инфильтрационного питания; 3) оценки защитных свойств зоны аэрации на исследуемой территории. Работа завершается построением карт инфильтрационного питания (Q , мм/год) и максимального времени (t , число лет) прохождения загрязнителей через зону аэрации (мощность H , м). Данные, полученные для Брянской, Калининградской и Тульской областей (пески: $H = 1-5$ м, $Q = 310$, $t = 0,17-0,78$, лессовые супеси и суглинки: $H = 1-5$ м, $Q = 250$ м, $t = 0,37-1,87$), позволили построить серию результирующих карт.

Построение карт защищенности подземных вод от загрязнения радионуклидами рекомендуется проводить на уровнях мелкомасштабной и среднemasштабной оценки. Для этого необходимо иметь комплект карт, отражающих строение защитной зоны. Учитываются почвы и породы зоны аэрации, глубина залегания грунтовых вод, сведения о параметрах процесса фильтрации, инфильтрации, влагопереноса и др. (Белоусова, 2003).

В качестве примера рассматривается природная защищенность подземных вод в районе поисково-разведочной скв. № 4 на нефть и газ, расположенной в Усть-Удинском районе Иркутской области на восточном побережье Братского водохранилища (рис. 5.4.1).

При бурении глубоких скважин на нефть и газ особое внимание обращается на защищенность подземных объектов, которые либо используются, либо потенциально могут использоваться в народном хозяйстве, например, для хозяйственного и технического водоснабжения, в теплоэнергетических, бальнеологических и других целях (Требования..., 1987).

Критериями защищенности служат глубина залегания уровня грунтовых вод (мощность подзоны аэрации), строение и литология пород подзоны аэрации, мощность слабопроницаемых отложений (залегающих над грунтовыми водами), фильтрационные свойства перекрывающих отложений вне подзоны насыщения. Из всех перечисленных показателей наименьшее влияние на защищенность подземных вод оказывает глубина залегания уровня грунтовых вод, наибольшее – мощность и фильтрационные свойства слабопроницаемых пород подзоны аэрации. По этой причине на отраслевом уровне (для месторождений полезных ископаемых) перечень критериев уменьшается до одного – мощности водоупорных пород в подзоне аэрации (Временные методические..., 1992, Экологические аспекты..., 2001).

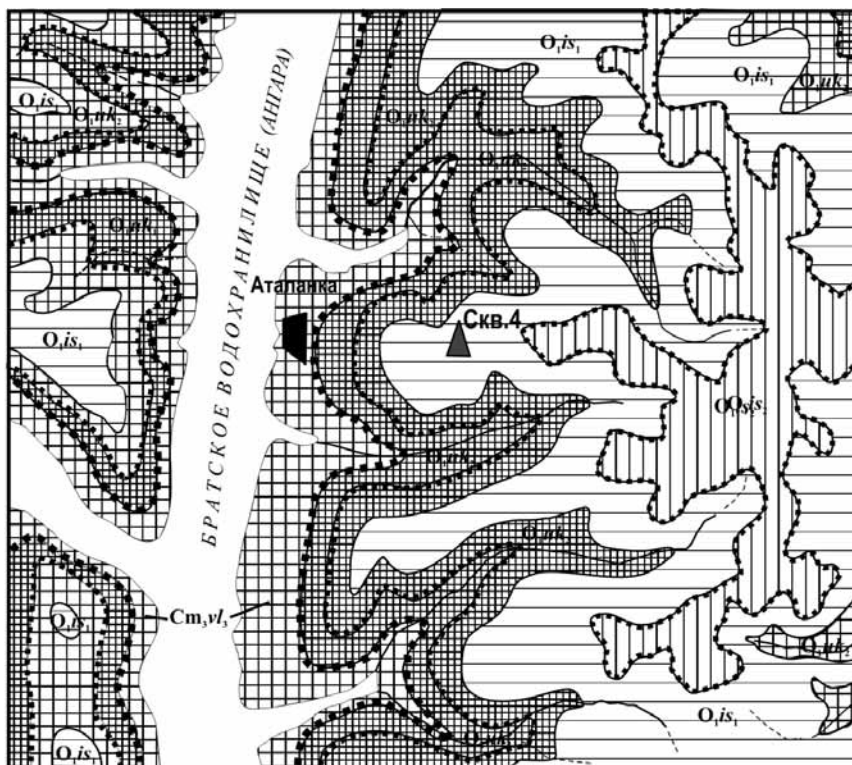


Рис. 5.4.1. Природная защищенность подземных вод района размещения поисково-разведочной скважины № 4

Степень защищенности пластово-трещинных вод: *V* - наиболее высокая (водоносного горизонта нижней подбиты ийской свиты O_1is_1); *IV* - высокая (водоносного горизонта средней подбиты ийской свиты O_1is_2); *III* - средняя (водоносного горизонта верхней подбиты верхоленской свиты Cm_3-vl_3 , и илгинской свиты Cm_3il); *II* - низкая (водоносного горизонта нижней и верхней подбиты усть-кутской свиты O_1uk_1 и O_1uk_2); *I* - незащищенные (зона разгрузки подземных вод на контакте свит: а - O_1is_2 и O_1is_1 , O_1uk_2 и O_1uk_1 ; б - O_1uk_1 и Cm_3il , Cm_3il и Cm_3vl_3).

В целом для данной территории защищенность подземных вод может рассматриваться для водоносных горизонтов пластово-трещинных вод, залегающих первыми от поверхности (табл. 5.4.2). Эти воды могут быть использованы для технического и бытового водоснабжения. Они вскрываются гидроскважинами.

Таблица 5.4.2

Природная защищенность подземных вод

Геологический индекс	Наименование водоносного горизонта	Максимальная мощность перекрывающих пород	Защищенность подземных вод*
O ₁ is ₂	Водоносный горизонт средней подсвиты ийской свиты	80	IV
O ₁ is ₁	Водоносные горизонты отсутствуют, защищенность рассматривается по отношению к верхней подсвите усть-кутской свиты	100	V
O ₁ uk ₂	Водоносный горизонт верхней подсвиты усть-кутской свиты	30	II
O ₁ uk ₁	Водоносный горизонт нижней подсвиты усть-кутской свиты	40	II
Cm ₃ il	Водоносный горизонт илгинской свиты	60	III
Cm ₃ v _{l3}	Второй водоносный горизонт верхней подсвиты верхоленской свиты	50	III
O ₁ is ₂ /O ₁ is ₁ O ₁ uk ₂ /O ₁ uk ₁ O ₁ uk ₁ / Cm ₃ il Cm ₃ /Cm ₃ v _{l3}	Зоны разгрузки подземных вод на контакте свит	0	I

*Защищенность подземных вод: I – незащищенные, II – низкая, III – средняя, IV – высокая, V – наиболее высокая

Для площадки анализ защищенности проведен в отношении подземных вод верхней подсвиты усть-кутской свиты. Перекрывающими являются породы верхней подсвиты усть-кутской свиты (мощность около 30 м), а также породы нижней подсвиты ийской свиты (мощность около 70 м). Отложения ийской свиты входят в зону аэрации, сдренированы и не содержат водоносных горизонтов. Породы перекрытия представлены, преимущественно, плотными песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Для площадки поисковой скважины № 4 защищенность указанного водоносного горизонта оценивается как наиболее высокая (V баллов).

5.5. Охрана и рациональное использование подземных вод месторождений нефти и газа

Под охраной подземных вод следует понимать научно обоснованный регламент поведения, т. е. комплекс запретительных и разрешительных мер, направленных на профилактику негативных изменений качественных и количественных характеристик подземных вод. Наиболее известным примером такого типа управления являются назначения зон и округов санитарной охраны водозаборов. Для проектирования таких зон имеются соответствующие нормативно-методические материалы в виде санитарных норм и правил, строительных норм, положений и т. п. (СанПиН, СНиП).

Защита подземных вод подразумевает комплекс инженерных воздействий на них и на другие компоненты экосистемы с целью ограничения в пространстве и времени негативного влияния инженерных сооружений и/или хозяйственной деятельности.

Применяемыми в настоящее время мерами защиты являются: искусственное пополнение запасов подземных вод как средство защиты от истощения; изоляция потенциального или функционирующего источника загрязнения от подземных вод с помощью экранов, завес, дренажей и других средств; локализация пятна загрязненных подземных вод с помощью отвлекающих водозаборов, создания противодиффузионных завес, барражей, стен в грунте и т. п.

Под еще мало распространенной реабилитацией подземных вод следует понимать возвращение им (чаще вместе с другими компонентами экосистемы) экологически приемлемых свойств и качеств.

Подземные воды – возобновляемое полезное ископаемое, чем они отличаются от других как твердых, так и жидких полезных ископаемых. Тем не менее, расходование этого ресурса в объемах, превышающих величину питания (т. е. естественного или искусственного восполнения), неизбежно приводит к истощению подземных резервуаров и связанной с породами воды. Истощение подземных вод вообще и их эксплуатационных запасов в частности, происходит главным образом при водоотборе, превышающем допустимое восполнение, изменении

условий питания при водохозяйственном и мелиоративном строительстве или нерациональном водоотборе (например, при наличии годами изливающихся геологоразведочных скважин, бесцельно расходующих подземные воды).

Основные направления охраны подземных вод от истощения формулируются следующим образом: 1) определение величины эксплуатационных ресурсов подземных вод территорий как предела их рациональной эксплуатации; 2) управление эксплуатационным режимом подземных вод с учетом комплексного использования всех водных ресурсов и контроля за их отбором и использованием; 3) искусственное пополнение запасов подземных вод на действующих водозаборах и создание их искусственных запасов; 4) комплексное использование подземных вод при осушении горных выработок, защите территорий от подтопления, проведении мелиоративных работ и других мероприятий; 5) усиление законодательного контроля за использованием подземных вод.

Предотвращение истощения подземных вод в соответствии с перечисленными направлениями включает:

1. Учет запасов подземных вод.
2. Управление эксплуатационным режимом подземных вод с учетом контроля за их отбором.

В России контроль охраны подземных вод (как и водных ресурсов вообще) возложен на Министерство природных ресурсов. В его ведении находятся государственные геологические предприятия (ГГП), которые совместно с подразделениями федеральной службы по гидрометеорологии, Госкомитетом по охране окружающей среды, органами санитарного надзора и другими контролирующими организациями местной власти обязаны следить за использованием и охраной подземных вод. Министерство природных ресурсов, согласно «Положению о ведении государственного мониторинга водных объектов» (1997), осуществляет в составе мониторинга геологической среды мониторинг подземных водных объектов, в том числе их состояния и изменения количественных показателей.

Одновременно региональные ГГП, наряду с государственной сетью, курируют и контролируют сеть наблюдений

ведомственных организаций, пользующихся подземными водами или оказывающих на них влияние.

3. Искусственное пополнение подземных вод занимает важное место в комплексе мероприятий по рациональному использованию и охране водных ресурсов. Этот метод воспроизводства дефицитных водных ресурсов, называемый в англоязычной литературе магазинированием, заключается в переводе под землю части поверхностных вод (паводковых, дождевых, сточных, речных и т. д.), направляемых на увеличение питания и эксплуатационных запасов водоносных горизонтов, а при необходимости – на создание новых резервуаров подземных вод. Таким способом формируются искусственные запасы подземных вод.

Комплекс мероприятий по охране подземных вод включает:

запрет на использование в практике бурения в качестве промывочной жидкости соленых вод, а для консервации скважин или ликвидации аварий – нефтепродуктов;

изоляция производственных отходов, горюче-смазочных материалов, сточных вод; своевременный тампонаж и консервацию скважин и горных выработок;

предотвращение смешивания подземных вод различных водоносных горизонтов, если это ухудшает качество подземных вод;

изоляцию всех водоносных горизонтов при бурении скважин от поверхностных вод, а также верховодки и грунтовых вод от артезианских.

Борьба с загрязнением подземных вод включает профилактические и специальные мероприятия. Профилактические меры являются основными, поскольку требуют наименьших затрат. Специальные мероприятия направлены в первую очередь на изоляцию источников загрязнения от остальной части водоносного горизонта (противофильтрационные стенки, завесы), перехват загрязненных подземных вод с помощью дренажа или откачки их из специальных скважин.

Локализационные мероприятия включают защиту подземных вод от загрязнения, когда участок водоносного пласта оказался уже загрязненным. Они ограничивают продвижение

загрязняющих веществ по водоносному пласту, связаны с устройством преграждающих и перехватывающих устройств, всякого рода противofильтрационных завес. В сложных гидрогеологических условиях расчеты противofильтрационных и перехватывающих систем выполняются методами аналогового моделирования и с помощью ЭВМ. К сожалению, осуществление этих мероприятий обходится весьма дорого.

Восстановительные мероприятия ликвидируют загрязнение водоносного горизонта и восстанавливают природное качество подземных вод. Они могут быть осуществлены извлечением из пласта через дренажные скважины всего объема загрязненной воды либо интенсивной промывкой пласта с помощью устройства дренажных траншей.

В большинстве случаев восстановительные мероприятия дорогостоящие. Особенно это касается ликвидации аварий нефтепроводов, когда разливающаяся на поверхности нефть загрязняет как верхние, так и нижележащие водоносные горизонты.

Важнейшей профилактической мерой предупреждения загрязнения подземных вод в районах водозаборов служит устройство вокруг них зон санитарной защиты.

Зоны санитарной защиты (ЗСЗ) состоят из трех поясов. Первый пояс включает территорию на расстоянии 30–50 м непосредственно от места водозабора (скважины). Это зона строгого режима, в ней запрещено присутствие посторонних лиц и проведение работ, не связанных с эксплуатацией водозабора. Второй пояс ЗСЗ служит для защиты водоносного горизонта от бактериальных загрязнений, а третий – от химических загрязнений. Здесь запрещается размещение любых объектов, которые могут вызвать то или иное загрязнение, например животноводческих комплексов. Не допускается рубка леса, использование ядохимикатов и др.

Минприроды России в 1998 году утвердило Методические указания по разработке нормативов предельно допустимых вредных воздействий (ПДВВ) на подземные водные объекты и предельно допустимых сбросов вредных веществ в подземные водные объекты. Нормативы ПДВВ представляют собой совокупность количественных и качественных показателей

(характеристик) процессов и сооружений, которые могут оказывать вредное воздействие на подземные воды. В случае соблюдения этих нормативов вредное воздействие не превышает допустимых пределов.

Нормативы ПДВВ определяются для каждого проектируемого, строящегося или действующего объекта хозяйственной деятельности применительно к конкретному подземному водному объекту, на который может оказывать воздействие указанная деятельность.

По А. Е. Орадовской, мероприятия для защиты водоносных горизонтов от загрязнения подразделяются на профилактические, локализационные и восстановительные (Основы гидрогеологии, 1983).

Профилактические мероприятия включают систематический контроль за уровнем загрязнения подземных вод; оценку масштабов и прогноз изменения загрязнения; обоснование размещения любого объекта возможного воздействия на окружающую (в том числе и геологическую) среду с целью минимизации загрязнения подземных вод; изучение защищенности подземных вод; выявление источников загрязнения подземной гидросферы путем создания сети наблюдательных скважин на крупных промышленных объектах и водозаборах подземных вод.

Мероприятия общих природоохранных и законодательных актов, должны включать:

1) осуществление технических и технологических мер, направленных на уменьшение промышленных отходов, многократное использование воды в технологическом цикле, утилизацию отходов, разработку эффективных методов очистки и обезвреживания вредных отходов, рекультивацию загрязненных почв;

2) предупреждение и максимально возможную ликвидацию утечек сточных вод в недра Земли и уменьшение промышленных выбросов в атмосферу и поверхностные воды;

3) строгое следование требованиям к санитарному регламенту разведки подземных вод, проектированию, строительству и эксплуатации водозаборных сооружений.

Осуществление перечисленных мероприятий – обязательное условие при охране подземных вод и вообще геологической среды от загрязнения. Весьма важен систематический контроль за состоянием водосборных сооружений, производственных цехов и других участков с целью предотвращения утечки промышленных стоков, а также мест сброса бытовых отходов и сельскохозяйственных загрязнений.

Достаточно сложная проблема удаления всякого рода отходов (промышленных, коммунально-бытовых, сельскохозяйственных и особенно радионуклидных), загрязняющих природную среду, требует специальных научно-технических разработок и значительных капиталовложений.

Литература

1. Белоусова А. П. Изучение химического состава подземных вод нефтяного месторождения под влиянием техногенеза / А. П. Белоусова // Водные ресурсы. 2001. – Т. 28. – № 1. – С. 21–26.
2. Белоусова А. П. Основные принципы и рекомендации по оценке и картированию защищенности подземных вод от загрязнения / А. П. Белоусова // Водные ресурсы. – 2003. – Т. 30. – № 6. – С. 667–677.
3. Белоусова А. П. Экологическая гидрогеология : учебник для вузов / А. П. Белоусова, И. К. Гавич, А. Б. Лисенков, Е. В. Попов. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2006. – 397 с.
4. Биндеман Н. Н. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод / Н. Н. Биндеман. – М. : Госгеотехиздат, 1963. – 203 с.
5. Временные методические указания по составлению раздела «Оценка воздействия на окружающую среду» в схемах размещения, ТЭО (ТЭР) и проектах разработки месторождений и строительства объектов нефтегазовой промышленности. – Уфа, 1992. – 178 с.
6. Гольдберг В. М. Гидрогеологические основы охраны подземных вод / В. М. Гольдберг, С. Газда. – М. : Недра, 1984. – 263 с.
7. Гольдберг В. М. Методические рекомендации по выявлению и оценке загрязнения подземных вод / В. М. Гольдберг, С. Г. Мелькановицкая, В. М. Лукьянчиков. – М. : Всеингео, 1990. – 76 с.
8. Горшков Г. П. Общая геология / Г. П. Горшков, А. Ф. Якушова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1962. – 565 с.
9. Карцев А. А. Нефтегазовая гидрогеология / А. А. Карцев, С. Б. Вагин, В. П. Шугрин. – М. : Недра, 1992. – 208 с.
10. Карцев А. А. Теоретические основы нефтегазовой гидрогеологии / А. А. Карцев, Ю. П. Гаттенберг, Л. М. Зорькин и др. – М. : Недра, 1992. – 208 с.
11. Ковалевский В. С. Влияние изменчивости гидрогеологических условий на окружающую среду / В. С. Ковалевский. – М. : Наука, 1994. – 138 с.

12. Малыгин В. А. Геология и гидрогеология / В. А. Малыгин, В. П. Кузьмина. – М. : Недра, 1977. – 240 с.
13. Матусевич В. М. Техногенные гидрогеологические системы нефтегазоносных районов Западной Сибири / В. М. Матусевич, Л. А. Ковяткина // Нефть и газ. – 1997. – № 1. – С. 41–46.
14. Орадовская А. Е. Санитарная охрана водозаборов подземных вод / А. Е. Орадовская, Н. Н. Лапшин. – М. : Недра, 1987. – 268 с.
15. Основы гидрогеологии. Использование и охрана подземных вод / Маринов Н. А., Орадовская А. Е., Пиннекер Е. В. и др. – Новосибирск : Наука, 1983. – 231 с.
16. Пиннекер Е. В. Основы гидрогеологии. Гидрогеодинамика / Е. В. Пиннекер. – Новосибирск : Наука, 1983. – 238 с.
17. Пиннекер Е. В. Основы гидрогеологии. Использование и охрана подземных вод / Е. В. Пиннекер. – Новосибирск : Наука, 1983. – 229 с.
18. Пиннекер Е. В. Экологические проблемы гидрогеологии / Е. В. Пиннекер. – Новосибирск : Наука, 1999. – 128 с.
19. Писарский Б. И. Техногенные гидрогеологические системы / Б. И. Писарский // Материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России. – Иркутск, 1994. – С. 10.
20. Роговская Н. В. Карта естественной защищенности подземных вод от загрязнения / Н. В. Роговская // Природа. – 1976. – № 3. – С. 21–25.
21. Теоретические основы нефтегазовой гидрогеологии / А. А. Карцев, Ю. П. Гаттенбергер, Л. М. Зорькин и др.; под ред. А. А. Карцева. – М. : Недра, 1992. – 208 с.
22. Требования к гидрогеологическому изучению глубоких горизонтов при разведке месторождений нефти и газа. – М. : ВСЕГИНГЕО, 1987. – 19 с.
23. Трофимов В. Т., Зилинг Д. Г. Экологическая геология : учебник для вузов / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М. : Геоинформмарк, 2002. – 415 с.
24. Хубларян М. Г. Моделирование растекания углеводородного загрязнителя по поверхности грунтовых вод / М. Г. Хубларян, А. П. Фролов, И. О. Юшманов // Водные ресурсы. – 2000. – Т. 27. – № 2. – С. 152–158.
25. Чубаров В. Н. Локально-региональная оценка инфильтрационного питания и защитных свойств зоны аэрации в связи с возможным радионуклидным загрязнением грунтовых вод Калужской, Тульской и Брянской областей / В. Н. Чубаров, С. Г. Ларичева, Н. П. Романенко // Геоэкологические исследования и охрана недр : науч.-техн. информация. АОЗТ «Геоинформ». – М., 1995. – Вып 3. – С. 38–42.
26. Шенькман Б. М. Защищенность подземных вод зоны свободного водообмена / Б. М. Шенькман // Экологические аспекты освоения Ковыктинского газоконденсатного месторождения. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2001. – С. 47–50.

27. Экологические аспекты освоения Ковыктинского газоконденсатного месторождения /А. Д. Абалаков, Э. С. Зиганшин, Ю. О. Медведев и др. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии РАН, 2001 – 194 с.

Глава 6. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ

6.1. Принципы экологической геохимии

Установление закономерностей изменения химического состава окружающей среды в целом и ее компонентов в частности в условиях техногенного воздействия представляет собой важнейшую задачу естествознания, решением которой занимается и экологическая геохимия.

Уже к началу XX века многими исследователями был осознан тот факт, что хозяйственная деятельность человека нарушает естественные циклы вещества и энергии, изменяет химический состав земной коры и направленность геохимических процессов. В числе первых ученых, осознавших глобальность процессов взаимодействия человеческой деятельности и природной среды и последствия этого взаимодействия, был В. И. Вернадский (1981), считавший, что «...лик планеты – биосфера – химически резко меняется человеком сознательно и, главным образом, бессознательно...». Понимание значения живого вещества, которое играет основную роль, определяет все основные химические закономерности в биосфере, позволило ему обосновать положение о биогеохимических функциях живого вещества, среди которых он дополнительно, в качестве новой геологической силы, выделил биогеохимическую функцию человечества, а в качестве нового для биосферы вида геохимической миграции – биогенную миграцию атомов 3-го рода, идущую под влиянием человека и доминирующую в настоящее время.

Видение преобразования природы деятельностью человека, являющегося в своей основе геохимическим процессом как закономерного глобального явления, позволило сформулировать проблему изменения химического состава биосферы (Рябухин, 2001).

Новая отрасль знания, призванная изучать влияние живого вещества на геохимические процессы, была названа В. И. Вернадским биогеохимией. Выделенные В. И. Вернадским три важнейших направления геохимического изучения природы

(рис. 6.1.1) в ходе дальнейшего развития к настоящему времени оформились в самостоятельные научные дисциплины, тесно взаимосвязанные и взаимодействующие между собой, определенное положение среди которых занимает экологическая геохимия.

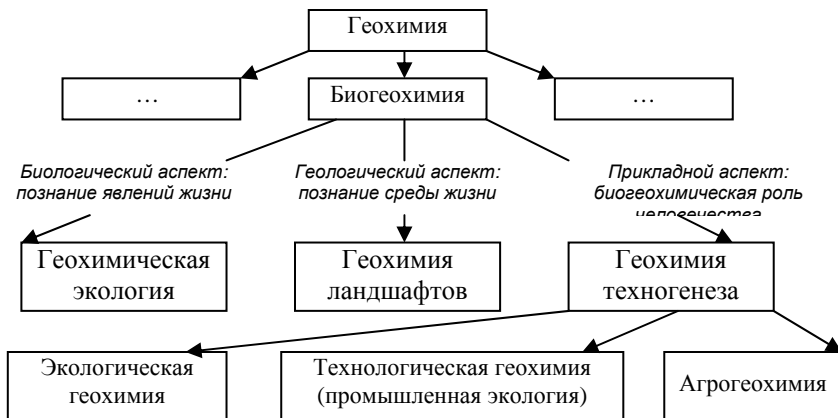


Рис. 6.1.1. Положение экологической геохимии в системе наук геохимического цикла (Рябухин, 2001)

Необходимо отметить, что сочетания научных дисциплин, явившихся результатом дальнейшего развития выделенных В. И. Вернадским трех направлений геохимического изучения биосферы, различаются у разных авторов. Так, Е. П. Янин (1999) считает, что ими соответственно являются: *геохимическая экология* (Ковальский, 1974), *геохимия ландшафтов* (Перельман, 1975) и *экологическая геохимия*. Они изучают с различных позиций химический состав ландшафтов, процессы миграции химических элементов в различных средах, живые организмы и их реакции на воздействие *природных* геохимических факторов и другие вопросы геохимии окружающей природной среды.

6.2. Содержание, объект и предмет экологической геохимии

В настоящее время известны попытки отдельных исследователей, дать определение экологической геохимии как новой научной дисциплины.

Так, А. Н. Сутурин (1990) считает, что экогеохимия занимается «статистическим геохимическим мониторингом окружающей среды, выявлением изменений геохимического фона биосферы и его влияния на природную среду, и в частности, на человека».

В. В. Гавриленко (1999) полагает, что экологическая геохимия должна восприниматься как направление соответствующей науки, исследующее химические элементы в их взаимоотношении с живым веществом Земли; «поведение химических элементов в условиях взаимодействия живого и неживого вещества, факторы их миграции и накопления, а также закономерности формирования природных и техногенных геохимических аномалий». Таким образом, проявление биогеохимической функции человечества автор в данном случае не считает необходимым условием.

В. Т. Трофимов с соавторами придерживается мнения, что экологическая геохимия представляет собой научное направление, фокусирующее знания «на сохранении экосистем в условиях интенсивного техногенного загрязнения литосферы» (Теория..., 1997). «Научный раздел экологической геологии, исследующий морфологические, ретроспективные и прогнозные задачи, связанные с изучением влияния геохимических полей (неоднородностей земной коры) природного и техногенного происхождения на биоту» (Экологические..., 2000).

Согласно В. В. Иванову и др. (2001), экогеохимия (в широком смысле) должна рассматриваться как «комплексная область знаний о поведении химических элементов, их природных и техногенных сочетаний в геоэкологических системах Земли любого масштаба и типа, влияющих на биосферу и человека..., должна иметь две стороны, как привычную, негативную, токсикологическую, так и двойственную, негативно-позитивную физиологическую и микробиологическую». При этом подчеркивается, что «первая преимущественно развивается экогеохимией; вторая – геохимической экологией».

Наиболее строгое и обоснованное определение новому направлению было дано Е. П. Яниным (1999), который полагает, что экологическая геохимия (экогеохимия) представляет собой научную дисциплину, изучающую поведение (поступление, рассеяние, миграцию, концентрирование, трансформацию, биопоглощение) химических элементов в окружающей среде (биосфере) в связи с деятельностью (в самом широком смысле) человека (вследствие проявления биогеохимической функции человечества).

Основной объект изучения экогеохимии – химические элементы, специфика поведения которых определяется деятельностью человека или миграция которых осуществляется в среде, преобразованной деятельностью человека (Рябухин, 2001).

Предметом познания экологической геохимии являются геохимические процессы и взаимодействия в окружающей среде, обусловленные сложным сочетанием природных, природно-техногенных и техногенных факторов, а также эколого-геохимические последствия таких процессов и взаимодействий (Янин, 1999).

Экогеохимия имеет главной целью установление закономерностей изменения химического состава биосферы и ее частей в связи с проявлением биогеохимической функции человечества. Основными задачами исследования являются так называемые «чисто научные», определяющие фундаментальную сторону эколого-геохимических исследований, направленных на установление законов поведения химических элементов в условиях техногенеза; а также задачи, связанные в большей мере с прикладными исследованиями, направленными на оценку состояния (качества) окружающей среды, выявление масштабов и последствий геохимического преобразования биосферы в связи с деятельностью человека, на использование полученных знаний в практических целях (на разработку рекомендаций и мероприятий по предотвращению, снижению и ликвидации негативных последствий человеческой деятельности).

Экологическая геохимия – составная и неотъемлемая часть общей химии. Используемая ею система понятий, терминов, положений органически связывает ее на единой научно-методической основе с научными и прикладными дисциплинами геологического, географического, биологического и

гигиенического профиля. Это закономерно, поскольку развитию любой научной дисциплины, как и науки в целом, свойственны кумулятивный характер и преемственность.

Эколого-геохимические исследования в значительной мере базируются на существующих (достоверно установленных) корреляционных связях между источниками загрязнения, миграцией элементов в транспортирующих средах (водные и воздушные потоки) и их временным концентрированием в депонирующих средах (почвы, растительный и снеговой покровы, донные отложения) (Буренков, Янин, 2001). Важным итогом эколого-геохимических исследований является установление закономерных связей между распределением химических элементов и их соединений в окружающей среде и показателями здоровья населения (особенно изменением иммунного статуса организмов (Сагт, Ревич, 1990), т. е. (в более широком смысле) выявление последствий геохимического преобразования на биоту. Поэтому специфичность применяемой в экологической геохимии терминологии определяется, главным образом, заложенным в ней медико-биологическим (санитарно-гигиеническим) смыслом.

Под техногенным (антропогенным) загрязнением (химическим загрязнением) следует понимать изменение химических свойств окружающей среды, проявляющееся в увеличении содержания химических элементов (соединений), не связанное с естественными процессами.

Материальными носителями загрязнения являются загрязняющие вещества – химические элементы и их соединения, которые в свою очередь связаны с наличием источников загрязнения. Данный термин имеет не очень определенную формулировку. Так, под источником загрязнения может подразумеваться как вид человеческой деятельности (радиотехническое, металлургическое производство, сельское хозяйство и др.), так и конкретные объекты деятельности (завод, свалка, автомобильный транспорт и др.), а также материальные носители загрязняющих веществ (средства химизации, отходы производства) (Сагт, Ревич, 1990). Отходы производства в свою очередь классифицируются на: 1) промышленные, коммунально-

бытовые и сельскохозяйственные; 2) твердые отходы, стоки и выбросы, при этом стоки и выбросы могут быть организованными (осуществляемыми через те или иные технические устройства) и неорганизованными, стихийными.

Интенсивность геохимического воздействия техногенных источников загрязнения, которые по масштабам и способу воздействия подразделяются на локальные (точечные), площадные и линейные, определяется массой химических элементов (веществ), поступающей на ту или иную территорию (техногенная нагрузка на окружающую среду), т. е. зависит от степени концентрации загрязняющих веществ в материальных носителях и от общего объема последних. Медико-биологический аспект при оценке степени опасности загрязнения в данном случае проявляется в акцентировании внимания на прямых и отдаленных экологических последствиях. Так, с этих позиций наиболее опасны в настоящее время выбросы в атмосферу (прямое экологическое воздействие), в то время как твердые отходы характеризуются в основном отдаленным воздействием (Сает, Ревич, 1990).

Сравнительная оценка наблюдаемых уровней содержания химических элементов (соединений) в различных компонентах окружающей среды может осуществляться путем сравнения их с нормативными параметрами – гигиеническими и экологическими нормативами и стандартами: предельно-допустимые (ПДК) и ориентировочно-допустимые (ОДК) концентрации. Однако данные нормативы разработаны в настоящее время не для всех сред (отсутствуют для растительности, не используемой в сельском хозяйстве), не для всех загрязнителей, не всегда адекватны истинной опасности последних и имеют тенденцию периодически изменяться.

Поэтому в экологической геохимии в качестве специфических нормативных величин используются фоновые уровни химических элементов (соединений). Под геохимическим фоном (фоновым содержанием, «природным фоном», «природным, естественным содержанием») в экологической геохимии понимается средняя концентрация его в природных телах (компонентах) по данным изучения естественного распределения (с учетом вариаций) в пределах однородного в

ландшафтно-геохимическом отношении участка, не затронутого техногенезом (на практике – это, как правило, участки, расположенные вне зоны прямого техногенного влияния) (Сает, Ревич, 1998; Янин, 1999).

Воздействие источников загрязнения приводит к формированию в окружающей среде техногенных геохимических аномалий, т. е. участков территорий, в пределах которых хотя бы в одном из слагающих их природных тел (компонентов) статистические параметры распределения химических элементов и их соединений достоверно отличаются от вариаций геохимического фона (фоновое содержание). Необходимо отметить, что существует также более узкое понятие зоны загрязнения; под ней обычно подразумевается часть техногенной геохимической аномалии, в пределах которой загрязняющие вещества достигают концентрации, оказывающей неблагоприятное влияние на живые организмы (Сает, Ревич, 1990).

Техногенные геохимические аномалии могут характеризоваться как моноэлементным, так и полиэлементным составом, поэтому наряду с изучением распределения отдельных химических элементов, при эколого-геохимических исследованиях проводится анализ геохимических ассоциаций – групп элементов, характеризующих специфические особенности зон воздействия различных источников и обнаруживаемых в компоненте среды в количествах, отличных от неких нормативных величин (фона) (Янин, 1999).

При изучении важнейшей характеристики техногенных геохимических аномалий – степени концентрирования – широкое распространение приобрел такой параметр, как коэффициент концентрации химического элемента K_c , рассчитываемый по отношению реального (аномального) содержания загрязнителя в природном объекте к его фоновому уровню в аналогичном объекте.

Для характеристики полиэлементных аномалий используют суммарные показатели, в т. ч. широко известный суммарный показатель загрязнения Z_c , введенный в практику эколого-геохимических исследований Ю. Е. Саетом.

Суммарный показатель загрязнения

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1),$$

где K_c – коэффициент концентрации i -го элемента, а n – число учитываемых аномальных элементов.

Данный показатель является одним из немногих утвержденных санитарно-гигиенических нормативов, вполне применим при мелко- и среднемасштабном картировании (Буренков и др. 2001). Однако он имеет несколько существенных недостатков – не учитывает различий в потенциальной опасности элементов, а также, что наиболее важно, синергизм действующих параметров

По значениям величины Z_c проводится оценка территории с выявлением уровня загрязнения компонентов окружающей среды – низкого, среднего, высокого и очень высокого. Подобное выделение основано на соотнесении величины Z_c с изменением показателей здоровья населения, т. е. является неслучайным и обоснованным (Саэт, Ревич, 1990).

Для техногенного загрязнения характерна резкая пространственно-временная неоднородность, что обуславливает два аспекта эколого-геохимических исследований: пространственный и временной. Этим в свою очередь определяется комплекс используемых методов и методических приемов. Основными методами исследования в экологической геохимии, таким образом, являются эколого-геохимическая съемка и геохимический мониторинг компонентов окружающей среды, находящихся под воздействием источников загрязнения. Кроме того, особую группу составляют методы, в основу которых положены разработки биогеохимии, геогигиены, эпидемиологии, аналитической химии, связанные с исследованиями конкретных компонентов среды, механизмов миграции, форм нахождения химических элементов, оценкой биогеохимических и гигиенических последствий загрязнения и др. (Янин, 1999).

6.3. Геохимические экологические функции литосферы

Под геохимической экологической функцией литосферы понимается функция, отражающая свойство геохимических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты в целом и человеческое сообщество в частности.

Объектом исследований при таком подходе является вещественный, химический состав компонентов литосферы (горные породы, минералы, донные осадки, почвы, подземные воды, нефть, газы) и формируемые ими поля природного, природно-техногенного или техногенного происхождения. В качестве *предмета* исследований рассматривается система знаний о геохимических полях различного генезиса и их воздействие на живые организмы, а в общем виде – знания о геохимической экологической функции и геохимических свойствах литосферы.

Основной отличительной особенностью геохимической экологической функции литосферы является ее медико-санитарная ориентированность. В силу этого в сферу ее изучения попадают преимущественно те геохимические неоднородности, которые представляют потенциальную опасность или, наоборот, обеспечивают наибольшую комфортабельность состояния и жизнедеятельности биоты, в том числе и человека как биологического вида. Функциональными территориальными (точнее объемными) единицами эколого-геохимических исследований являются геохимические зоны, геохимические провинции и геохимические аномалии, которые могут быть объединены под общим названием «геохимические неоднородности литосферы». Такая их иерархия позволяет проводить исследование и описание геохимических свойств литосферы на планетарном (зоны), региональном (провинции) и локальном (аномалии) уровнях. Сказанное в полной мере относится и к биогеохимическим зонам, провинциям и аномалиям, которые приходится изучать при исследовании геохимической экологической функции литосферы.

Геохимические неоднородности литосферы могут быть обусловлены как повышенным, так и пониженным содержанием элементов по сравнению с фоновым. В зависимости от депонирующей среды выделяются следующие геохимические

неоднородности: *литохимические*, обусловленные составом горных пород, почв, донных осадков, техногенных грунтов; *гидрохимические* – подземных вод; *атмохимические* – газовым составом почв, горных пород, подземных вод; *сноухимические* – снегового покрова; *биохимические* – биоты.

По генезису среди геохимических неоднородностей литосферы следует выделять: природные (естественно-исторические), сформировавшиеся в ходе геологической жизни планеты; природно-техногенные (новообразованные), формирование которых произошло в эпоху техногенеза вследствие использования высокоотходных технологий при низком уровне внедрения средозащитных мероприятий.

Если рассматривать их во временном аспекте, то к наиболее стабильным можно отнести природные литогеохимические аномалии, провинции и зоны. Прочие типы геохимических неоднородностей имеют значительные вариации состава во времени, зависящие от комплекса физико-химических, биогеохимических, геодинамических, техногенных условий.

Включение в геохимическую функцию литосферы биогеохимической составляющей объясняется тем, что биогеохимические функциональные единицы обусловлены геохимическими свойствами литосферы, но носителями элементов являются растения. Поэтому с рассматриваемых нами позиций, включение биогеохимических неоднородностей в структуру эколого-геохимических исследований представляется не только оправданным, но и необходимым.

Отмеченные особенности дифференциации элементов в различных генетических типах геохимических неоднородностей следует учитывать для правильной выработки экологической политики в регионах. Так, литогеохимические аномалии техногенного генезиса в отличие от природных имеют приповерхностный характер распределения элементов по профилю и могут быть в значительной степени нивелированы за счет использования различных методов очистки геологической среды от загрязнения.

Подчеркнем, что при эколого-геохимических исследованиях чрезвычайно важным являются выявление и вычленение путей воздействия химических элементов литосферы на биоту и

человека, в первую очередь на состояние его здоровья. Выделяются три основных пути такого воздействия (Трофимов, Зилинг, 2000):

- воздушный – через попадание токсикантов в виде газа или аэрозолей в организм человека;
- водный – через подземные воды, употребляемые для питьевого водоснабжения;
- пищевой – через трофическую цепь от загрязненных растений к животным и человеку.

Чаще всего они проявляются совместно или в парных комбинациях, усугубляя негативное воздействие на население, проживающее в зоне воздействия геохимических факторов. При этом следует учитывать, что принятие радикальных природоохранных мер не может основываться только на интегральной оценке загрязнения местности через медико-статистические показатели (заболеваемость, смертность населения и т. д.), а потребует установления среды и источников загрязнения и путей попадания токсикантов в организм человека.

6.4. Геохимическая оценка состояния окружающей среды

Геохимия ландшафта – пограничная отрасль науки, связывающая физическую географию и геохимию, причем связь эта имеет обоюдный характер: не только анализ геохимических процессов важен для познания ландшафта, но и познание самих геохимических процессов требует «привязки» к ландшафту, всестороннего изучения ландшафта.

Геохимическая оценка проводится с позиции покомпонентного изучения окружающей среды.

Непосредственными факторами миграции химических элементов в географической оболочке являются ее компоненты, действующие всегда совместно и в совокупности определяющие состав активных мигрантов, скорость, направление и другие особенности геохимических процессов.

Климат определяет поступление энергии и влаги в ландшафт. Солнечная радиация, трансформируемая организмами, является важнейшим источником энергии геохимических

процессов. Температурные условия влияют на скорость химических реакций.

Почти все процессы миграции происходят в водных растворах. Без влаги невозможно химическое выветривание. Характер геохимических процессов в большой степени зависит от форм нахождения природных вод в ландшафте, их физико-химических свойств и движения, которые, в свою очередь, определяются климатом, органическим миром, рельефом и другими компонентами ландшафта.

Горные породы служат главным источником элементов, которые могут быть вовлечены в миграцию. Важны при этом не столько общие запасы того или иного химического элемента, сколько формы его нахождения в горных породах и те свойства пород, от которых зависит подвижность данного химического элемента. Даже очень подвижные элементы, такие как натрий, если содержатся в породах, трудно поддающихся выветриванию, практически будут обладать низкой миграционной способностью. Наличие в породах легко растворимых солей, напротив, резко повышает миграционную способность соответствующего химического элемента. Условия залегания горных пород косвенно – через воздействие на скорость и направление движения поверхностных и подземных вод – также оказывают влияние на интенсивность миграции. Недостаток или избыток подвижных, доступных для организмов форм многих химических элементов служит причиной так называемых биогеохимических аномалий, выражающихся в различных нарушениях функций живых организмов, в задержке их нормального развития.

Особенно важную роль в качестве геохимического фактора играют организмы – «живое вещество», по В. И. Вернадскому (1981). Эта роль заключается, во-первых, в том, что именно организмы, связывая солнечную энергию в процессе фотосинтеза, преобразуют ее в потенциальную и кинетическую энергию геохимических процессов; во-вторых, организмы вовлекают почти все химические элементы в биогенный круговорот, перераспределяют, сортируют и концентрируют их, тем самым изменяя состав и строение всех трех геосфер географической оболочки.

Характер и интенсивность геохимических процессов непосредственно зависит от массы живого вещества, его ежегодной продуктивности, от экологических и биологических особенностей организмов, их способности к избирательному поглощению определенных химических элементов и других свойств. Но все эти свойства органического мира изменяются по ландшафтам. Каждому ландшафту отвечает определенный набор биоценозов, а последнему соответствует свой особый тип миграции химических элементов. Например, в лесных ландшафтах, где производится наибольшая масса живого вещества, воды богаты органическим веществом, круговорот отличается высокой интенсивностью, в него вовлекается наибольшее число химических элементов. В пустынных ландшафтах, с их низкой биологической продуктивностью, биогенный круговорот ослаблен, в нем участвуют сравнительно немногие элементы.

Геохимическое значение рельефа состоит в том, что рельеф направляет движение вод и, следовательно, интенсивность выноса химических элементов из ландшафта (главным образом во взвешенном состоянии) и их перераспределение внутри ландшафта. Наличие в ландшафте элювиальных, надводных и подводных местоположений (и соответствующих фаций) обусловлено рельефом. От рельефа зависит интенсивность дренажа, а тем самым – и окислительно-восстановительные условия. Низменный плоский рельеф способствует застою влаги, что при избыточно влажном климате приводит к недостатку свободного кислорода в водах и создает восстановительную среду. При расчлененном рельефе сток происходит быстро, воды богаты свободным кислородом, в них преобладают окислительные процессы.

Таким образом, особенности миграции химических элементов в разных частях географической оболочки определяются совокупностью всех компонентов ландшафта, то есть ландшафтом в целом. Геохимическая дифференциация ландшафтов подчинена общим зональным и аazonальным географическим закономерностям.

Оценка геохимического состояния окружающей среды может быть качественной и количественной (Алексеев, 1990; 2000).

Качественная геохимическая оценка

Начинать исследование оценки состояния окружающей среды следует с ее качественного анализа. Основой качественной оценки является ландшафтно-геохимическое картирование.

Карты геохимических ландшафтов объективно и комплексно отражают состояние окружающей среды на период их составления. Комплексность такой оценки гарантируется методикой работ, при проведении которых учитываются как особенности «техногенной нагрузки», так и биологические (ботанические), почвенные, геоморфологические, атмосферные и геологические особенности отдельных блоков биосферы. Объективность оценки также заложена в методику исследований, т. е. на каждом классификационном уровне качественно отмечаются все изменения, способные вызываться антропогенной деятельностью.

Необходимо отметить, что в основе составления карт геохимических ландшафтов учтены сложные закономерности связи между отдельными биокосными системами, составляющими ландшафт и определяющими особенности миграции элементов (их соединений). Учтены также особенности постепенного развития антропогенных изменений в различных частях (ярусах) геохимических ландшафтов, определяемые законом развития антропогенных изменений в ландшафте. Рассмотрим теперь последовательность качественной оценки состояния окружающей среды, проводимой на ландшафтно-геохимической основе:

1. Составив карту геохимических ландшафтов, следует переходить к определению тенденции развития конкретных изменений в изучаемом регионе. Эти тенденции можно устанавливать при определении результатов протекания какого-либо одного конкретного процесса. Установление тенденции в развитии определенных качественных изменений дает возможность обоснованно планировать проведение последующих эколого-геохимических работ. В рассматриваемом случае нужно детально изучать особенности орошения пойменных земель.

2. Следующим этапом исследований является непосредственная качественная оценка состояния окружающей среды, либо последствий каких-либо техногенных или природных процессов. Для этого на картах геохимических ландшафтов необходимо выделить геохимические ландшафты, необычные для данных природных условий. Их называют аномальными. Иногда пространственно или генетически связанные между собой аномальные ландшафты объединяются в отдельные аномальные зоны. Выделение таких ландшафтов и зон можно считать важнейшей задачей качественной оценки территорий по результатам первых исследований.

Опыт работ, проводимых на ландшафтно-геохимической основе, показал, что по результатам качественной оценки можно давать предварительную экономическую оценку планируемой деятельности, например, вырубке лесов и созданию на их месте сельскохозяйственных ландшафтов. Можно на основе карты геохимических ландшафтов планировать освоение новых территорий, обоснованно проводить расселение беженцев и переселенцев и т. д.

3. После проведения повторной оценки эколого-геохимического состояния территории (что является фактически началом мониторинговых исследований) полученные данные можно сравнивать с результатами первых исследований, т. е. переходить к качественной оценке последствий природных и антропогенных процессов, происходивших в промежутке времени между двумя эколого-геохимическими исследованиями. Так, в подавляющем большинстве случаев можно оценить последствия продолжительного (от начала действия до времени последней оценки состояния среды) воздействия на окружающую среду отдельных предприятий или же каких-либо процессов, начавших свое воздействие в рассматриваемый промежуток времени.

Качественно можно определить и последствия суммарного воздействия всех природных и антропогенных факторов, действовавших между двумя рассматриваемыми исследованиями. Для этого по данным сравнения карт геохимических ландшафтов определяется появление в регионе в указанный период новых геохимических ландшафтов, а также изменение границ между ранее существовавшими ландшафтами (последнее характеризует

развитие одних ландшафтов за счет других.) В рассматриваемом случае качественная характеристика не позволяет конкретно оценить роль каждого из факторов в произошедшем изменении состояния окружающей среды, хотя может быть определено значение ведущих факторов.

Количественная геохимическая оценка

Часто качественной оценки состояния окружающей среды и ее изменений за определенные промежутки времени бывает недостаточно и требуется количественная оценка. При этом необходимо учитывать сложную картину переплетения различных видов миграции элементов. Как уже указывалось, для биосферы характерно теснейшее переплетение процессов физико-химической и собственно механической миграции костного материала с биогенной миграцией, являющейся результатом геохимической работы живых организмов. Однако в настоящее время биосфера ускоренно переходит в ноосферу – по определению

В. И. Вернадского, новое геологическое явление на нашей планете. Следовательно, оценить состояние окружающей среды в осваиваемых и уже освоенных районах можно только в результате проведения комплексных исследований.

Для этих исследований также требуется определенная последовательность. Начинаться они должны (как и при качественной оценке) с мелкомасштабных (1:2 000 000–1:200 000) работ, дающих общую количественную характеристику больших территорий. Важным условием количественной оценки состояния окружающей среды является необходимость рассмотрения перемещения элементов на современном атомно-ионном уровне с учетом форм их нахождения, а также сложного, изменчивого взаимоотношения между элементами в различных участках биосферы.

Для количественной оценки состояния окружающей нас природной среды и, в особенности, для принятия определенных мер, в том числе административных, по недопущению ее загрязнения конкретными поллютантами или ее улучшению, необходимо знать контрольные значения содержания загрязняющих веществ в различных частях геохимических ландшафтов. Это сделало необходимым установление для

различных ее частей контрольных значений, получивших название предельно допустимых концентраций (ПДК).

Предельно допустимые концентрации веществ, загрязняющих биосферу, вводились как нормирующие показатели во многих странах. Единые ПДК были введены в свое время и для такой громадной территории, как СССР, а затем и России. Кроме ПДК были введены и другие (тоже нормирующие) показатели, например, предельно допустимый выброс (ПДВ) загрязняющих веществ отдельным источником за единицу времени. Превышение ПДВ теоретически должно приводить к последующему превышению ПДК в среде, окружающей рассматриваемый источник загрязнения. Кроме того, при установлении ПДВ не учитывается все многообразие возможных сочетаний совместного расположения источников загрязнения.

С точки зрения экологической геохимии, да и экологии вообще, ПДК могут использоваться в практической деятельности лишь как предварительные *показатели-ориентир*. Отметим только важнейшие из них.

- Предельно допустимые концентрации в их настоящем виде рассматриваются как нормы содержания различных веществ в среде, окружающей человека, при которых он может считать безопасным свое существование в тех участках биосферы, для которых эти ПДК определены. При этом под существованием подразумевается проживание или только нахождение во время работы в районах, для которых эти ПДК определены. Подразумевается также использование продуктов и воды, для которых установлены ПДК. Сказанное позволяет рассматривать ПДК только как один и часто не самый важный показатель быстрого воздействия на человеческий организм некоторых (и далеко не самых опасных) загрязнителей окружающей среды.

- Совершенно не ясны и практически не учтены в ПДК последствия совместного воздействия на человека разных химических элементов (а тем более их токсичных соединений), находящихся в самых различных концентрациях. Таким образом, для геохимически подобных друг другу элементов чрезвычайно важным становится относительное (по сравнению со средним) содержание каждого из них, так как одна и та же концентрация одного из этих элементов в одном случае является токсичной, а в

другом – совершенно безвредной. С позиции совместного токсичного воздействия нескольких химических элементов разработка ПДК для больших территорий, включающих отдельные районы (и даже целые геохимические провинции) с повышенными или пониженными местными фоновыми содержаниями, представляется невозможной

- Токсичность химических элементов (их соединений) зависит не только от концентрации, но и от формы, а часто и от вида их нахождения в биосфере. Так, в почвах большинство химических элементов находится в минеральной форме. При этом чем труднее минерал растворим, тем менее доступны для организмов составляющие его химические элементы, а следовательно, меньше их токсичное воздействие даже при высоких концентрациях.

- Природное распределение химических элементов в различных типах горных пород отличается крайней неравномерностью (а как уже указывалось, любой химический элемент, попадающий в организм, при определенной концентрации и форме нахождения может стать токсичным).

- Особо следует учесть, что для всех живых организмов, включая человека, нет химических элементов «полезных» и «вредных». Для нормального развития организма необходимы все элементы, но только при их определенных концентрациях и формах нахождения в различных частях биосферы. При этом одни элементы нужны в больших концентрациях, другие – в меньших.

Оценивая как токсичность химических элементов при определенных высоких концентрациях, так и последствия их недостаточно высокой концентрации, следует помнить о влиянии на организмы величин абсолютного разброса химических элементов, установившегося на континентах после образования осадочных пород и почв. Таким образом, при определении нормирующих показателей для химических элементов должны учитываться две цифры – максимальная и минимальная их концентрация. Они должны ограничивать величины содержаний, определяющих условия наиболее оптимального развития организмов.

- В последние десятилетия все большую роль в биосфере начинают играть техногенные соединения, не имеющие

природных аналогов. Токсичность и время ее проявления для многих из них еще не известны. Классическим примером стало изучение фреона и продуктов его разложения, влияющих на мощность озонового слоя, а в конечном итоге – на выживание организмов. Для большинства техногенных соединений ПДК нет и в ближайшее время их невозможно определить.

- ПДК учитывают токсичность элементов или их определенных соединений по отношению к человеку. При этом не берется во внимание их воздействие на другие организмы, в том числе и микро, а также то, что биосфера – это особая биокосная система, в которой тесно связаны и взаимообусловлены живые организмы и косное (минеральное) вещество.

Выступая за ограничение использования в практической деятельности экологов ПДК, следует предложить вместо них новые, более приемлемые показатели допустимых концентраций в конкретных природных условиях.

Такими нормирующими показателями для отдельных крупных регионов могут и должны служить местные фоновые содержания химических элементов в почвах, поверхностных и подземных водах, основных видах дикорастущих растений в конкретных геохимических ландшафтах. Определять местные фоновые содержания следует в геохимических ландшафтах, аналогичных изучаемым, но практически не подвергшихся техногенному воздействию. Это должно исключить влияние техногенеза на изменение величины природных фоновых концентраций. Определяя предполагаемый нормирующий показатель, можно объединять отдельные геохимические ландшафты в группы.

6.5. Этапы эколого-геохимических исследований

Все эколого-геохимические исследования необходимо проводить на ландшафтно-геохимической основе. При этом будут выполнены как общие требования к оценке эколого-геохимических последствий различных процессов и явлений, так и специфические. Рассмотрим методику проведения таких исследований.

Эколого-геохимические исследования, проводимые на ландшафтно-геохимической основе для решения задач, связанных с охраной окружающей среды, можно разделить на четыре основные стадии:

- 1) региональные работы (масштаб 1:2 000 000–1:200 000);
- 2) среднемасштабные работы (1:100 000—1:50 000);
- 3) крупномасштабные работы (1:25 000—1:10 000);
- 4) режимные наблюдения.

При ландшафтно-геохимических исследованиях целесообразен постепенный переход от одной стадии к другой, начиная с региональных работ. В определенных случаях возможны исключения, позволяющие без особого ущерба не проводить работы предшествующей мелкомасштабной стадии. Работы, связанные с выполнением задания на каждой стадии, разделяются на этапы, отвечающие последовательности проведения полевых и камеральных работ.

Проведение региональных, средне- и крупномасштабных работ включает следующие основные этапы:

- 1) проектирование;
- 2) составление схематических ландшафтно-геохимических карт камеральным путем по уже имеющимся данным;
- 3) полевые эколого-геохимические исследования
- 4) составление кондиционных ландшафтно-геохимических карт;
- 5) геохимическое опробование и проведение анализов;
- 6) обработка результатов анализов и выявление отдельных аномалий и аномальных участков;
- 7) написание и защита отчета.

В работах на стадии режимных наблюдений выделяются только пять этапов. В них отсутствует второй этап (составление

схематических ландшафтно-геохимических карт камеральным путем), так как к началу их проведения обязательно должны быть составлены крупномасштабные карты.

Основной целью исследований стадии **региональных работ** (масштаб 1:2 000 000–1:200 000) является общая комплексная региональная оценка состояния окружающей среды территории, выделяемых по административному делению. Исследования на стадии региональных работ должны быть первыми эколого-геохимическими исследованиями при оценке состояния окружающей среды.

При качественной оценке состояния окружающей среды проведение региональных исследований должно дать объективную и разностороннюю характеристику региона. Последняя позволит оценить на основе составленной карты геохимических ландшафтов общее развитие техногенных процессов и их основное влияние на изучаемую часть биосферы.

При количественной оценке состояния окружающей среды на стадии региональных работ должны определяться (в соответствии с проектом) фоновые содержания всех рассматриваемых элементов (их соединений) в каждом выделенном геохимическом ландшафте. Кроме того, на отдельных картах должны быть выделены, с учетом ландшафтно-геохимических условий, основные региональные аномалии отдельных элементов (их соединений), а также аномальные участки. Устанавливается вероятная природа выявленных аномалий и основные источники загрязняющих веществ, образующих эти аномалии.

В пределах крупных выявленных аномалий производится подсчет содержания загрязняющих веществ, находящихся в определенных формах. На этой же стадии исследований должны выделяться и отрицательные аномалии, т. е. участки с резко пониженным содержанием определяемых элементов (их соединений). В пределах отрицательных аномалий целесообразен подсчет количества выщелоченных, по сравнению с фоном для данного ландшафта, соединений.

Основной целью эколого-геохимических исследований на стадии **среднемасштабных работ** является получение оценки состояния окружающей среды (качественной или количественной)

отдельных территорий, расположенных вблизи крупных городов или территориально-промышленных комплексов.

Исследования, отвечающие данной стадии, должны проводиться и на аномальных участках, выявленных на стадии региональных работ. При этом площадь проектируемых исследований должна обязательно выходить за пределы всех установленных на участке аномалий.

Среднемасштабные эколого-геохимические исследования целесообразно проводить только после окончания региональных работ предшествующей стадии. В виде исключений на этой стадии могут начинаться эколого-геохимические работы по оценке состояния окружающей среды в новых ранее неосвоенных районах, на площадях, расположенных в районе проектируемых крупных промышленных центров.

Основной задачей эколого-геохимических исследований, относимых к стадии **крупномасштабных работ** (1:25 000–1:10 000), является детальная оценка состояния (степени загрязнения) окружающей среды в пределах ранее выявленных аномальных участков и отдельных аномалий.

Крупномасштабные исследования, относимые к третьей стадии, могут проводиться и за пределами аномалий с целью выбора и оценки состояния фоновых площадей. Последнее необходимо для создания своеобразных биосферных эталонов и последующего проведения режимных наблюдений (четвертая стадия). Крупномасштабные исследования в этом случае проводятся для получения комплексной оценки состояния окружающей среды на участках без следов техногенного воздействия на нее, которые выбираются по результатам исследований предыдущих стадий.

Крупномасштабные исследования должны проводиться после окончания эколого-геохимических работ, относимых к среднемасштабным. В виде исключения они могут осуществляться на аномалиях, выявленных при региональных исследованиях, а также использоваться для оценки состояния селитебных и промышленных ландшафтов. По результатам работ крупномасштабных исследований должны быть установлены источники загрязнения, вызвавшие возникновение изучаемых аномалий, разработаны рекомендации для предотвращения

дальнейшего загрязнения участка и ликвидации последствий происшедшего загрязнения.

Режимные наблюдения могут проводиться как в пределах ранее выявленных аномалий (аномальных участков), так и на эталонных участках без видимых техногенных изменений и с фоновыми содержаниями элементов (их соединений) в различных составных частях геохимических ландшафтов.

Целью режимных наблюдений на ранее выявленных аномалиях (аномальных участках) является определение закономерностей изменения аномалий (их контрастности) в пространстве в зависимости от времени года (дня), интенсивности работы загрязняющих предприятий, проведения мероприятий по охране окружающей среды, количества выпадающих осадков и их характера и др.

Основной целью режимных наблюдений в пределах фоновых площадей является установление тех изменений (геохимических и ландшафтно-геохимических), которые происходят на выбранном эталонном участке в зависимости от времени года (месяца, дня): интенсивности и характера выпадающих атмосферных осадков, промышленного и гражданского строительства, ввода в действие определенных предприятий или их новых цехов и др.

Крупномасштабные эколого-геохимические исследования позволяют определить четкие границы между отдельными ландшафтами и выделить на исследуемой территории небольшие элементарные ландшафты. Режимные наблюдения за их изменениями должны стать основой наиболее оперативной качественной оценки изменений в окружающей среде изучаемого участка.

Особой разновидностью режимных наблюдений являются выборочные повторные работы, осуществляемые через определенный срок (год, три года, пять лет) на территориях, ранее подвергнутых ландшафтно-геохимическому изучению. Эти наблюдения могут проводиться в масштабах, соответствующих трем первым стадиям, рассматриваться как мониторинговые исследования.

Основное условие правильности их выполнения – проведение повторных работ не только на ранее выявленных аномалиях (аномальных участках), но и на фоновых территориях. Выбор участков для повторных исследований и периодичность их проведения определяются конкретными ландшафтно-геохимическими и социальными условиями изучаемого района.

6.6. Виды эколого-геохимических работ

Работы следует начинать с установления тенденции развития конкретных процессов и их качественной оценки, а затем перейти к количественной оценке. После количественной оценки общего состояния окружающей среды можно приступить к эколого-геохимическим исследованиям.

Отбор проб производится на всех стадиях эколого-геохимических исследований при качественной и количественной оценках состояния окружающей среды. Их количество, опробуемые объекты и сеть отбора предусматриваются проектом.

Пробы необходимо отбирать в центральных частях выделяемых геохимических ландшафтов и в зонах их смены (часто такие зоны представляют собой геохимические барьеры).

Дополнительное опробование между плановыми точками отбора проб должно осуществляться в случаях смены ландшафтно-геохимических обстановок (появление различных геохимических барьеров), выявления ландшафтов, не выделенных на карте, составленной камеральным путем, наличия зон с предполагаемым загрязнением.

Контрольное опробование целесообразно проводить в объеме 3–5 % общего количества проб. В первую очередь исследуются выявленные комплексные геохимические аномалии, геохимические барьеры и участки, на которых одним из методов выявлены аномалии, не подтверждающиеся другими методами. Кроме того, обязательному контрольному опробованию должны быть подвергнуты участки с фоновыми содержаниями определяемых элементов.

По данным первичного (рядового) и контрольного опробований подсчитывают погрешность работ и проверяют качество опробования.

Литохимическое опробование

Отбор литохимических проб проводится при эколого-геохимических исследованиях на суше (из почвенных горизонтов) и в пределах аквальных ландшафтов (из илов).

При качественной оценке состояния окружающей среды литохимические пробы отбираются для проведения анализов,

позволяющих установить щелочно-кислотные условия и класс водной миграции элементов. Отбираемые пробы должны равномерно характеризовать выделяемые ландшафты и объективно отражать распределение в них типоморфных элементов.

При количественной оценке состояния окружающей среды литохимические пробы отбираются для установления закономерностей распределения элементов (их соединений) в выделяемых ландшафтах. Обычно в литохимических пробах в первую очередь определяют содержание тяжелых металлов, токсичных соединений и ожидаемых приоритетных загрязняющих веществ.

При исследовании почв пробы отбираются из верхнего гумусового горизонта с помощью геологического молотка или легкой двусторонней мотыги. В случае исследования шурфов отдельные пробы отбираются из каждого почвенного горизонта, а также из почвоподстилающих пород.

Если проектом предусмотрен отбор литохимических проб из скважин, то отбору проб должна предшествовать тщательная документация керна. Из каждого почвенного горизонта отбираются керновые (или пунктирные) пробы. При необходимости перебуриваются значительные мощности почвоподстилающих коренных пород и рыхлых образований и отбираются также керновые или пунктирные пробы. Каждая разность коренных пород (рыхлых образований) должна характеризоваться отдельной пробой. При большой мощности слоя разных пород делается несколько проб на глубине до 1 м.

Биогеохимическое опробование

Биогеохимическому опробованию целесообразно подвергать наиболее распространенные в районе растения. На каждой точке опробуются все произрастающие (из числа выбранных) растения. Каждое растение составляет отдельную пробу. Отбор проб на аграрных ландшафтах следует проводить только по достижении опробуемыми культурами товарной зрелости. Проводить биогеохимическое опробование целесообразно в течение времени, соответствующего определенной фенологической фазе развития растений. Если такой возможности нет, то площадь работ делится на участки, опробование которых займет время,

соответствующее определенным фенофазам развития растений. Введение поправок на вегетационные колебания содержаний элементов нецелесообразно, так как представляет собой трудоемкую и малоточную работу.

Биогеохимические пробы могут быть простыми (берется одно растение или одна, заранее определенная его часть) и составными. В последнем случае для пробы отбирается также только один вид растения или его определенная часть, но с площади до 60 м². Отбор составных проб целесообразен при эколого-геохимических исследованиях первых двух стадий.

Проводить контрольное опробование необходимо в ту же фенологическую фазу развития растения, в которую проводилось основное опробование. Если это невозможно (ко времени выделения аномалий стадия развития растения изменилась), контрольному опробованию подвергаются растения на аномальном и фоновом участках. Расчеты фоновых и аномальных значений в этом случае проводятся на фоновом участке. Опробование при изменившейся стадии развития растения должно составлять незначительную часть контрольного опробования.

Гидрохимическое опробование

Отбор водных проб при изучении аквальных ландшафтов проводится из рек, каналов, водохранилищ и других естественных и искусственных водоемов. Пробы отбираются с поверхности, а также из придонного и центрального слоев воды специальными пробоотборниками.

Густота сети опробования меняется в зависимости от целевого задания, гидрогеологических и геоморфологических условий района работ и обязательно оговаривается в проекте для каждого конкретного района. Объем пробы зависит от определяемых компонентов и метода установления их концентрации. В отдельных случаях возможен отбор для отправления в лабораторию только концентратов или концентратов и проб воды на общий анализ.

При отборе гидрохимических проб из источников проводятся следующие операции:

- устанавливается положение источника по отношению к орографическим и гидрографическим элементам;

- изучается характер водовмещающих пород;
 - определяется тип источника и описывается характер выхода воды;
 - измеряется дебит источника;
 - определяются физические свойства воды;
 - отбираются для спектрального анализа и описываются образцы отложений источника;
 - при наличии каптажа осуществляется его описание и определяется возможность загрязнения им вод.
- При опробовании поверхностных вод проводят:
- описание водоема (потока) и гидрогеологических условий участка;
 - измерение расхода воды;
 - определение физических свойств воды.

Контрольное гидрохимическое опробование (особенно поверхностных вод) должно проводиться в то же время, что и рядовой (первый) отбор проб.

6.7. Химическое воздействие, геохимическая мера качества окружающей среды нефтегазовых территорий. Обеспечение экологической безопасности

Организация геологоразведочных работ в таежных ландшафтах территории Ковыктинского газоконденсатного месторождения, включая прокладку геофизических профилей и других линейных сооружений, обустройство вахтовых поселков, буровых и вертолетных площадок сопряжена с вырубкой лесной растительности, механическим нарушением напочвенного покрова и верхнего органо-минерального слоя почв. На участках, лишенных растительного покрова, зимой усиливается криогенез, термоэрозия почв, а летом их прогревание. При этом дополнительное количество мерзлотно-талой влаги способствует гидроморфизации почв. Скрытый под мохово-подстилочным слоем и растянутый во времени внутрипочвенный сток на безлесных поверхностях переходит в поверхностный сток, провоцирующий развитие надмерзлотных водоносных таликов, сезонных наледных процессов. Водная эрозия вдоль линейных

сооружений за короткое время разрушает их грунтовую основу, глубокие промоины затрудняют прохождение техники.

В переносимом и переотлагаемом водно-эрозионными потоками твердом веществе (наилках) содержание преобладающего числа химических элементов вследствие их вымывания существенно ниже, чем в почвах (табл. 6.7.1). Исключение представляет марганец, количество которого в наилках (около 2 г/кг) в два раза выше такового в почвах. Вероятно, поверхностные воды обогащаются марганцем за счет разлагающихся растительных остатков – лесной подстилки. Аналогично положение и с другим биогенным элементом – фосфором. Таким образом, водно-эрозионные процессы, кроме нарушения физического состояния почв, ухудшает также их минеральный режим, снижают и к тому низкий ресурс плодородия (Экологические ..., 2001).

Таблица 6.7.1

Показатели динамики веществ в верхнем слое почв бассейна рек Тюкахты и Сулакини на территории Ковыктинского газоконденсатного месторождения

Показатели	Естественные почвы (n = 65) *	Нарушенные почвы (n = 16)	Водно-эрозионные наилки (n = 6)
Гумус, %	1,3–23,1	1,2–5,0 (3,2)	0,4–2,4 (1,8)
pH вод.	(8,4)**	4,7–8,7 (6,5)	4,8–7,1 (6,2)
pH сол.	3,8–7,2 (5,5)	3,0–7,1 (5,1)	3,2–5,7 (4,6)
Обменные основания,	2,5–6,3 (3,7)	8–99 (29)	9–24 (16)
мг-экв	1–80		
Железо	5–54 (33)	28–58 (40)	19–36 (27)
Кальций	2–34 (8)	3–43 (11)	2–5 (4)
Титан	2,1–9,0 (5,2)	3,5–8,4 (5,2)	1,8–3,8 (2,9)
Марганец	0,2–3,4 (0,9)	0,3–1,3 (0,7)	0,5–3,4 (1,7)
Барий	0,2–0,8 (0,4)	0,3–0,6 (0,5)	0,3–0,5 (0,4)
Хром	45–255 (140)	101–202 (130)	76–124 (99)
Медь	11–123 (35)	25–46 (30)	19–26 (22)
Никель	18–96 (45)	35–80 (58)	26–46 (37)
Кобальт	2–26 (10)	8–25 (13)	11–27 (19)
Ванадий	38–168 (102)	84–193 (129)	46–109 (76)
Свинец	6–34 (12)	8–40 (16)	12–23 (16)

Примечание. *Количество проб (n). Содержание железа и бария дано в г/кг, хрома и свинца – мг/кг; **в скобках – среднее значение.

Высокая степень потенциально-эрозионной опасности почв района Ковыктинского ГКМ обусловлена их маломощностью, каменистостью, склоновым рельефом. Эрозия почв усиливается в результате ветровалов. Нарушение почвенно-растительного покрова активизирует смыв мелкозема и почвы оказываются в очень неустойчивом состоянии. Такое явление наблюдается в нижней части склона от буровой площадки № 15 (куст 102) к долине руч. Сулакини.

Здесь на одной из пластовых ступеней (высота около 800 м) с выгоревшим древостоем, обилием ветровального валежа и сухостоя под задернованным осоково-кипреевым покровом в 6–8 см залегают обломки серовато-ржавого песчаника с серовато-желтовато-бурым среднесуглинистым заполнителем. Он имеет кислую реакцию среды (рН вод. 5,1, рН сол. 3,3), содержание гумуса всего 1,4 %, обменных оснований 11 мг-экв/100 г. Глубже 20 см каменистость усиливается, сочится вода, установившаяся в разрезе на уровне 35 см.

Буровые площадки обычно закладываются на водораздельных поверхностях с минимальным уклоном. Вырубка на них древостоя, с которым связана одна из расходных частей водного баланса, незамедлительно ведет к заболачиванию плоских поверхностей. Наличие водоупора, кислая среда и низкая трофность почвы способствуют ее заболачиванию по верховому типу. Учитывая необратимость агрессивного олиготрофно-болотного процесса, очевидна тенденция заболачивания плакорных водораздельных поверхностей с нарушенной лесной растительностью.

Оценивая последствия механических воздействий на почвы, следует отметить их критическое водно-физическое состояние и высокую степень изменчивости окислительно-восстановительного режима при снижении стабилизирующей функции растительного покрова. Его ландшафтно-геохимическая роль весьма значительна в биологическом круговороте вещества – главном функциональном механизме геосистем. С уничтожением

их растительного компонента резко изменяется динамика вещества и его баланс в ландшафте.

Нарушение верхней органогенной части почв, где сосредоточена микробиологическая деятельность и биохимическая трансформация вещества, ведет к резкому снижению потенциала самоочищения ландшафта.

Продукты жизнедеятельности растительности оказывают на почвы подкисляющее действие. Это особенно важно в данном районе, где почвообразующие породы имеют преимущественно щелочную среду, а почвам в целом свойственны контрастные кислотно-щелочные условия. При эволюционно сложившемся взаимодействии биотического и литогенного факторов почвообразования в каждом местоположении создается своя кислотно-щелочная обстановка и соответственно свои условия миграции и аккумуляции химических элементов в почвах, то есть те или иные их самоочищающие возможности.

Реакция среды верхнего слоя ненарушенных почв в бассейне рек Тюкахты и Сулакини варьирует от сильнокислой до близкой к нейтральной, имея среднюю величину рН вод около 5, рН сол. около 4. Это оптимальная реакция среды среднетаежных экосистем. Поверхностный слой нарушенных почв, главным образом буровых площадок, имеет рН на 1–2 единицы выше.

Анализ нарушенных почв, главным образом грунта буровых площадок, показал повышенное содержание в них не только кальция, но и железа, кобальта, никеля, ванадия. Заметно накопление свинца, концентрация которого в корке техногенного грунта (18 мг/кг) превышает таковую во всей его толще (8–12 мг/кг). Дело в том, что свинец мигрирует в бикарбонатной форме в слабокислой среде, а в нейтральной и щелочной окислительной среде, тем более с испарительной концентрацией, что характерно для рассматриваемого случая, он теряет свою подвижность и активно накапливается (Глазовская, 1988; Перельман, 1989).

В нарушенных почвах несколько снижается количество активных биогенных мигрантов – марганца и меди.

В ходе разведки и освоения подземных недр весьма очевидно поступление в биологически активную ландшафтную сферу ряда элементов в повышенных для нее концентрациях. В их локализации, или наоборот миграции, влияющей на

экологическую ситуацию, кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия среды играют решающую роль. Изменение реакции среды от кислой к нейтральной и слабощелочной по М. А. Глазовской (1988) ведет к снижению мобильности не только свинца, но и кадмия, цинка, меди, кобальта, молибдена. При этом в окислительных условиях накапливаются также никель и ртуть, а мышьяк и селен выносятся. В восстановительных условиях, наоборот, накапливаются мышьяк и селен, а никель и ртуть выносятся.

С разведкой и разработкой нефтегазовых месторождений, использованием горюче-смазочных материалов в обслуживающей буровые работы техники, связано загрязнение почв углеводородными соединениями. Часть их локализуется в котлованах-отстойниках, часть поступает на сопредельную с ними поверхность буровых площадок. При их рекультивации загрязненные нефтепродуктами участки засыпаются песчано-грунтовой массой. В процессе его биохимического окисления образуются ароматические алифатические эфиры, кетоны, альдегиды, кислоты (Шилова и др., 1986).

Длительный холодный период в регионе лимитирует эти процессы. Установлено, что в северных условиях восстановление растительного покрова после загрязнения нефтью составляет 10–15 лет, а все виды мха и лишайника практически полностью погибают при контакте с нефтью (Телегин и др., 1988). Поэтому рассчитывать на естественный процесс трансформации в ландшафте углеводородного сырья неэффективно. Его следует вывозить с обработанных буровых площадок на изолированные полигоны отходов и там обезвреживать.

Наблюдаемые явления деградации почвенного покрова в результате геологоразведочных работ служат основанием для предъявления к их нормированию более жестких требований (Нечаева, 1998; 1999).

Экологический риск рассматривается как вероятность дестабилизации геохимического ландшафта под влиянием техногенного воздействия. Степень риска, с одной стороны, зависит от состояния и устойчивости ландшафта, вида и

интенсивности воздействия на него, а с другой – от уровня знаний по данным вопросам.

К зоне *сильного экологического риска* на территории Ковыктинского газоконденсатного месторождения отнесены супераквальные ландшафты днищ речных долин, где существует опасность загрязнения водотоков, а также трансэлювиальные ландшафты структурных уступов и склонов речных долин, преимущественно крутых (более 15°). Уступы представляют линейные геохимические барьеры (окислительные, часто карбонатные) на пути миграции вещества, поэтому имеют важное природоохранное значение. Склоны долин – открытые и полуоткрытые катены, так как они часто сопряжены с водотоками.

Зона *среднего экологического риска* включает трансэлювиальные, элювиально-трансэлювиальные и трансэлювиально-аккумулятивные ландшафты. Это преимущественно пологие (до 6°) и средней крутизны ($7-15^\circ$) горные склоны, достаточно удаленные от речных долин и не имеющие с водотоками непосредственной связи. Это квазизакрытые катены. При интенсивном техногенном воздействии, например сбросе на буровых площадках больших объемов жидких загрязняющих веществ на дневную поверхность, не исключена вероятность прорыва катены и ее смыкания с трансаквальными системами. В то же время эти ландшафты имеют достаточно высокий потенциал самоочищения, поскольку в них хорошо развит почвенно-растительный покров, формирующий площадной сорбционный барьер.

Зона *пониженного экологического риска* соответствует элювиальным ландшафтам уплощенных вершинных поверхностей плато и трансэлювиальным структурных склонов останцов. Они удалены от речных долин, катены здесь закрытые. Несмотря на невысокий потенциал самоочищения ландшафтов (бедные почвы, преобладание кислого и глеевого классов), на них допустимо размещение промышленных объектов, поскольку потенциальные загрязнители легко локализуются. Скорость радиальной миграции в таких ландшафтах также невысокая. Высокое гипсометрическое положение и слоистое строение пластов обеспечивают защиту подземных вод главного

водоносного горизонта, который располагается в геологических разрезах нижних частей склонов долин.

Три степени устойчивости элементарных ландшафтов и емкости их геохимических барьеров определены на количественной основе. При этом учитываются показатели биологической интенсивности кругооборота (БИК), кислотно-щелочного и окислительно-восстановительного состояния почв, их плодородия (количество гумуса, обменных оснований, мобильных фосфора и калия). Каждый объект по отдельным признакам получает баллы, сумма которых позволяет установить интегральную характеристику элементарных ландшафтов – экологический риск (ЭР). На исследованной территории его относительные величины (сумма частных баллов) изменяются от 10 до 30. Ландшафты с показателями 10–15 имеют наименьшую устойчивость (1 балл) и наиболее высокий ЭР (I), с суммарным показателем 20–25 – среднюю устойчивость (2 балла) и средний ЭР (III), при более 30 – высокую устойчивость (3 балла) и очень низкий ЭР (V). Изложенные методические подходы и опыт составления детальной почвенно-геохимической карты территории Ковыктинского ГКМ будут полезными при разработке проектов охраны окружающей природной среды.

Литература

1. Алексеенко В. А. Геохимия ландшафта и окружающая среда / В. А. Алексеенко. – М. : Недра, 1990. – 142 с.
2. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия : учебник / В. А. Алексеенко. – М. : Логос, 2000. – 627 с.
3. Буренков Э. К. Экология крупных городов: проблемы и решения / Э. К. Буренков, Л. Н. Гинзбург, Т. Д. Зангиева // Прикладная геохимия. Вып. 2. Экологическая геохимия : сб. статей / гл. ред. Э. К. Буренков. – М., ИМГРЭ, 2001. – С. 339–353.
4. Буренков Э. К. Проблемы ноосферы и эколого-геохимические исследования / Э. К. Буренков, Ю. Е. Саэт // Советская геология. – 1988. – № 4. – С. 24–32.
5. Буренков Э. К. Эколого-геохимические исследования в ИМГРЭ – прошлое, настоящее, будущее / Э. К. Буренков, Е. П. Янин // Прикладная геохимия. Вып. 2. Экологическая геохимия : сб. статей / гл. ред. Э. К. Буренков. – М. : ИМГРЭ, 2001. – С. 5–24.
6. Вернадский В. И. Научная мысль как планетарное явление / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1981. – 271 с.

7. Гавриленко В. В. Экологическая минералогия и экологическая геохимия как направления в исследовании биосферы Земли / В. В. Гавриленко // Экологическая геология и рациональное недропользование : сб. статей / под ред. В. В. Куриленко, В. Т. Трофимова. – СПб. : Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1999. – С. 77–93.
8. Глазковская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов / М. А. Глазковская. – М. : Высш. школа. – 1988. – 328 с.
9. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов : в 6 кн. : Кн. 1. / В. В. Иванов. – М. : Недра, 1994. – 304 с.
10. Иванов В. В. Научные основы и направления экологической геохимии в XXI веке / В. В. Иванов, М. В. Кочетков, В. И. Морозов и др. // Прикладная геохимия. Вып. 2. Экологическая геохимия / гл. ред. Э. К. Буренков : сб. статей. – М., ИМГРЭ, 2001. – С. 25–50.
11. Ковальский В. В. Геохимическая экология / В. В. Ковальский. – М. : Наука, 1974. – 299 с.
12. Нечаева Е. Г. Деградация почв на буровых площадках / Е. Г. Нечаева // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения : Тезисы и доклады Всерос. конф. – М., 1998. – С. 173–174.
13. Нечаева Е. Г. Нарушение природного состояния мерзлотно-таежных ландшафтов под воздействием геолого-разведочных работ / Е. Г. Нечаева // Современное природопользование и техногенные процессы, Modern nature use and anthropogenic processes. – Irkutsk – Sosnowiec. – 1999. – С. 140–145.
14. Перельман А. И. Геохимия ландшафтов / А. И. Перельман. – М. : Высш. школа, 1975. – 342 с.
15. Перельман А. И. Геохимия / А. И. Перельман. – М. : Высш. школа. – 1989. – 527 с.
16. Рябухин А. Г. Экологическая геохимия: из прошлого – в будущее; от практики – к теории / А. Г. Рябухин. – М. : МГУ, 2001. – 23 с.
17. Сает Ю. Е. Эколого-геохимические подходы к разработке критериев нормативной оценки состояния городской среды / Ю. Е. Сает, Б. А. Ревич // Изв. АН СССР. Серия географ. – 1988. – № 4. – С. 37–46.
18. Сает Ю. Е. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Сает, Б. А. Ревич, Е. П. Янин. – М. : Недра, 1990. – 335 с.
19. Сутурин А. Н. Геохимические черты антропогенных процессов / А. Н. Сутурин // Геохимия техногенных процессов. – М. : Наука, 1990. – С. 60–74.
20. Таусон Л. В. Современные проблемы геохимии техногенеза / Л. В. Таусон // Геохимия техногенных процессов. – М. : Наука, 1990. – С. 3–12.
21. Телегин Л. Г. Охрана окружающей среды при сооружении и эксплуатации газонефтепроводов / Л. Г. Телегин, Б. И. Ким, В. И. Зоненко. – М. : Недра, 1988. – 187 с.

22. Теория и методология экологической геологии / В. Т. Трофимов и др. ; под ред. В. Т. Трофимова. – М. : Изд-во МГУ, 1997. –368 с.
23. Трофимов В. Т. Теоретико-методологические основы экологической геологии : учеб. пособие / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – СПб. : Изд-во С.-Петербург. гос. ун-та, 2000. – 68 с.
24. Трофимов В. Т. Экологическая геология : учебник для вузов / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М. : Геоинформмарк, 2002. – 416 с.
25. Шилова И. И. Самоочищение и рекультивация нефтезагрязненных земель Севера / И. И. Шилова, А. А. Оборин, И. Г. Калачникова и др. // Биологические проблемы Севера. – Якутск, 1986. – Вып. 1. – С. 109–110.
26. Экологические аспекты освоения Ковыктинсокого газоконденсатного месторождения /А. Д. Абалаков, Э. С. Зиганшин, Ю. О. Медведев и др. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии РАН, 2001 – 194 с.
27. Экологические функции литосферы / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг, Т. А. Барабошкина и др. / под ред. В. Т. Трофимова.– М. : Изд-во МГУ, 2000.– 432 с.
28. Янин Е. П. Введение в экологическую геохимию / Е. П. Янин. – М. : ИМГРЭ, 1999.– 68 с.

Глава 7. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОФИЗИКА

7.1. Объект и предмет эколого-геофизических исследований литосферы

Экологическая геофизика (экогеофизика) – это научно-прикладной раздел геофизики, предназначенный для решения экологических задач с целью изучения состояния и динамики взаимоотношений человека и биоты («живого вещества») с верхней частью литосферы (каменной оболочки Земли, которую совместно с подземной гидросферой называют гидролитосферой). Взаимоотношения эти устанавливаются на уровне околоземных и земных (естественных) и техногенных (искусственных) физических полей. Похожие задачи стоят и перед экологической геологией (экогеологией) – разделом геологии, изучающим взаимоотношения биосферы (оболочки Земли, где обитает биота) с верхней частью литосферы, часто называемой геологической средой. Согласно Е. М. Сергееву, под геологической средой понимается «поверхностная оболочка литосферы, находящаяся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека и, в свою очередь, в известной степени определяющая эту деятельность». Мощность геологической среды определяется глубиной, на которую распространяется производственно-техническая деятельность людей. За нее можно принять, например, максимальную глубину нефтегазовых скважин, которая по состоянию на конец XX века составляет 6–7 км.

Приповерхностная часть геологической среды мощностью в десятки, реже первые сотни метров называется верхней частью разреза (ВЧР). Она включает почвы, грунты, горные породы, поверхностные, грунтовые и подземные воды, приповерхностные физико-геологические явления (оползни, карст и т. п.), объекты человеческой деятельности. ВЧР в наибольшей степени подвержена экзогенным (атмосферным и поверхностным) и техногенным (физико-химическим и энергетическим) процессам, а также воздействию эндогенных (внутриземных) факторов. ВЧР характеризуется экстремальным проявлением процессов как

природных (резкой геологической, петрофизической и физической неоднородностью в пространстве и во времени), так и техногенных (максимальным проявлением всевозможных искусственных физических полей). Она является специфической частью геопространства, объектом изучения и основным источником информации, получаемой экогеофизикой об окружающей среде (Вахромеев, 1995).

Таким образом, у экологической геологии и экологической геофизики, в сущности, общий предмет исследования – геологическая среда и прежде всего ВЧР. Однако геофизики называют ее геофизической (или геолого-геофизической), подчеркивая этим то, что геологическая среда проявляется в изменяющихся в пространстве и во времени естественных и техногенных физических полях через количественно измеряемые аномалии этих полей.

Геофизическая среда, как часть литосферы, характеризуется нелинейностью и изменчивостью во времени параметров. Нелинейность проявляется в тензочувствительности (зависимости упругих параметров горных пород от давления), флюидочувствительности (зависимости упругих, электромагнитных и других параметров не только от геохимического состава твердой фазы горных пород, но и состава флюидов (вода, нефть, газ), их перемещений и неадекватной реакции среды на внешние воздействия. Вариации космических полей во времени приводят как к ритмичным (упорядоченным), так и хаотичным (случайным) изменениям параметров естественных и искусственных земных физических полей и сопровождающих их процессов. Таким образом, геологическая среда зависит от физических и химических свойств, геометрических параметров твердой фазы и флюидов, а также от вариаций природных и все более возрастающих по интенсивности техногенных физических полей.

У экологической геологии и экологической геофизики близкие цели. По В. Т. Трофимову и др. (1997) они сводятся к выяснению таких экологических свойств и функций литосферы, как:

– органо-минеральные, необходимые для жизни биоты и человека;

- структурные (геодинамические) нарушения верхних частей литосферы;
- вещественные (геохимические) изменения в ВЧР;
- энергетические (полевые, физические) загрязнения окружающей человека и биоты среды.

Имеют сходство и основные решаемые задачи:

1. Изучение изменений приповерхностных частей литосферы под влиянием природных и техногенных катастрофических и медленных процессов и оценка их экологических последствий.
2. Создание методов оценки экологической устойчивости литосферы и способов сохранения ее экологических функций.
3. Медико-биологическое и социально-экологическое обеспечение деятельности людей, связанной с геологической средой.

Различаются лишь методы исследований: они либо прямые геолого-геохимические, либо прямые и косвенные – физические (геофизические).

Литосфера и геологическая среда являются предметом исследований всех методов прикладной геофизики: глубинной, региональной, разведочной и инженерной, а экологические задачи в какой-то мере давно ими решаются. Однако возрастающая роль экологии в жизни людей и движения общественности за сохранение окружающей среды, как и сложность поставленных проблем, приводят к необходимости создания отдельных научно-прикладных дисциплин – экологической геологии и экологической геофизики, также тесно связанных между собой, как и фундаментальные науки – геология и геофизика.

Главная особенность экологической геологии и экологической геофизики состоит в организации мониторинга, т. е. слежения за изменением состояния геологической среды с целью определения места и времени как быстрых (катастрофических), так и медленных (эволюционных) отклонений от нормального устойчивого состояния. Эти отклонения сказываются на функционировании природно-техногенных (технических) систем (ПТС), таких, например, как крупные электростанции, отдельные природно-техногенно-

социальные объекты (ПТСО), хранилища ядерных отходов, и особенно природно-техногенных процессов (ПТП). К последним относятся естественные и искусственно вызванные землетрясения, горные удары, оползни, сели, взрывы и т. п.

7.2. Геофизические экологические функции литосферы

Под геофизической экологической функцией литосферы мы понимаем функцию, отражающую свойства геофизических полей литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биосферы и здоровье человека. Эту функцию следует понимать как «способность» литосферы обеспечивать и поддерживать на поверхности планеты и в приповерхностной ее части энергетические условия, пригодные для существования живых организмов.

Энергетическое воздействие окружающей среды на живые организмы реализуется через геофизические поля различной природы – естественные (космического и земного происхождения) и техногенные. Всякое отклонение от «привычных» окружающих условий может нести с собой опасность возникновения негативных для биоты последствий либо непосредственно при изменяющемся условия воздействии, либо через значительные промежутки времени (отдаленные последствия). Ответной реакцией живых организмов на воздействие является адаптация (полная или частичная, кратковременная или устойчивая) или патологические изменения в них, представляющие собой своего рода «плату» за жизнь в неадекватных по своим параметрам условиях, в том числе и энергетических, отличающихся от нормальных для данной формы жизни.

Исходя из этого, объектом изучения при исследовании геофизической экологической функции литосферы являются природные и техногенные геофизические поля, их аномальные проявления вплоть до формирования так называемых геопатогенных зон, а предметом исследования – взаимодействие полей с биотой и влияние, которое они оказывают на состояние биоты в целом и, в частности, на здоровье людей.

Термином геофизические поля будем называть естественные физические поля космического и земного (ионосферного, атмосферного, гидросферного, литосферного, глубинного) происхождения, а также техногенные поля, действующие в пределах литосферы, преобразованные и распределенные ею.

Особо следует подчеркнуть прямую генетическую связь полей, называемых геофизическими, именно с литосферой или с глубинными «сферами» земного шара и лишь опосредованную через литосферу связь с процессами, происходящими в ближнем и дальнем Космосе. Это значит, что все рассматриваемые геофизические поля обусловлены либо особенностями строения литосферы и Земли в целом (например, гравитационное и внутреннее геомагнитное поля), либо характером геодинамических, физических и химических процессов (например, радиоактивное, температурное и электрическое поля, а также поле сейсмичности). Перечень геофизических полей включает поля следующих видов: гравитационное (поле силы тяжести), магнитное, электрического тока (постоянного, переменного и медленно меняющегося), температурное, сейсмическое (поле упругих механических колебаний), радиационное (поле ионизирующего излучения). К числу наиболее действенных с экологических позиций следует относить гравитационное, температурное, геомагнитное, электрическое и радиационное поля.

Напомним, что жизнь на Земле появилась и развивалась в условиях преимущественного влияния гравитационного, геомагнитного и температурного полей. Первое из них, если и менялось на протяжении истории существования биосферы, то исключительно синхронно с ее развитием. Это позволяет предполагать, что каждый геологический отрезок времени биосфера существовала при относительно стабильном гравитационном поле.

На эволюционные процессы в биосфере существенное влияние оказывали изменения температурного режима поверхности планеты. Данные палеогеографических исследований свидетельствуют о том, что в геологической истории Земли периодически происходили глобальные изменения климата. Резкое общее похолодание и наступление ледников можно рассматривать как серьезное испытание для биосферы, граничащее с катастрофой.

Общая гравитационная, магнитная и температурная «подготовка» биосферы в процессе ее эволюции обеспечила возможность устойчивого существования живых организмов

вплоть до переживаемого нами исторического и геологического отрезков времени. Роль техногенного электромагнитного воздействия оказывается весьма существенной и заслуживает особого внимания еще и потому, что большинство процессов, происходящих в живых организмах и регулирующих их деятельность, относятся к классу электрохимических и электрофизических.

Естественные и техногенные геофизические поля, накладываясь друг на друга, создают вблизи земной поверхности (по обе стороны от нее по вертикали) некую область существования избыточного энергетического потенциала – энергосферу. В ее пределах происходит энергообмен между объектами живой и неживой природы, между Землей и космическим пространством. Следует также иметь в виду, что естественные и техногенные геофизические поля не существуют раздельно, они накладываются друг на друга в соответствии с принципом суперпозиции (наложения).

Завершая рассмотрение общих вопросов, связанных с исследованием геофизической экологической функции литосферы, добавим, что оно может быть представлено тремя взаимосвязанными, но в достаточной степени самостоятельными проблемами:

1) экологическим воздействием геофизических полей на природные и природно-технические экосистемы; 2) техногенным физическим загрязнением литосферы; 3) геопатогенезом. При этом геофизические природные и техногенные физические поля необходимо рассматривать либо с позиций воздействия их на экосистемы и на биоту в целом, либо как фактор техногенного физического загрязнения литосферы, либо в плане возможной связи их с геопатогенезом.

7.3. Биологическое действие геофизических полей

Особенности влияния геофизических полей на живые организмы обусловлены не только пространственно-временной структурой этих полей, но и особенностями строения организмов. Так, способность организмов реагировать на электромагнитное поле Земли может быть обусловлена наличием у них в клетках

скоплений магнетита органического происхождения. Такие скопления обнаружены у голубей, пчел, моллюсков и у человека. Кроме того, организм сам является источником магнитного поля, которое может взаимодействовать с внешним полем. Магнитные поля живого организма вызываются ионными биотоками, мельчайшими ферромагнитными частицами, попавшими в организм случайным образом, и неоднородностью магнитной восприимчивости различных органов и тканей, которая проявляет себя в условиях наложения внешнего магнитного поля. В таблице 7.3.1, составленной А. Д. Жигалиным по данным В. Л. Введенского и В. И. Ожогина (Вахромеев, 1995), проведено сравнение уровней сигналов геомагнитного поля и магнитного поля живых организмов.

Таблица 7.3.1

Сопоставление величины геомагнитного поля и магнитного поля живых организмов

Геомагнитные поля (Тл)	Магнитные поля организма (Тл)
Поле Земли (10^{-4})	Поле ферромагнитных частиц организма (10^{-9} – 10^{-10})
Городской «шум» (10^{-7})	Поля мышечных тканей, сердца (10^{-10} – 10^{-11})
Геомагнитный «шум» (10^{-10} – 10^{-11})	Поля мозга (10^{-11} – 10^{-12}); вызванные ответы мозга (10^{-12} – 10^{-13})

Гравитационное поле. Давление, выраженное через вес пород или вещества, представляет собой силу тяжести, то есть энергию гравитации. Энергия гравитации делится на две составляющие: силу притяжения и силу давления. Оба этих компонента выполняют свои роли в статике и динамике физической поверхности Земли. Температура в виде солнечного тепла и космического холода является энергетической составляющей, которая изменяет свойства тел, их плотность, и, следовательно, взаимоотношения в поле гравитации, подвижность. Наличие сильного гравитационного поля не только позволяет Земле удерживать вокруг себя мощный газовый слой (атмосферу) и водную оболочку (гидросферу), обеспечивать круговорот воды и движение ледовых масс по поверхности планеты, и является одновременно одним из основных факторов, определяющих активность геологических и биологических

процессов, обеспечивающих существование жизни (Хмелевской, 1997).

Гравитационная энергия движения противодействует энергии покоя и является в двух формах: потенциальной энергией движения и кинетической энергией движения масс в поле действия силы тяжести.

Гравитационная зависимость живых организмов оценивается по характеру их реакции на изменение величины и направления вектора поля тяготения. Гравитационное воздействие становится потенциально значимым уже для тканевых клеток и микроорганизмов, размеры которых превышают 10 мкм. Если для насекомых и для других мелких биологических объектов физиологическое значение гравитации незначительно, то для крупных представителей животного мира, в том числе и для человека, изменения величины и направления действия поля тяготения являются дестабилизирующими факторами. Так, при значительном увеличении поля силы тяжести уменьшается двигательная активность, снижается количество выводимой из организма жидкости, содержание азота и калия, возрастает количество потребляемой пищи и энергии и содержание в организме воды, натрия, кальция и фосфора.

Обратное по знаку изменение гравитационного поля приводит к уменьшению потребности в пище и энергии, снижению количества воды в организме, содержания натрия, кальция и фосфора.

Температурное поле. Температура вблизи поверхности Земли колеблется от -88 до $+58$ °С. Это говорит о том, что средняя температура, при которой протекают жизненные процессы и которая составляет от 0 до $+40$ °С, практически всегда поддерживалась на большей части земной поверхности в течение геологически длительного времени. Современные исследования показывают, что температурные границы жизни простираются от -200 до $+100$ °С. Большую роль в жизнеобеспечении играет температурный режим поверхностных и подземных вод. При повышении температуры воды могут происходить нарушения естественного равновесия экологических систем водоемов и водотоков. Для синезеленых водорослей верхним пределом служит температура $+80$ °С. Для

микроорганизмов лимитирующими оказываются значения температуры +80–100 °С. Верхние предельные значения температуры являются более критическими, чем нижние. Одно и то же превышение естественной температуры воды над нормальными значениями может в зависимости от местных условий оказывать как отрицательное, так и положительное влияние на биологические процессы. Повышение температуры воды до определенных пределов может даже стимулировать жизнедеятельность флоры и фауны открытых водоемов.

В то же время температурное поле является одним из факторов, определяющих границу гомеостаза. Так, понижение средней температуры на поверхности планеты на 3–4 °С или повышение ее на 3–3,5 °С грозит последствиями, с которыми современная цивилизация может и не справиться. В первом случае такими последствиями может быть образование на Земле обширного ледяного панциря и значительное сокращение количества свободной воды, во втором, вода может покрыть огромные пространства и резко сократить места проживания человека и представителей животного и растительного мира.

Электромагнитное поле. Электромагнитное воздействие рассматривается как фактор прямого экологического действия. Длительное систематическое воздействие интенсивных электромагнитных полей промышленной частоты и радиочастот на человеческий организм может вызвать серьезные осложнения в функционировании жизнеобеспечивающих систем. Актуальность поставленной проблемы очевидна в контексте современных представлений о человеческом организме как мультиосцилляторной системе с высокой степенью взаимной согласованности внешних ритмических факторов и внутренних биологических ритмов. Изменение динамических и энергетических параметров электромагнитного поля может привести к развитию необратимых явлений десинхронизации отдельных органов и рассогласованности биоритмов человека.

Индивидуальность каждого организма, тем более в различной электромагнитной среде, будет проявляться в различной чувствительности и многообразии форм ответных реакций биологических объектов на малые и ультрамалые воздействия разнообразных электромагнитных систем. Не

исключено, что в некоторых случаях малые дозы кратковременного электромагнитного воздействия будут положительно сказываться на состоянии живых организмов, в то время как длительное воздействие может привести к тяжелым последствиям.

В ходе эволюции, находясь преимущественно в пределах открытого пространства, человек приспособился к стационарному фоновому электромагнитному излучению. Резкий переход его к жизни в замкнутом пространстве, изолированном от фоновых излучений, также может нарушить его гомеостазис. Этот вопрос ставился отдельными исследователями, но до сих пор ответы на многие вопросы не получены.

Первое время после открытия электромагнитного излучения считалось, что человек и биоорганизмы совершенно индифферентны к нему из-за отсутствия соответствующих органов чувств, которые могли бы их фиксировать. В настоящее время доказано, что любой живой организм реагирует на электромагнитные поля, причем дозы воздействия последних даже в условиях совершенно нормального режима работы электротехнических и радиотехнических устройств могут быть катастрофическими. Люди, работающие с различными генераторами радиоволн, часто жалуются на потерю аппетита, ослабление памяти, головную боль, быструю утомляемость. Заметное влияние радиоволн на живые организмы наблюдается в жилых и общественных зданиях на расстояниях до нескольких километров от радиостанции или телецентра.

Наиболее опасны для человека такие ситуации, когда мощность резонатора многократно превосходит суммарный энергетический потенциал породивших его систем.

Синергетические эффекты при взаимодействии космических, техногенных и геологических полей могут обусловить различные формы генерации и распространения волн. Пространственно-временные диссипативные структуры становятся генераторами электромагнитных волн и физических полей. Кроме того, распространяются возмущения в виде импульсов энергии, стоячие волны, квазистохастические волны и дискретные автономные источники импульсной активности.

Анализ воздействия влияния электромагнитных и низкочастотных колебаний (инфразвука) на человеческий организм приводит к одному убийственному выводу: все эти колебания в различной степени непосредственно воздействуют на кору головного мозга и высшую нервную деятельность, разрушая иммунную систему человека, особенно детей.

Электростатическое поле. Общее самочувствие, внимание, трудоспособность, функциональное состояние основных жизнеобеспечивающих систем человека находятся практически в прямой зависимости от концентрации и полярности аэроионов (атмосферного электричества). Отрицательные аэроионы (в основном это ионы кислорода воздуха) благоприятствуют усилению жизнедеятельности организма, тогда как положительные аэроионы в большинстве случаев оказывают негативное воздействие на организм, а при значительной концентрации способны нанести ему определенный ущерб. Воздух, лишенный аэроионов обеих полярностей, может способствовать при длительном сроке дыхания в условиях такой атмосферы возникновению серьезных заболеваний. Такие же или сходные результаты были получены при проведении опытов над животными в лабораторных условиях, что свидетельствует об универсальности выводов относительно экологической роли естественного электростатического поля.

Радиоактивное поле, или поле ионизирующего излучения, является фактором, могущим оказывать как раздражающее, так и поражающее действие. Основная часть естественного радиационного фона, наблюдаемого на поверхности планеты и в приповерхностных слоях литосферы, обязана своим происхождением, в основном, излучению радионуклидов, которые образовались вместе с Землей, вошли в состав ее пород и распределились в объеме земной коры. Радиоактивные газы радон-222 и радон-220 (торон) обеспечивают примерно 40 % дозы облучения, с которым приходится сталкиваться населению планеты. В разных частях поверхности Земли и биосферы естественный радиационный фон может различаться в 3–4 раза и более. Наименьшей интенсивностью (10^{-3} – 10^{-2} мГр/год) характеризуется фон над поверхностью моря, наибольшей (до 0,9 мГр/год) – на больших высотах в горах,

сложенных гранитными породами. В районах, где распространены руды с большим содержанием естественных радионуклидов, радиационный фон, как правило, выше в 100–1000 раз, чем на прилегающих и отдаленных территориях.

Повышение уровня излучения над фоновым или даже повышенный естественный радиационный фон может рассматриваться как мутагенный фактор. В зоне действия мощных источников облучения (как правило, антропогенного происхождения) не в состоянии выжить ни одно животное или растение. При мощности дозы облучения 0,8–2,1 мГр/ч происходит замедление роста растений и уменьшение видового разнообразия животных. При увеличении мощности дозы до 4,2–16,7 мГр/ч растительность угнетается и становится восприимчивой к поражению вредителями и болезнями. Более высокоразвитые и в силу этого более сложные организмы острее реагируют на радиационное воздействие, чем их «слаборазвитые» собратья по жизни. Человеческий организм, как показывают научные эксперименты, отличается особой чувствительностью. Млекопитающие, таким образом, обладают наибольшей чувствительностью, микроорганизмы – наименьшей чувствительностью к радиационному воздействию. Семенные растения и низшие позвоночные занимают некоторое промежуточное положение.

Для каждого живого организма существует оптимальное значение уровня одновременного действия нескольких факторов, в том числе и, возможно, в первую очередь энергетического воздействия. Можно ожидать, например, что если несколько факторов действуют одновременно на разные жизнеобеспечивающие системы организма, то конечный биологический эффект оказывается менее существенным, чем при воздействии этих факторов на какую-либо одну систему.

Одновременное действие сразу нескольких факторов окружающей среды (например, температурного поля и поля ионизирующего излучения, вариаций геомагнитного, электростатического и электромагнитного полей и т. п.) может изменить пределы переносимости организмом каждого из них. Как правило, при этом фиксируется сужение рамок переносимости (толерантности), поскольку действие отдельных

факторов может усиливаться за счет ослабляющего организм действия других факторов (синергический эффект).

Однако возможны ситуации, когда действие одного из факторов может оказаться «защитным» в отношении действия другого фактора. Так, постоянное магнитное поле, микроволновое излучение могут повысить радиационную резистентность живого организма, что показано экспериментально. Возможны, по крайней мере гипотетически, аналогичные эффекты, вызываемые геофизическими полями других видов, присущими литосфере.

7.4. Методика экогеофизических работ. Экогеофизика нефтегазовых месторождений

В результате изучения геологической среды (ГС) с помощью геофизических методов выявляются статические и динамические (изменяющиеся во времени) геофизические аномалии над источниками загрязнения. С точки зрения геофизики основными видами загрязнения ГС являются радиоактивное и геохимическое (Хмелевской, 1997).

1. Экорациометрия.

Предназначена для выявления и изучения радиоактивных аномалий природного и техногенного происхождения. Наибольшую опасность представляют радиоактивные заражения разными радионуклидами после аварий и катастроф. Например, после аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году площадь зараженных территорий составила 10 тыс. кв. км. Для изучения распределения естественных и искусственных радионуклидов используются радиометрические методы, с помощью которых решаются различные радиоэкологические задачи, а главное – осуществляется проведение радиационного мониторинга.

Основными методами экорациометрии являются аэро- и автогамма-спектрометрические съемки, предназначенные для измерения не только суммарного гамма-излучения (J_γ) и его составляющих по урану-радию, торию и калию-40, как при геологических поисках, но и по цезию-137, кобальту-60. Это повышает надежность выявления и мониторинга техногенных радиоактивных аномалий.

Важным экорациометрическим методом является эманационная съемка, которая сводится к оценке концентрации радона как в почвенном воздухе, так и в воздухе горных выработок и помещений. Как известно, в воздухе, накачанном в датчик эманометра, определяется концентрация радона по его альфа-излучению.

Аэрогамма-спектрометрические съемки выполняются в масштабе 1:25 000 с расстояниями между профилями порядка 200–300 м при высоте полета 100–300 м и скорости около 100 км/ч со спутниковой привязкой профилей и периодическим (до 2–4 раз в год) повторением. Автогамма-спектрометрические съемки проводятся в масштабах крупнее 1:25 000 с неравномерно распределенными по площади маршрутами, проходящими вдоль магистралей, улиц, со скоростью движения до 15 км/ч. Для детализации выявленных аномалий выполняются пешеходные гамма-спектрометрические и эманационная съемки. Этими же методами обследуются подвалы предприятий, домов в жилых массивах, зонах отдыха, а также строительные материалы, изделия и т. п. Нормальными считаются поля с мощностью эффективной дозы гамма-излучения до 20 мкР/ч, участки с радиоактивностью свыше 60 мкР/ч вызывают опасения.

2. Сейсмическое районирование. Сейсмозведка.

Физико-геологической основой сейсмомониторинга является высокая тензочувствительность и флюидочувствительность границ блоков литосферы, проходящих, как правило, по тектоническим нарушениям, к эндогенным и экзогенным воздействиям, нередко обусловленным космическими и техногенными физическими полями (Хмелевской, 1997).

Методика сейсмомониторинга сводится к изучению деформации оснований сооружений с помощью деформографов и наклономеров, а также напряженного состояния, физико-механических и прочностных свойств среды полевыми, акваториальными и скважинными сейсмоакустическими методами. К полевым и акваториальным относятся методы преломленных (МПВ) и отраженных (МОВ) волн. При исследовании в скважинах используются методы акустического профилирования и просвечивания и микросейсмокаротаж. По скоростям продольных и поперечных волн, а также их

затуханиям и рассеяниям с помощью теоретических и экспериментально установленных зависимостей можно оценить пористость, динамический модуль упругости, коэффициент крепости пород и другие параметры. Для точного определения этих же параметров необходимы разномасштабные (полевые, скважинные измерения на образцах) геолого-геофизические экспериментальные работы на изучаемом участке. С их помощью устанавливаются корреляционно-регрессионные уравнения для определения физико-механических и деформационно-прочностных свойств пород через данные сейсмоакустических наблюдений.

Методика сплошных съемок изучаемых площадей, кроме определения физико-механических и прочностных свойств, должна обеспечить микросейсмораионирование, предназначенное для уточнения имеющихся карт регионального сейсмического районирувания с точки зрения изменения ожидаемой балльности землетрясений. Определив особенности геолого-тектонического строения разных участков: наличие зон тектонических нарушений, трещиноватости, глинистых пород с пльвунами, растепленных мерзлых пород или, наоборот, прочного скального основания мерзлых пород, можно уточнить балльность до ± 2 баллов 12-балльной шкалы сейсмичности. Точный количественный расчет балльности проводят на стационарных или временных сейсмических станциях, где автоматически в течение длительного времени регистрируются упругие колебания разных интенсивностей и частот. Приращение балльности какого-то участка по сравнению с данными регионального сейсмического районирувания свидетельствует о его меньшей устойчивости к дальним, ближним или вызванным искусственно землетрясениям. Убывание балльности указывает на наличие устойчивых к ним массивов горных пород. Вспомогательную роль при районирувании территории по устойчивости к землетрясениям, обвалам и другим динамическим процессам играют гравиразведка, магниторазведка, электромагнитные профилирование и зондирование.

Если сейсмическое и микросейсмическое районирувание обеспечивает прогнозирование места и балльности ожидаемых землетрясений, то предсказание времени землетрясений – проблема более сложная. Она, являясь сердцевиной

сейсмомониторинга, с той или иной степенью приближения решается комплексом режимных геофизических методов:

- изучением изменений упругих параметров среды и шумов (сейсмическая эмиссия или шумовая сейсмотомография), позволяющим выявить наиболее активные участки среды, строить временные ряды наблюдаемых упругих процессов, статистическая обработка которых позволяет дать прогноз этих процессов на будущее;

- регистрацией естественных электромагнитных полей космического и земного происхождения (электрическая эмиссия), с помощью которой намечаются подходы к предсказанию землетрясений;

- анализом концентрации газов (радон, гелий, аргон и др.), проникающих из глубин за счет раскрытия трещин перед землетрясениями («газовое дыхание Земли»), и др.

В целом к прогнозу землетрясений подходят путем комплексного анализа предвестников землетрясений с учетом полевых, лабораторных, экспериментальных и теоретических работ и накопленного мирового эмпирического опыта. К предвестникам сильного землетрясения, как отмечалось выше, относятся аномальные деформации блоков земной коры, статистический анализ слабой сейсмичности (сейсмотомография), особый вид вариаций геомагнитных и электромагнитных полей, изменение дебита, температуры, химического состава подземных вод и десятки других факторов. Учет множества факторов позволяет в настоящее время давать долгосрочный (на десятки лет вперед) и среднесрочный (годы и месяцы) прогнозы. Что касается краткосрочного прогноза (дни и часы), то при существующей сети наблюдений и теории сейсмологии он не проводится.

Наряду с природными существуют возбужденные землетрясения (наведенная сейсмичность). Они возникают при перераспределении упругих напряжений в геологической среде под действием антропогенно-техногенных факторов (крупные города и промышленные объекты, шахты и карьеры, водохранилища и закачка вод в скважины, подземные воды и горные удары на шахтах и т. п.). Подобные факторы могут либо

сами создавать землетрясения, либо служить спусковым «крючком» для природных землетрясений.

3. Электроразведка

Загрязнение почв, грунтов, подземных вод нефтепродуктами становится особенно частым. При проникновении нефтепродуктов в горные породы в результате непрерывных или залповых утечек они скапливаются в коллекторах (пески, трещиноватые известняки), не проникая в водоупоры (глины, скальные породы). Удельное электрическое сопротивление (ρ) нефтепродуктов высокое, но, проникая в породы, они иногда повышают, а чаще понижают ρ у тех же пород, но водонасыщенных. Заполняя сухие породы или вытесняя из них застойные воды, нефтепродукты повышают ρ и уменьшают диэлектрическую проницаемость ϵ (величина ϵ у воды в 40 раз больше, чем у нефти). В водоносных породах с активным движением подземных вод нефтепродукты вымываются, но в ходе химического и биологического окисления разрушаются, оставляя продукты окисления (сульфиды, в частности, пирит и др.). Последние образуют электролит, для которого характерны пониженные значения ρ , повышенные значения естественной (α) и вызванной (η) поляризуемости при неизменной величине ϵ горных пород.

В соответствии с отмеченными изменениями электрических свойств основными *экоэлектроразведочными методами* изучения загрязнений нефтепродуктами являются следующие:

- методы естественного поля (ЕП) и вызванной поляризации (ВП), основанные на изменении α и ϵ ;
- методы сопротивлений, включая электропрофилирование (ЭП), вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) и радиоволновое профилирование (РВП), зондирование (георадар или радиолокационные зондирования – РЛЗ), базирующиеся соответственно на изменении ρ и ϵ ;
- термометрия и инфракрасные съемки, предназначенные для расчленения пород по отличию их температур.

Выбор одного или двух из названных методов зависит от геолого-геофизических условий объектов исследований. Периодически повторяя профильные или площадные съемки

этими методами, можно судить об изменении загрязненности и осуществлять прогноз (мониторинг).

Проведение электроразведки на нефтепромыслах, нефтегазохранилищах и заводах сопряжено с большими трудностями из-за невозможности проводить равномерную площадную съемку, приспособляя профили к дорогам, участкам, где можно вести измерения. Большие помехи, особенно на низких частотах, создают металлические конструкции, линии электропередач, трубопроводы, которые, кстати, сами часто являются объектами исследования.

В пределах шельфа морей, на озерах и реках загрязнение нефтепродуктами изучается с помощью сейсмоакустических, электромагнитных и термических методов.

4. Магниторазведка

Основное назначение общих магнитных съемок – проведение тектонического районирования, позволяющего определить контуры крупных структурных элементов земной коры: платформ, геосинклинальных областей, отдельных блоков, глубинных разломов, тектонически активных областей. Решение перечисленных задач проводится в комплексе с гравиразведкой и уточняется сейсморазведкой.

Таким образом, общие магнитные съемки позволяют решать задачи, связанные со строением земной коры, а также служат для решения таких общетеоретических задач, как происхождение и развитие Земли и ее структурных элементов, изучение характера магнитного поля на поверхности и ряда других задач.

Палеомагнитные исследования предназначены для определения магнитного поля Земли в отдаленные геологические эпохи путем изучения остаточного намагничивания образцов горных пород. В целом палеомагнитные исследования помогают решать проблему строения и развития Земли, корреляции разновозрастных пород (магнитостратиграфии), тектонического строения отдельных районов, анизотропии осадочных пород на основе их палеомагнитной слоистости, археологии и др.

Магниторазведка применяется для решения задач региональной структурной геологии, геологического картирования разных масштабов, поисков и разведки железорудных месторождений, поисков месторождений рудных и

нерудных ископаемых, оценки геолого-петрологических особенностей и трещиноватости пород, изучения геологической среды.

В комплексе с другими геофизическими методами магниторазведку применяют для решения задач региональной геологии и структурно-тектонического районирования, т. е. выделения таких региональных структур, как краевые межгорные прогибы, антиклинории и синклинории, зоны разломов, контактов пород разного состава, своды и впадины кристаллического фундамента.

При мелкомасштабном геологическом картировании в настоящее время применяется аэромагниторазведка. Аэромагнитные съемки являются картировочно-поисковыми. С помощью наземных магнитных наблюдений ведутся как картировочно-поисковые, так и поисково-разведочные и разведочные съемки. Материалы магнитных съемок используются в качестве основы для рациональной постановки геолого-съёмочных и поисковых работ.

Поиски и разведка железорудных месторождений – задача, лучше всего решаемая магниторазведкой. Исследования начинаются с проведения аэромагнитных съемок масштаба 1:100 000. Детализация аномалий проводится наземной съемкой. При этом ведется не только качественная, но и количественная интерпретация, т. е. оценивается глубина залегания магнитных масс, простираения, падения, размеры железосодержащих пластов, а иногда по интенсивности намагничения даже качество руды.

Наиболее благоприятны для разведки магнетитовые руды, менее интенсивными аномалиями выделяются гематитовые месторождения.

Магниторазведка применяется при поисках таких полезных ископаемых, как полиметаллические, сульфидные, медно-никелевые, марганцевые руды, бокситы, россыпные месторождения золота, платины, вольфрама, молибдена и др. Это оказывается возможным благодаря тому, что в рудах в качестве примесей часто содержатся ферромагнитные минералы или же они сами обладают повышенной магнитной восприимчивостью. Кроме того, по данным магнитной съемки выявляются зоны,

благоприятные рудообразованию (сбросы, контакты и т. п.). Отличные результаты получаются при разведке кимберлитовых трубок, к которым приурочены месторождения алмаза.

Изучение геолого-петрографических особенностей и трещиноватости пород может выполняться микромагнитной съемкой с густой сетью (1x1, 3x3 и 5x5 м) наблюдений и высокой точностью (до 1 нТл). Этот метод применяется для геолого-петрографических исследований пород, залегающих на глубине до 10–20 м. В результате строятся карты Z_a , а изодинамы проводятся через 2, 3, 5 нТл. Далее проводится статистическая обработка карт изодинам. Каждую изолинию разбивают на отрезки длиной 5–10 мм. Далее определяется азимут каждого из них, затем по числу отрезков одинакового азимута (n) строят розы направления изодинам (по странам света откладываются отрезки длиной, пропорциональной n , а концы отрезков соединяются). Максимумы на них выявляются зоны преобладающей трещиноватости.

При изучении геологической среды для решения инженерно-геологических, гидрогеологических, мерзлотно-гляциологических и экологических задач магниторазведка используется, прежде всего, на этапах как общего, так и специализированных видов картирования. Высокая точность современных полевых магнитометров (ошибки в определении аномалий поля около 1 нТл) обеспечивает возможность разделения по литологии пород по степени их немагнитности. Детальные, в том числе микромагнитные, съемки можно использовать для изучения участков под ответственное строительство с целью литолого-петрографического расчленения пород и выявления их трещиноватости, разрушенности, закарстованности. Эти же методики можно применять для выявления трещинно-карстовых подземных вод в скальных породах. Периодически повторяемые детальные съемки оползней, в которые заглублены металлические стержни, обеспечивают возможность определения направления и скорости их движения. Имеются положительные примеры картирования залежей подземных льдов (крупных ледяных внутригрунтовых тел и повторно-жильных льдов). С успехом используются археомагнитные исследования для решения некоторых археологических задач. Детальная магнитная

съемка и каппаметрия (полевые определения магнитной восприимчивости) несут информацию о концентрации гумуса и солей в почвах, загрязненности грунтов тяжелыми металлами, отходами промышленных производств, нефтехимическими продуктами.

5. Гравиразведка

Экогравитация объединяет процессы механического перемещения горных пород под действием силы тяжести на склонах гор, берегах морей, озер, рек. Такие перемещения возникают как в результате экзогенной геодинамики, так и провоцируются эндогенными процессами (землетрясениями, вулканической деятельностью и т. п.) и техногенной деятельностью людей (строительство, подрезка склонов и т. п.). Наибольшее применение геофизические методы нашли при изучении оползневых процессов.

Оползни (медленные или внезапные перемещения горных пород по склонам под действием силы тяжести) являются проявлением нарушения устойчивости геологической среды и обусловлены определенной крутизной склонов, гор и прибрежных районов, литологией, обводненностью слагающих пород, наличием глин-пльвунов. Оползни могут находиться в спокойном, стабилизированном состоянии, а сдвиги провоцируются как землетрясениями, так и искусственными вибрациями от промышленных предприятий, транспорта и т. п.

При изучении оползней перед геофизикой ставятся три основные задачи:

1. Выявление структуры и геологического строения тела оползня и окружающего горного массива.
2. Изучение гидрогеологических условий как в теле оползня, так и в окружающем массиве.
3. Оценка динамики (скорости движения) оползня, изменения напряженного состояния и определение ожидаемого времени подвижек.

Геофизические свойства горных пород тела оползня по сравнению с окружающим массивом отличаются увеличением естественных электрических потенциалов, понижением удельного электрического сопротивления и скоростей

распространения упругих волн, увеличением их затухания, появлением термических аномалий и др. Поэтому основными методами решения 1-й и 2-й из названных задач являются методы естественного поля (ЕП), электромагнитные зондирования (ВЭЗ, ЗСБ) и профилирования (ЭП, ДИП), сейсморазведка методом преломленных волн (МПВ), прослушивание электрических и сейсмических шумов (электрическая и сейсмическая эмиссия). Выбор одного–трех из этих методов диктуется природными (геоморфологическими и геолого-гидрогеологическими) условиями. В стабилизированном состоянии оползня геофизические параметры, получаемые при интерпретации режимных наблюдений, сохраняются постоянными. При подготовке активизации оползня они начинают заметно изменяться, что объясняется увлажнением, ростом трещиноватости и напряженного состояния, техногенными причинами (подрезка склонов, строительство на оползнях и т. п.). Это и позволяет прогнозировать время начала скольжения и предсказывать катастрофические сходы оползней. За скоростью движения оползней (задача 3) можно следить, например, по сдвиганию магнитных реперов. Для этого в тело оползня помещают ряд вертикальных труб или стержней и проводят периодические магнитные съемки. По направлению максимального смещения изолиний и по величине смещений за известное время можно рассчитать направление движения и скорость оползня.

На рисунке 7.4.1 приводится пример изучения скорости движения одного из оползней-потоков на Черноморском побережье Кавказа с помощью магнитных реперов, установленных на различных глубинах. Кроме того, здесь же был использован принцип наблюдений за «естественными» реперами, в качестве которых выбираются неоднородности литологического строения, обводненности, напряженного состояния оползневого тела. Эти неоднородности четко фиксируются аномалиями параметров, получаемых по данным метода естественного электрического поля (ЕП).

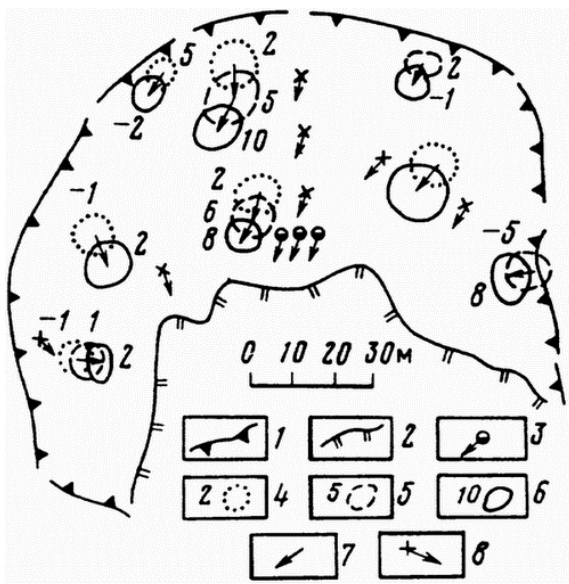


Рис. 7.4.1. Результаты комплексных геофизических и геодезических исследований на оползне.

1 – контур стенки отрыва; 2 – граница каньона; 3 – направление смещения магнитных реперов; 4–6 – эквипотенциалы естественного поля за три последовательных периода; 7 – направление смещения аномалии ЕП; 8 – направление смещений геодезических реперов

При выполнении режимных наблюдений смещение центров таких аномалий указывает направление и скорость смещения оползневых масс. Можно видеть, что результаты за «естественными электрическими» реперами хорошо согласуются с данными магнитных реперов.

6. Геофизические методы для решения эколого-геохимических задач. Эколого-геохимическое картирование

Геохимическое загрязнение почв, грунтов, коренных пород и подземных вод может быть природным, например, за счет естественных электрических полей окислительно-восстановительной природы на рудных месторождениях, и искусственным, например, твердыми отходами при разведке и эксплуатации шахт и рудников, отходами промышленного и сельскохозяйственного производства, бытовыми свалками и т. п.,

жидкими загрязнителями при разливах нефти, нефтепродуктов, стоками от горнопромышленных предприятий, сохраняемых в отстойниках, шлакоохранилищах и др., газовыми выбросами при эксплуатации газовых месторождений, на химических производствах и др. Такого рода загрязнение приводит к изменению физических свойств пород.

Эколого-геохимическое картирование предполагаемых площадей загрязнения геологической среды различными химическими элементами и детальное исследование выявленных техногенных аномалий проводятся, прежде всего, в ходе геохимических съемок – литогеохимических, атомохимических (газовых), гидрогеохимических (снегохимических, биогеохимических). При их выполнении берутся пробы почв, грунтов и горных пород с поверхностных обнажений или из горных выработок, проба воздуха и воды. В лабораториях проводятся химические анализы с определением качественного и количественного состава элементов-загрязнителей. Среди них наиболее опасные: бериллий, фтор, хром, мышьяк, кадмий, ртуть, таллий, свинец и др. Густоту точек отбора проб можно резко сократить, ограничившись лишь точечными отборами проб для химических анализов, если провести съемки методами разведочной геофизики. Для этого надо знать теоретические или эмпирические связи между физико-химическими свойствами изучаемой среды и геофизическими параметрами. К геофизическим методам эколого-геохимических исследований относятся: радиометрия и различные ядерно-геофизические методы (гамма-спектрометрические, нейтронно-активационные, радиоизотопные и др.), лазерная (лидарная) спектрометрия, ядерно-магнитно-резонансная спектрометрия и др. Они обеспечивают картирование по параметру концентраций химических элементов, осуществляемое дистанционными (бесконтактными) способами, достаточно точно и экономически эффективно.

Литература

1. Сергеев Е. М. Инженерная геология : учебник / Е. М. Сергеев. – М. : Изд-во МГУ, 1978. – 384 с.
2. Вахромеев Г. С. Экологическая геофизика : учеб. пособие для вузов / Г. С. Вахромеев. – Иркутск : ИрГТУ, 1995. – 216 с.
3. Теория и методология экологической геологии / под ред. В. Т. Трофимова. – Изд-во МГУ, 1997. – 368 с.
4. Трофимов В. Т. Экологическая геология : учебник для вузов / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М. : Геоинформмарк. 2002. – 416 с.
5. Хмелевской В. К. Геофизические методы исследования земной коры : в 2 кн. / В. К. Хмелевской. – Дубна : Международ. ун-т природы, общества и человека «Дубна», 1997.
6. Пивоваров Ю. П. Радиационная экология : учеб. пособие для студ. высш. учебн. заведений / Ю. П. Пивоваров, В. П. Михалев. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 240 с.
7. Старков В. Д. Радиационная экология : учеб. пособие / В. Д. Старков, В. И. Мигунов. – Тюмень : ОАО «Тюменский дом печати», 2007. – 400 с.

Глава 8. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

8.1. Нефтегазовая отрасль и охрана окружающей среды

Недра являются частью земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже земной поверхности и дна водоемов и водостоков, простирающейся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения (Закон РФ «О недрах», 1995). Закон регулирует отношения, возникающие в связи с геологическим изучением, использованием и охраной недр территории РФ. Углеводородные ресурсы имеют стратегическое значение. Поэтому большое внимание уделяется проблеме охраны окружающей природной среды при поисках, разведке и эксплуатации нефтегазовых месторождений с использованием научно-методического аппарата экологической геологии.

Коллекторами называются породы, которые могут содержать в себе нефть и газ и отдавать их, хотя бы частично, при разработке. Нефть и газ, скапливаясь в ловушке, образуют залежь, под которой подразумевают любое элементарное их скопление. Скопление образуется потому, что ловушки обычно являются участками пониженного гидростатического давления в резервуаре. Большая часть известных в настоящее время залежей приурочена к свободным изгибам пластов – антиклинальным формам.

Нефть является природным горючим полезным ископаемым, относящимся к классу каустобиолитов. Месторождения нефти, горючего газа, углей и горючих сланцев большинство исследователей относит к биохимическим осадочным отложениям. По типу использования они принадлежат к топливно-энергетическим ресурсам. Нефть состоит из органических соединений, основными являются три группы или компоненты: углеводороды, смолы и минеральные вещества. 80–90 % нефти составляют углеводороды с примесью соединений серы, азота и кислорода.

Большинство современных исследователей придерживаются гипотезы органического происхождения нефти. Приуроченность нефтяных и газовых залежей к осадочным породам и химическое сходство с углем и живыми веществами свидетельствует о том, что она представляет собой продукт органического вещества. Исходной органикой является древесина, угли, торф, морские растения, диатомовые илы, растительные и животные жиры, биогенные илы – смешанный растительно-животный материал. Выделяется ряд стадий преобразования органического вещества в нефть. Процесс преобразования состоит в разрыве связи высокомолекулярных соединений и глубоком восстановлении органического вещества под влиянием физических, химических и биологических факторов.

Нефтематеринской называется осадочная порода, отложившаяся в восстановительных условиях при длительном и быстром прогибании дна водоема. В ней накапливается органический материал, дающий начало нефтяным углеводородам. Основным признаком нефтематеринской породы является повышенное содержание углеводородов битумной части органического вещества. Главным условием для образования такой породы является субаквальное отложение и восстановительная среда.

Таким образом, нефть и газ, вмещающие их породы в совокупности представляют эколого-геологическую систему. Главное их отличие – наличие живого и неживого компонента. Биота, как живое, живет и функционирует в литосфере или непосредственно на ее поверхности. «Литосфера–биота» – объект исследования экологической геологии. Поэтому методический аппарат экологической геологии может быть использован в новой для нее области – формировании залежей и месторождений нефти и газа.

Залежи нефти, сформировавшиеся в ловушках, существуют не вечно. Причин их разрушения много, в том числе бактериальное окисление углеводородов.

Разведка и эксплуатация нефтегазовых месторождений с позиций экологической геологии относится к системе «литосфера – инженерные сооружения (техногенное воздействие) – биота».

Предприятия нефтяной и газовой отраслей рассматриваются как источники комплексного и концентрированного воздействия на окружающую среду. Прежде всего, через лито-, гидро- и атмосферу. Последствия такого воздействия нередко проявляются на значительных расстояниях от источников. Обмениваясь с окружающей средой веществом, энергией и информацией, промышленные предприятия формируют природно-техногенную систему или технобиогеоценоз.

Воздействие объектов нефтегазового комплекса обусловлено токсичностью природных углеводородов и сопутствующих им ресурсов, разнообразием химических веществ, используемых в технологических процессах, а также спецификой добычи, подготовки, транспорта, хранения, переработки и разнообразного использования нефти и газа. Например, на участке опытно-промышленной эксплуатации Ковыктинского газоконденсатного месторождения наибольшее воздействие на окружающую среду оказывают буровые работы. Особенно скважины кустового бурения с наклонно и горизонтально ориентированным стволом, глубина которых превышает 3 тыс. м. Эти особенности определяют специфику эколого-геологического подхода при проектировании и строительстве инженерных сооружений, оценке воздействия на окружающую среду и ее охране.

8.2. Охрана воздушной среды, поверхностных и подземных вод, геологической среды и недр, почв, растительности, животного мира

Ускоренное развитие газовой промышленности превратило ее в одну из ключевых отраслей топливно-энергетического комплекса страны, оказывающую значительное влияние на рост производительности труда и ускорение технического прогресса всей экономики страны. Доля газа в топливном балансе страны уже сейчас составляет около 50 %. Для обеспечения роста добычи газа необходимо повышение степени извлечения газа и газового конденсата, ввод новых месторождений, создание на этой базе крупнотоннажного газохимического и топливно-энергетического производства.

Наряду с вводом новых мощностей по добыче газа, требующих крупных капитальных вложений, важное место в

выполнении намеченной программы занимают работы по повышению эффективности разработки истощенных газовых и газоконденсатных месторождений, направленные на максимальное извлечение углеводородного сырья из недр и соответственно повышение конечного коэффициента газоконденсатного месторождения (Макаренко, 1996).

Нефтегазовая отрасль, занимая базовое положение в экономике страны, одновременно относится к числу производств, оказывающих наиболее сильное воздействие на окружающую среду (Мазур и др., 2001; Гриценко и др., 1997). Поэтому особое значение приобретает проблема обеспечения экологической безопасности этой отрасли. Эффективным приемом ее достижения являются технологии кустового безамбарного бурения, экологическое проектирование, учитывающее особенности окружающей среды в регионах.

В качестве критериев оценки воздействия на окружающую среду объектов нефтегазовой промышленности применяется ряд параметров (Временные ..., 1992), выделяемых для каждого компонента окружающей среды. В последствии может быть проведен анализ того, как изменения в различных средах могут взаимодействовать друг с другом, а также анализ общей значимости воздействия на окружающую среду по всем компонентам.

Для атмосферного воздуха учитываются аккумуляция загрязняющих веществ (инверсии, штили, туман); их разложение в атмосфере (общая радиация, ультрафиолетовая радиация, температурный режим, число дней с грозами); вынос загрязняющих веществ (ветровой режим); разбавление загрязняющих веществ за счет воспроизводства кислорода (лесистость относительная, %; биомасса, т/га). Анализируются метеоусловия, способствующие концентрации вредных веществ в приземном слое. Проводятся расчеты климатических параметров по потенциальному загрязнению атмосферы для различных зон. Относительная оценка техногенного воздействия по зонам выглядит следующим образом. Зона, в пределах которой концентрации загрязняющих веществ превышают уровни чрезвычайно опасного состояния воздушного бассейна, считается

зоной крайне сильного антропогенного воздействия. Зона, в пределах которой достигается предельно допустимая концентрация (ПДК) – сильного воздействия, от ПДК до 0,5 ПДК – среднего и меньше 0,5 ПДК – слабого воздействия. Необходимо при этом учитывать суммарный эффект загрязнения. Гигиеническая оценка состояния воздушного бассейна проводится путем сравнения реальных концентраций основных загрязнителей с санитарно-гигиеническими нормами ПДК.

Для поверхностных и подземных вод оценка их состояния включает – санитарно-гигиенические требования, пригодность для питьевого и технического водоснабжения, самоочищающая способность, ресурсы, напряженность водного баланса, коэффициент нормативной нагрузки сточными водами на водоемы, куда предлагается сброс сточных вод. Качественное состояние водных объектов определяется путем сравнения концентрации нормируемых загрязняющих веществ в воде со значениями ПДК для данной категории водоема. Интегральную качественную оценку ресурсов поверхностных вод по степени благоприятности к промышленному освоению следует проводить с учетом факторов водности, скорости течения, экспозиции склона, залесенности берегов, плотности населения, промышленного потенциала, наличия водного транспорта, фонового загрязнения, биохимической потребности в кислороде, концентрации водородных ионов.

Необходимым элементом оценки геологической среды является характеристика грунтовых условий и проявления геологических процессов при освоении территории. Выявляются участки различной степени устойчивости горных пород и степени проявления процессов. Региональные факторы геологической защищенности грунтовых вод определяются мощностью водоупорных пород в разрезе зоны аэрации. К региональным факторам защищенности напорных вод первого от поверхности напорного горизонта относятся мощность глин первого регионально выдержанного водоупора. Локальные факторы, нарушающие защищенность подземных вод, это линзы песков, погребенные долины, участки питания грунтовых вод, литология пород зоны аэрации, мощность слабопроницаемых отложений в разрезе зоны аэрации.

При оценке устойчивости геологической среды особое значение придается физико-механическим свойствам грунтов и гидрогеологическим условиям для карста. При оценке селевых процессов используются такие критерии, как частота схода и масштабность процессов.

Для оценки оползнеопасных явлений учитываются формы рельефа, условия залегания ослабленных зон, прочность на сдвиг, тип механизма смещения, льдистость ММП, температурный режим, техническая нарушенность пород, гидрогеологические условия разгрузки подземных вод.

Оценку устойчивости многолетнемерзлых пород (ММП) следует связывать с температурой, составом, льдистостью и просадочностью пород. Важным критерием является показатель просадочности при оттаивании, на основе которого определяются категории ММП при инженерно-геологическом обосновании всех наземных и полузаглубленных нефтепромысловых сооружений. Применительно к каждой категории ММП применяются соответствующие методы прокладки трубопроводов, принцип выбора типов фундамента, заглубления резервуаров, характер сооружения амбаров и т. п. Для обеспечения технической безопасности необходим прогноз образования сквозных и несквозных таликов.

Строительство и эксплуатация объектов нефтегазового комплекса оказывает сильное воздействие на почвенно-растительный покров и животный мир. Поэтому проводятся измерение, оценка и прогноз изменений абиотической составляющей и ответной реакции биоты на эти изменения. Состояние почв определяется физико-химическими параметрами, характеризующими изменения ее параметров в пространстве и во времени. Биологические свойства почв характеризуются набором функциональных и структурных параметров. Важным показателем состояния почвенно-растительного покрова является его нарушенность экзогенными геологическими процессами, пораженность территории, активность и интенсивность развития.

Решающее значение в поддержании устойчивого состояния почвы оказывает жизнедеятельность почвообразующих организмов. К наиболее важным почвенно-биологическим процессам относятся превращение органической составляющей

почвы, превращение минеральной составляющей почвы, ее разрушение, создание биологической массы. Функциональные связи между органической и минеральной составляющими почвы осуществляются ферментативно. Такой подход может быть использован для оценки интенсивности и направленности экологической активности почвенно-биологических процессов. Для оценки химического состояния, формирования и развития почв может быть использована система показателей, включающая совокупность химических и биологических параметров: содержание аммонийного и нитратного азота, подвижных фосфатов, гумуса, величина pH. Показателем производительности почвы служит масса полезного биологического вещества.

Показателем загрязненности служит процентное содержание нефтяных углеводов, хлорид – и сульфат-ионов. Загрязненность почвы нефтяными углеводородами, высокоминерализованными водами и другими загрязняющими веществами может быть установлена путем сравнения фактического количества загрязняющего вещества в почве с предельно-допустимыми нормами или фоновым их содержанием. Оценка почвенно-мелиоративного состояния земель по загрязненности высоко минерализованными водами производится по данным анализа по плотному осадку, содержанию хлора и сульфатов. Для оценки фауны используются показатели видового состава, встречаемости, распространения, продуктивности, промысловой значимости. Учитываются границы популяций или ареалов, наличие редких и краснокнижных видов, типы угодий или местообитаний, наличие кормовых, защитных, гнездовых и других стадий.

Большое значение для нефтегазовой отрасли придается социальным и эколого-экономическим вопросам. При оценке альтернативных проектных решений могут быть использованы следующие критерии: комплексное социально-экономическое развитие региона на базе отрасли; повышение жизненного уровня населения, комфортности его проживания, уровня культурно-бытового обслуживания, архитектурно-ландшафтных, рекреационных и санитарно-гигиенических условий, состояния здоровья.

8.3. Оценка экологического риска и аварийных ситуаций

Опасность и риск – связанные между собой и взаимно зависимые понятия. *Опасность* – возможность, угроза чего-либо неблагоприятного, способного принести вред. *Опасность* определяется ущербом, который может оцениваться качественно и количественно, в натуральных или денежных показателях. *Риск* – это действие на удачу в надежде на успех задуманного мероприятия. Риск – вероятность опасности. Вероятность наступления неблагоприятно события определяется от 0 до 1, или от 0 до 100 %. Риск и опасность – понятия социальные. Они возникают в различных общественных отношениях. Рассматривают экономические, производственные, политические, экономические, экологические и другие критерии риска. Опасность и риск проявляются в определенной ситуации. Для их оценки обязательна целевая установка, направленная на решение поставленной задачи, достижение намеченной цели.

Экологическая опасность (ЭО) и *экологический риск* (ЭР) находятся в сфере взаимодействия общества и природы. Взаимоотношения человека и его действия, происходящие вне окружающей природной среды, к экологическим отношениям не относятся. Критериями ЭО и ЭР является связь человека с природой, протекающие между ними процессы (рис. 8.3.1).

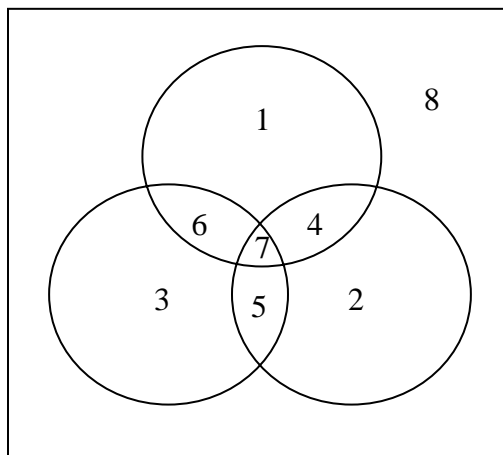


Рис. 8.3.1. Виды и сферы проявления экологических рисков.

1 – природа (природные риски), 2 – хозяйство (производственные, техногенные и экономические риски), 3 – население (социальные риски), 4 – природно-хозяйственные риски, 5 – социально-хозяйственные риски, 6 – природно-социальные риски, 7 – природно-социально-хозяйственные риски (интегральная оценка), 8 – ситуация и целевая установка

Основой возникновения таких отношений служат *экологические факторы*, подразделяемые на *события* и *действия*.

Факторы, или условия, в которых протекает человеческая деятельность, могут быть природными и социально-хозяйственными.

События, которые возникают и порождают экологические отношения, происходят как с участием человека, так и помимо его воли. К первым относятся преднамеренные и случайные действия, например, не продуманные и совершенные по неосторожности. Вторые выступают как природные явления. Например, землетрясения и извержения вулканов, бури и наводнения. Но и они часто являются следствием непродуманной деятельности человека. Это стихийные бедствия, возникающие по чисто естественным причинам, но усугубляющиеся вследствие бездействия или неправильных действий людей. Таким образом, ЭР является следствием двух факторов – воздействия человека на окружающую природную среду, и природы на человека. ЭР может, также, проявиться при совместном участии двух указанных факторов, внешней и внутренней среды.

Действия, или антропогенная деятельность, рассматриваются как основная причина возникновения ЭР. В результате природопользования наносится вред окружающей среде, а через нее прямо (непосредственно) или косвенно (опосредованно) человеку. Действия или поступки человека могут быть экологически позитивными и негативными. В результате первых ЭР снижается. Такие действия направлены на охрану, рациональное использование, восстановление или снижение нагрузок на окружающую природную среду. К увеличению ЭР приводят нарушения правил природопользования, конфликтные или противоречивые

отношения между хозяйствующими субъектами. В том случае, если отношения природопользования носят дополнительный характер, например, сбросы загрязнителей или отходы одного предприятия является сырьем для другого, ЭР снижается.

В общем, ЭР определяется взаимодействием трех факторов: свойств природных объектов, условий и ресурсов; вида природопользования и уровня научно-технического прогресса (рис. 8.3.1).

Природные условия, в которых протекает человеческая деятельность, могут быть благоприятными и неблагоприятными. ЭР зависит от двух главных свойств компонентов ландшафта – устойчивости и значимости (табл. 8.3.1).

Устойчивость определяется чувствительностью и восстанавливаемостью тех либо иных компонентов в отношении определенных видов воздействия. Значимость подразделяется на экологическую и ресурсную. Экологическая значимость связана с природными функциями ландшафта, такими как средозащитными, средоформирующими, средостабилизирующими, средовосстановительными и др. Они трудно поддаются экономической оценке. Ресурсная или социально-хозяйственная значимость обусловлена потребительскими свойствами природных объектов и возможностями их использования. ЭР уменьшается, если в хозяйственный оборот вовлекаются территории с устойчивыми ландшафтами, их использование не приводит к снижению экологических функций, естественные ресурсы благоприятны по запасам, местоположению, скорости исчерпания, возможностям самовосстановления и или рекультивации, темпам экономического восстановления, возможности замены одного ресурса другими.

Таблица 8.3.1

Оценка экологического риска по критериям устойчивости и значимости

Устойчивость		Чувствительность		Значимость		Экологическая		Экологический риск		Чувствительность	
		низкая	высокая			низкая	высокая			низкая	высокая
Восстан	высокая	высокая	средняя	Ресурсная	высокая	средняя	высокая	Значимость	высокая	средний	высокий

авливаем	низка	средн	низка		низка	низка	средн		низка	низкий	средн
ость	я	яя	я		я	я	яя		я		ий

Наибольшим экологическим риском характеризуется ситуация, при которой в сферу техногенного воздействия попадают ландшафты с низкой устойчивостью и высокой значимостью. Наименьший риск при высокой устойчивости и низкой их значимости.

Управление ЭР осуществляется посредством использования процедуры нормирования. Экологическая безопасность в системе природопользования достигается выполнением субъектами хозяйственной деятельности эколого-правовых норм. В качестве эталона или объекта сравнения существующего (наблюдаемого) и требуемого качества экологического состояния обычно используются базовые государственные стандарты и требования, выраженные в виде природоохранных норм и правил. Чтобы конкретизировать местные экологические условия и привязать их к определенной хозяйственной или иной деятельности, воздействующей на природу, разрабатываются и применяются региональные нормативы допустимого ЭР.

Анализ аварийных ситуаций. Существенный ущерб при добыче газа наносится атмосферному воздуху. От общего объема отходящих веществ при добыче газа было уловлено и обезврежено в 1992 году только 8 %, в 1993 году – 18,9 %, что значительно меньше, чем в других отраслях промышленности. В связи с этим ряд населенных пунктов, расположенных в местах добычи и переработки газа, входили в перечень городов с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха.

В 1992 году предприятиями отрасли сброшено загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты 21,3 млн м³ из 56 млн м³ использованной воды. Дополнительный ущерб окружающей среде наносят аварии на буровых установках и платформах, а также на магистральных газонефтепроводах, которые являются наиболее типичными причинами загрязнения нефтью поверхностных вод и земельных угодий. Наиболее крупные фонтаны с неконтролируемым выбросом нефти происходили в следующих местах: два на Комсомольском

месторождении предприятия «Тюменьбургаз» РАО «Газпром», образовавшихся в августе 1992 года, и в ПО «Сахалинморнефтегаз» в октябре 1992 года.

В 1993 году наиболее тяжелые последствия имели фонтаны в объединении «Ямалнефтегеология» на Ново-Портовском месторождении и в объединении «Кубаньгазпром» на Прибрежном месторождении.

На магистральных нефте-, газо- и продуктопроводах было отмечено 57 аварий, сопровождавшихся потерями сырья, возникновением пожаров, загрязнением больших территорий. В результате только одной аварии на линейной части магистрального нефтепровода Красноярск–Иркутск в марте 1993 году разлилось около 25 тыс. м³ нефти и было уничтожено 33 га плодородной земли.

В работе А. А. Земцова и В. А. Земцова (1997) анализируются причины возникновения как существующих, так и возможных экологических катастроф в Западной Сибири. Самый большой вред в этих районах причиняют аварийные разливы нефти, залповые выбросы газа из скважин и трубопроводов. На месторождениях Западной Сибири систематические прорывы нефтепроводов случаются до 35 тыс. раз в год, в том числе до 300 официально регистрируемых аварий (с выбросами нефти свыше 10 тыс. т в каждом случае). Причина аварий – прорывы трубопроводов из-за коррозии (более половины эксплуатируемых ныне нефтепроводов старше 20 лет) и наездов на них гусеничной техники. Суммарный объем ежегодно выливающейся на грунт и в водоемы нефти составляет, по разным оценкам, от 3 до 10 млн т (Вильчек и др., 1996). Так, в июле 1990 года возле Белозерска (Ханты-Мансийский национальный округ) было разлито до 500 тыс. т нефти, а в 1993 году почти там же в результате прорыва нефтепровода у ст. Нягань (недалеко от Сосьвинского заповедника) вылилось не менее 420 тыс. т нефти. При авариях часто происходит возгорание транспортируемых продуктов (в основном метана). В 1994 году в Западной Сибири в результате только 27 выбросов в атмосферу поступило свыше 29,8 тыс. т загрязняющих веществ.

На юге Сибирской платформы расположено несколько крупных (всероссийского и международного масштаба)

нефтегазовых месторождений. Разведка этих месторождений ведется достаточно давно, что позволило накопить определенный опыт возникновения и ликвидации аварийных ситуаций, профилактических мероприятий. Практически все глубокие скважины на разных уровнях вскрывают рассоло- и газоносные высоконапорные горизонты. На некоторых происходили аварийные ситуации, сопровождающиеся фонтанированием и изливом рассолов, которые привели к значительным материальным ущербам.

Например, только в Жигаловском районе Иркутской области аварийные ситуации возникали на скважинах: № 131, 100 Верхоленских, № 2, 3 Балаганкинских, № 176 Рудовской, № 2 Карахунской, № 3, 18, 52 Ковыктинских, № 13 Омолойской и др.

Подобного рода аварии случались на Ковыктинском газоконденсатном месторождении на скважинах разведочного бурения № 3, 18, 52. В январе 1994 года на скважине № 18, расположенной на водоразделе рек Орлинги и Орлингской Нючи, правых притоков р. Лены, создавалась аварийная ситуация. При бурении скважины на газ с глубины 2 076 м при проектном забое 3 140 м началось интенсивное рассолопроявление с дебитом 5 000 м³/ч. Выброс высокоминерализованного рассола произошел вследствие геологического осложнения при вскрытии горизонта с аномальными параметрами по давлению (460 атм на глубине около

2 тыс. м), дебиту и температуре. Рассол поступал в аварийные котлованы. Вследствие их переполнения и прорыва стенок пластовые воды были сброшены на рельеф и устремились вниз по склону в долину реки Орленгской Нючи. Длина грязесолевого потока составила 850 м, ширина до 30 м. Летом в коридоре загрязнения произошло усыхание растительности. Объем солей, попавших на ландшафт, около 200 м³. Весной с талыми водами рассол стал поступать в Орленгскую Нючу. Однако вследствие постепенного вымывания солей из почв и большого разбавления концентрация загрязнителей в реке оказалась незначительной (Геоэкология..., 2003).

Исключительно высокие требования к экологической безопасности выдвигаются при глубоком бурении высоконапорных горизонтов, поскольку в этом случае резко

возрастает риск аварийности при вскрытии пластов. Возникающие чрезвычайные ситуации (аварии) сопровождаются загрязнением или частичным уничтожением окружающей природной среды, выходом из строя промышленного оборудования, установок, технических узлов и целых циклов, порою человеческими жертвами. Это обуславливает значительные финансовые затраты на ликвидацию аварий, рекультивацию земель, компенсационные и страховые выплаты, судебные издержки и т. д. Поэтому в качестве главного условия экологической безопасности в процессе буровых работ следует рассматривать профилактику аварийных ситуаций.

8.4. Оценка величины и значимости техногенного воздействия

Описание видов и характера техногенного воздействия на окружающую среду должно сопровождаться количественной оценкой. Величина или интенсивность воздействия не всегда прямо пропорциональна негативным последствиям. Последние зависят как от характера самого источника воздействия, так и свойств окружающей среды, на которую направлено воздействие.

Существует несколько методов выявления значимых воздействий. К ним относится метод списка, метод систематического выявления воздействий (метод сети) и метод матрицы, предложенной американским ученым экологом Леопольдом (Черп и др., 2000). Значимые воздействия выявляются с помощью матрицы, в которой столбцы соответствуют различным видам деятельности в ходе осуществления проекта, а строки – компонентам окружающей среды. На пересечении строк и столбцов указывается значимость воздействия.

Количественно оценить значимость воздействия можно с помощью или натуральных исследований и изысканий, или экспертной оценки. Натурные исследования точнее, но требуют привлечения крупных средств и охвата большого количества промыслов в разных природных зонах для репрезентативности выборки. Экспертный метод позволяет добиться результата хотя и с меньшей точностью, но и со значительно меньшими финансовыми и временными затратами.

Значимость воздействия производственной инфраструктуры КГКМ на окружающую среду определялась с помощью матрицы Леопольда. Матрица представляет собой таблицу, где по вертикали расположены основные компоненты природных сред, а по горизонтали – факторы воздействия.

Все техногенные объекты ранжировались по величине и значимости воздействий. В таблицу 8.4.1 включены объекты проектируемого газодобывающего комплекса КГКМ, оказывающие воздействие на компоненты ландшафта.

Местность представляет уплощенные вершины плато, сложенное полого залегающими осадочными породами (песчаниками, алевролитами, доломитами) ордовика и кембрия, с глубоко врезынными речными долинами. В растительном покрове высоких междуречий преобладает кедрово-пихтовая кустарничково-моховая горная тайга. На дне долин развиты таежно-болотные комплексы. Обширные площади покрыты гарями.

Оценка воздействия проводилась по методу балльных оценок, где наиболее значимым воздействиям на компоненты ландшафта соответствует 1 баллу, наименее значимым – 5 баллов. Арабскими цифрами обозначены простые баллы, римскими – сложные баллы. Суммарные значения простых баллов определяют интегральную оценку воздействия, соответствующую степени экологического риска в значениях от I балла (максимальный риск) до V баллов (минимальный риск). Оценивались техногенные воздействия объектов

Таблица 8.4.1

Матрица воздействий объектов обустройства КГКМ на

Объект	Компоненты окружающей среды															Суммарная оценка воздействия, баллы экологического риска												
	Атмосфера		Подземные воды		Поверхностные воды		Геологическая среда		Почвы		Растительность		Животный мир		простые	сложные												
	С	Э	А	С	Э	А	С	Э	А	С	Э	А	С	Э	А	С	Э	А										
Свежаяна	3	4	1	4	3	1	5	4	2	5	3	1	4	1	3	2	1	2	2	20	23	10	III	III	I			
Промбаза «Ночакан»	2	2	2	4	2	1	4	4	2	3	4	2	1	3	2	2	3	4	3	19	22	14	III	III	II			
Шлейфы внутрипромысловых трубопроводов	4	5	1	4	4	2	4	4	2	3	3	3	1	3	1	1	4	1	1	3	2	18	26	12	II	IV	I	
Установка комплексной переработки газа	4	2	1	4	4	2	5	5	2	5	4	1	4	1	2	3	2	1	1	1	22	24	13	III	IV	II		
Автодороги	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	3	3	1	4	2	1	3	3	18	25	22	II	IV	III
Насосная станция	3	4	2	5	2	3	5	5	5	5	4	2	4	2	2	4	2	1	1	1	23	25	19	III	IV	III		
Карьеры	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	1	4	3	1	4	3	1	3	2	20	28	25	III	IV	IV	
ЛЭП	4	5	4	5	5	5	5	5	5	3	4	4	1	4	4	1	4	3	1	3	3	20	30	29	III	V	IV	

Примечание: все объекты, за исключением вахтового поселка, расположены в зоне ОПЭ на уплотненных вершинах плато, покрытых кедрово-пихтовой кустарничково-зеленомошной тайгой. Вахтовый поселок – промбаза Ночакан оказывает воздействие на пойменно-террасовые и подгорно-таежные ландшафты. В таблице приведена оценка воздействия в отношении кустарничково-моховых кедрово-лиственничных лесов, произрастающих на надпойменной террасе р. Ночакан в окружении поселка. При составлении таблицы взяты данные оценки экологических условий территории, использованные при выделении и картографировании ПЭБ. Сумма оценочных показателей по ландшафтному компоненту определяет итоговую оценку воздействия: I – наиболее сильное (17–12 баллов); II – сильное (13–18 баллов); III – умеренное (19–23 балла); IV – слабое (24–29 баллов); V – очень слабое, практически не выявляется (30–35 баллов).

обустройства на компоненты окружающей природной среды для различных стадий освоения и ситуаций (С – строительство, Э – эксплуатация, А – аварийные ситуации).

В качестве оценочных показателей выступали устойчивость и значимость компонентов окружающей природной среды. Ее устойчивость к техногенному воздействию оценивалась по значениям чувствительности и восстанавливаемости. Чувствительность – это реакция на воздействие. Восстанавливаемость – способность приходить в исходное состояние после прекращения воздействия. Значимость подразделяется на экологическую и ресурсную. Первая определяет роль того или иного компонента природной среды как фактора жизнедеятельности растений и животных, выполнения различных средообразующих и средозащитных функций. Ресурсное значение связывается с потребительскими свойствами, их способностью удовлетворять различные материальные и духовные запросы человека. При высокой чувствительности и низкой восстанавливаемости устойчивость минимальная; в сочетании с высокой экологической и ресурсной значимостью экологический риск техногенного воздействия наибольший. При противоположном значении показателей – наименьший.

Полученная таблица 8.4.1 дает реальное представление о степени экологической опасности отдельных технологических объектов газовой промышленности. Согласно данным таблицы 8.4.1, их ранжирование по степени экологической опасности в целом выглядит следующим образом. Наиболее сильными источниками воздействия на окружающую среду в период строительства являются линейные объекты: шлейфы внутрипромысловых трубопроводов, автодороги, а также промбаза, наименее сильными – точечные объекты: насосные станции, буровые скважины. В период эксплуатации наибольшее воздействие оказывают буровые скважины, установки комплексной переработки газа, промбаза, наименьшее – ЛЭП, карьеры, шлейфы внутрипромысловых трубопроводов. Наибольшую опасность при аварийных ситуациях представляют буровые скважины, шлейфы трубопроводов, установка комплексной переработки газа.

Ранжирование технологических объектов, приведенное в таблице 8.4.1, дает представление о реальном влиянии отдельных объектов на состояние окружающей среды. Вместе с тем, очевидно, что «опасность» объекта зависит и от частоты их встречаемости в технологической сети. По этому показателю и на других месторождениях нефти и газа лидируют кусты скважин, трубопроводные и автодорожные системы.

Литература

1. Вильчек Г. Е. Экологические проблемы Российской Арктики / Г. Е. Вильчек, Т. М. Красовская, А. В. Цыбань и др. // Проблемы окружающей среды. – 1996. – № 7. – С. 1–46.
2. Временные методические указания по составлению раздела «Оценка воздействия на окружающую среду» в схемах размещения, ТЭО (ТЭР) и проектах разработки месторождений и строительства объектов нефтегазовой промышленности. – Уфа, 1992. – 178 с.
3. Геология и окружающая среда. Т. 2. Добыча полезных ископаемых и геологическая среда / под ред. Г. С. Вартамяна. – М. : Внешторгиздат, 1990. – 260 с.
4. Геоэкология кустового безамбарного бурения нефтегазовых месторождений / А. Д. Абалаков, В. П. Половиткин, А. Г. Вахромеев и др. – Иркутск : Изд-во «Арт-Пресс», 2003. – 334 с.
5. Гриценко А. И. Экология. Нефть и газ / А. И. Гриценко, Г. С. Аколова, В. М. Максимов. – М. : Недра, 1997. – 589 с.
6. Земцов А. А. Возможности экологических катастроф в Западной Сибири / А. А. Земцов, В. А. Земцов // География и природные ресурсы. – 1997. – № 2. – С. 14–20.
7. Мазур И. И. Курс инженерной экологии : учебник для вузов / И. И. Мазур, О. И. Молдованов. – М. : Высш. школа, 2001. – 510 с.
8. Макаренко П. П. Комплексное решение проблем развития газодобывающего региона / П. П. Макаренко. – М. : Недра, 1996. – 321 с.
9. Природопользование на северо-западе Сибири: Опыт решения проблем / ред. В. В. Козин, В. А. Осипов. – Тюмень : Изд-во Тюменск. гос. ун-та, 1996. – 168 с.
10. Саксонов М. Н. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. Физико-химические и биологические методы : учеб. пособие / М. Н. Саксонов, А. Д. Абалаков, Л. В. Данько и др. – Иркутск : Иркут. ун-т, 2005. – 114 с.
11. Черп О. М. Экологическая оценка и экспертиза / О. М. Черп, В. Н. Виниченко, М. В. Хотулев и др. – М. : Социально-экологический союз, 2000. – 232 с.

Глава 9. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

9.1. Понятие экологического картографирования. Виды экологических карт

Одним из практически важных информационных методов управления природопользованием является *экологическое картографирование*, основанное на использовании в этих целях топографической информации общего и тематического характера, а также составлении специальных экологических карт.

В. А. Пересадыко (1989) по содержанию делит карты на частные и комплексные, а также на группы по благоприятности природных условий для жизни населения, производственной деятельности и влияния антропогенных факторов на жизнедеятельность; по практической специализации она выделяет инвентаризационные, оценочные и прогнозные карты. Т. В. Верещака (1991) классифицирует карты на частные и комплексные, выделяет особый класс природоохранных, отделяет собственно экологические от карт экологических факторов; масштабы рекомендует в зависимости от уровней картографирования. Г. А. Исаченко (1992) предлагает следующие принципы типизации карт: по характеру представления информации и уровню ее анализа (инвентаризационные, оценочные, прогнозные, прогнозно-рекомендательные, сценарные); по назначению и временной частоте (базовые, оперативные, экспресс-карты); по категориям пользования (научно-поисковые и производственные); по полноте охвата связей и отношений (отраслевые и комплексные). При создании каталога картографических произведений в Институте географии РАН (Комедчиков, Лютый, 1993) к экологическим отнесены карты семи тематических групп: оценки природных условий и ресурсов для жизни и деятельности человека; неблагоприятных и опасных природных процессов и явлений; антропогенных воздействий на природную среду и изменений среды; устойчивости природной среды к антропогенным

воздействиям; охраны природы и природоохранных мероприятий; медико-географические и рекреационные; комплексные экологические.

Приведенные карты охватывают широкий диапазон экологических ситуаций, рассматривая различные экологические аспекты взаимодействия природы, населения и хозяйства на различных территориях, поэтому в целом их можно отнести к категории геоэкологических карт.

9.2. Геоэкологическое картографирование

В настоящее время не существует единых принципов составления геоэкологических карт по причинам как неоднозначного толкования термина «геоэкология» и различных подходов к геоэкологическим оценкам, так и к их графическому представлению. Вопрос, какие карты могут называться геоэкологическими, до сих пор остается актуальным для геологов, географов, геохимиков, геофизиков, почвоведов, ландшафтоведов.

На геоэкологических картах должна отражаться степень отклонения состояния природных и природно-техногенных систем от естественного или нормативного состояния, иными словами, это устойчивость геологической среды или стабильность геосистем. В таком случае картографированию должно предшествовать инженерно-геологическое или физико-географическое районирование с характеристикой каждого выдела, ранг которого определяется масштабом карты.

Исходя из предлагаемого методического подхода, основанного на геосистемном принципе, объектом геоэкологического картографирования являются геосистемы – природный комплекс, состоящий из литогенной основы, гидросферы, атмосферы, растительного и животного мира, а также природно-техногенные системы, в которых природные компоненты претерпели коренное изменение под влиянием хозяйственной деятельности. Отсюда выделяются два типа карт геоэкологических оценок: карты оценки геоэкологической опасности функционирования

природно-техногенных систем и карты геоэкологической стабильности геосистем.

Основным содержанием геоэкологических карт должна быть острота и сущность геоэкологических проблем в пределах конкретных территориальных единиц. Задача геоэкологических карт – содействие решению этих проблем путем отражения на них оценки состояния природных и природно-техногенных систем в условиях различных техногенных нагрузок.

В теории картографии различают тематические карты природных, общественных явлений и их взаимодействия – геологические, этнографические, социально-экономические, экологические и др., а по степени обобщения изображаемых явлений: аналитические, комплексные и синтетические карты (Комплексное ..., 1997). Аналитические карты дают конкретные необобщенные показатели; комплексные карты показывают несколько взаимосвязанных объектов (каждый в своих показателях); синтетические – объекты как единое целое на основе объединения ряда показателей. Поскольку геоэкологические карты направлены на оценку остроты проблем и состояния территорий и отражают совокупность нескольких взаимосвязанных частных оценок, они должны быть интегральными.

На геоэкологических картах отражаются результаты взаимодействия человека с окружающей средой, т. е. они должны быть оценочными.

Геоэкологические карты по временной частоте анализируемых характеристик относятся к числу базовых. На их основе в дальнейшем могут создаваться оперативные карты и карты экспресс-информации (дежурные карты), содержание которых постоянно пополняется новыми данными об изменении геоэкологических условий. К дежурным картам относятся аналитические природные карты, на которых отображаются все данные об установленных изменениях состояния отдельных природных компонентов. На их основе может постоянно обновляться синтетическая по содержанию карта геоэкологической обстановки.

Так как на геоэкологических картах обычно отображается информация, необходимая для решения конкретных оценочных

задач, их следует относить к числу специальных карт. На специальных картах однородность условий выделяемых таксонов определяется в соответствии с той классификацией, которая в наибольшей степени отвечает решению поставленной задачи.

Область применения геоэкологических карт, относящихся к категории специальных, обширна. Геоэкологические карты являются уникальным информационным документом, позволяющим на основе их ситуационного анализа не только проводить различного рода исследования, но и давать рекомендации по дальнейшему использованию изучаемой территории, прогнозировать возможное изменение состояния природных и природно-техногенных систем. Они предназначены для рационального в геоэкологическом плане использования территории, необходимы для управления территорией с помощью ограничительных или защитных мероприятий, регламентирования хозяйственной деятельности, а также для реализации природоохранной деятельности, проектирования строительства и размещения конкретных объектов, инвестирования различных проектов, научно-прикладных целей.

Многоаспектность геоэкологического картографирования требует подразделения карт по нескольким признакам. Одним из основных признаков является пространственно-территориальная единица районирования картографирования. На сегодня известны несколько подходов к вычленению территориальных систем: административный, экономико-региональный, бассейновый, геоморфологический, ландшафтный, физико-географический, типизации геологической среды, выявления геохимических и геофизических полей, районирования по интенсивности проявления экзогенных геологических процессов и др. Применительно к геоэкологическому районированию можно назвать три принципа: структурно-морфогенетический, бассейновый, ландшафтный.

Структурно-морфогенетический принцип районирования заключается в выделении территорий с различной литогенной основой ландшафта с учетом генезиса этой основы, геологической структуры и рельефа. В большинстве случаев морфогенетические комплексы, являющиеся основной единицей районирования, совпадают с соответствующими формами

современного рельефа. Этот принцип районирования в наибольшей степени отвечает решению задачи картографирования геологической среды, но он не учитывает ландшафтную зональность, влияющую на условия миграции вещества, типы и интенсивность проявления экзогенных геологических процессов. Однако в практике геоэкологического районирования в настоящее время предпочтение отдается именно этому принципу.

Бассейновый принцип районирования заключается в выделении бассейнов поверхностного и подземного стоков, в пределах которых происходят миграция, аккумуляция, вынос химических веществ, в том числе токсичных. При применении этого принципа районирование осуществляется только по морфологии рельефа без учета строения геологической среды и других факторов. Бассейновый принцип широко используется при геохимических работах и позволяет определить расположение источников поступления в геологическую среду повышенных концентраций токсичных элементов.

При использовании *ландшафтного* принципа районирования территории дифференцируются по типам ландшафтов с учетом не только рельефа и литологического состава почвообразующих пород, но и почв, растительности и других компонентов ландшафтов. Кроме того, границы участков с разными уровнями загрязненности во многих случаях совпадают с контурами ландшафтов, так как последние часто различаются и по условиям транспортировки, депонирования и деконцентрации поллютантов (Стурман, 1995). Поэтому результаты геоэкологических оценок должны отражаться на карте, в основе которой лежит комплексное природное районирование – физико-географическое, ландшафтное или инженерно-геологическое (для городских территорий) с учетом современной структуры землепользования или функционального зонирования территории.

Районирование представляет собой объединение по однородным признакам участков территорий, методологически можно рассматривать и как задачу построения тематических карт. Следовательно, задача районирования с самого начала

тесно сомкнулась с картографией и во многом использовала ее методы исследований и отображения полученных результатов.

Пространственно определенные факты на геоэкологической карте включают как естественную, так и антропогенную (техногенную) составляющую, т. е. информацию об измененных компонентах природных и природно-техногенных систем. При этом используемые показатели могут иметь площадную, линейную или точечную локализацию, а также быть непрерывными.

Такое деление обусловлено характером и полнотой информации об объектах. Можно выделить следующие этапы создания геоэкологической карты.

1. Полевые изыскания или обследование территории, изучение картографических, фондовых и литературных материалов для целей природного районирования территории.

2. Физико-географическое или инженерно-геологическое районирование территории. Выделенные таксоны (геосистемы, природно-техногенные системы) являются объектом картографирования.

3. Сбор и обработка исходных данных для последующих оценок природно-ресурсного потенциала геосистем.

4. Установление природного и хозяйственного негативного воздействия на компоненты и объекты природных и природно-техногенных систем на основании анализа геодинамической обстановки (площадь распространения, мощность, тип режимов геологических процессов), а также выявления источников, видов и параметров техногенных нагрузок, структуры землепользования и функционального зонирования территории.

5. Оценка современного природно-ресурсного потенциала геосистем на основании природной дифференциации территории и изучения состояния отдельных природных компонентов или оценка состояния ГС, геофизического состояния территории, геохимического состояния депонирующих сред.

6. Оценка ущерба, причиняемого негативным воздействием на природные компоненты и инженерно-технические объекты.

7. Оценка современной геоэкологической стабильности геосистем или геоэкологической опасности функционирования природно-техногенных систем.

8. Прогноз геоэкологической стабильности геосистем или геоэкологической опасности функционирования природно-техногенных систем на основе данных о динамике изменения природных компонентов систем, перспективах развития хозяйственной деятельности, планируемой техногенной нагрузки на территорию и прогнозе появления и активизации негативных геологических процессов.

Таким образом, оценочные геоэкологические карты отражают результат взаимодействия природы и общества, потенциальную адаптационную способность геосистем к антропогенному воздействию, современное состояние систем, степень опасности для функционирования природно-техногенных систем и человека в них, стабильность геосистем.

Общая схема геоэкологических работ состоит из четырех этапов. На первом этапе выполняют рекогносцировочные работы. Проводят мелкомасштабные исследования (1:1 000 000–1:1 500 000) для определения регионального экологического фона, выявляют основные признаки и локальное размещение природных и антропогенных аномалий.

Конечным результатом первого этапа работ является определение размещения опасных геологических явлений эндогенного и экзогенного происхождения. После проведения мелкомасштабных работ намечают районы первоочередного проведения работ более крупного масштаба.

На втором этапе проводят среднемасштабные геоэкологические работы (1:200 000–1:100 000). При этом выделяют природные и антропогенные аномалии в местах расположения крупных объектов хозяйственно-бытовой деятельности.

На картах отражены степень экологической опасности загрязнения окружающей среды, прогноз ее изменения, очередность природоохранных работ. Кроме того, в таком же масштабе составляют карты опасных геологических явлений, характерных для исследуемого региона: наведенная сейсмичность, степень сейсмической или вулканической опасности, карстовых проявлений, наводнений, развитие селей с отражением уровня селевой опасности и т. д.

На третьем этапе крупномасштабных геоэкологических работ (1:50 000–1:25 000) выявляют очаги загрязнения размером до 100 км² (территории городов, населенных пунктов, зоны рекреационного назначения и другие хозяйственные территории), определяют пространственную структуру установленных аномалий, уровень концентраций химических элементов.

Цель работ, проводимых на этом этапе, состоит в том, чтобы определить геоэкологическую обстановку на территориях, обладающих большой социальной значимостью, и одновременно выделить территории с высокой техногенной нагрузкой. В процессе исследований выявляют источники загрязнения, определяют зоны их влияния, особенность миграции в окружающей среде. Проводимые работы служат основой для определения мест площадок и пунктов постоянного наблюдения для осуществления геоэкологического мониторинга. На заключительной стадии разрабатывают конкретные природоохранные рекомендации. Определяют круг промышленных объектов, на которых необходимо выполнить работы для определения локализации очагов загрязнения, выявить группы населения, наиболее подверженные такому воздействию.

На четвертом этапе при составлении карт масштаба 1:10 000– 1:5 000 и крупнее выявляют техногенно-геохимические ореолы площадью до 10 км², изучают причинно-следственные связи в системе «источник загрязнения—окружающая среда—живые организмы» в пределах выявленных потенциально опасных аномалий. При таких исследованиях выясняют и оценивают степень опасности сложившегося уровня загрязнения для живых организмов, потенциальную опасность геологических явлений для городских сооружений и отдельных построек и определяют направления практических мероприятий по улучшению качества окружающей среды, а также мероприятий по ликвидации опасных геологических явлений или снижению их негативного уровня.

На основе разработанных мероприятий можно проводить и прогнозные работы по определению состояния геологической среды. Исследования детального масштаба выполняют на конкретных локальных объектах и решают задачи, аналогичные задачам экологической экспертизы.

Для создания электронных версий карт и необходимой базы данных формируются геоинформационные системы (ГИС), обладающие эффективными возможностями анализа, обработки и преобразования информации. Накопление тематической информации в электронном виде делает возможным создание прогнозных карт.

9.3. Эколого-геологическое картографирование. Экологизация геологических и инженерно- геологических карт

Результаты анализа содержания «экологизированных» геологических карт свидетельствуют о чрезвычайно широком диапазоне отображаемых показателей и их оценок, а главное – об отсутствии до сих пор согласованных представлений о содержании таких карт и способах показа на них необходимой информации. Каждый автор или авторский коллектив решал задачу применительно к своему видению проблемы. Отсюда – отсутствие единых представлений о содержании и конкретной информации, обязательной для показа на эколого-геологических картах. В этом плане они отличаются от геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических карт, за названиями которых стоят общепринятое и узаконенное директивными и методическими документами содержание и способ отображения передаваемой информации.

Для экологически ориентированных геологических карт наметилось близкое понимание их содержания по двум следующим позициям:

- обязательность показа источников техногенного воздействия на литосферу с указанием вида, объема и режима выбросов;
- проведение функционального зонирования территории и составление таких карт на основе ландшафтной карты, карты типологического инженерно-геологического районирования или карты чувствительности (устойчивости) приповерхностной части литосферы к техногенному загрязнению.

Традиционно основным способом систематики и показа пространственной геологической информации принято считать геологические карты.

Анализ классификаций геологических карт разной тематической направленности, показал, что эколого-геологические карты по своей структуре и функциональной ориентации, с точки зрения практического использования, наиболее близки к картам инженерно-геологическим. В силу этого классификация последних, а также общие классификации географических карт, предложенные К. А. Салищевым (1976) и А. М. Берлянтном (1998), были использованы в качестве исходных при разработке систематики эколого-геологических карт.

Эколого-геологическое исследование и картирование осуществляется в соответствии с «Требованиями к геолого-экологическим исследованиям и картированию» (1991). В них впервые в нормативных документах использован термин «эколого-геологическая карта». Это картографическое отображение геологической среды и происходящих в ней процессов, оказывающих влияние на экосистемы и среду обитания человека, с интегральной оценкой интенсивности динамики этого влияния. В этом документе и предложено составление двух типов таких карт (схем) – эколого-геологических условий и оценки эколого-геологической опасности, или схемы районирования территории по эколого-геологическим опасностям. Содержание этих карт ограничено лишь абиотической компонентой экосистем с оценкой эколого-геологической обстановки по пяти градациям на основе учета устойчивости литосферы к техногенному воздействию.

Цель исследования и картирования – определение состояния геологической среды и составляющих ее компонентов, выявление техногенных нарушений геологической среды, оценка активности и определение направленности природных и техногенных процессов, осуществляемых для правильного планирования и необходимых при разработке технико-экономического обоснования (ТЭО) территориальных природоохранных мероприятий.

Задачами геолого-экологического картирования являются:

– определение естественного состояния геологической среды с одновременным выявлением экологического фона и существующих региональных геохимических барьеров;

– выявление основных техногенных объектов и факторов, воздействующих на геологическую среду, и оценка характера их влияния;

– выявление и оценка изменений геологической среды под воздействием техногенных процессов;

– выявление и оценка влияния техногенных изменений геологической среды на компоненты экосистем. Среди них первостепенное внимание уделяется состоянию биоты, атмосферы, поверхностного и подземного стока;

– качественный региональный прогноз основных тенденций техногенных изменений геологической среды;

– обоснование мероприятий по рациональному использованию и охране геологической среды.

К основным объектам изучения относятся:

1. Природные и техногенные ландшафты, созданные техногенными системами (территориально-промышленными, топливно-энергетическими, горнодобывающими, агропромышленными комплексами, а также городскими агломерациями); исследованию подлежат почвы и почвообразующие породы, комплексы горных пород, отложения постоянных и временных водотоков, озер, различные типы месторождений, первые от поверхности водоносные и слабоводоносные горизонты, бассейны регионального и местного подземного и поверхностного стока, техногенные отложения. Особое внимание уделяют определению опасности при поиске и разведке месторождений.

2. Эндогенные и экзогенные геологические процессы.

3. Крупные техногенные и промышленные объекты, в том числе централизованные водозаборы, нефтегазовые промыслы, места захоронения высокотоксичных отходов газо- и нефтедобывающей промышленности.

Картирование проводится даже в районах, где ранее были проведены геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические изыскания и составлены соответствующие карты. В этом случае ранее составленные карты служат необходимым вспомогательным средством исследований и включают специальные эколого-геохимические, эколого-гидрогеологические, эколого-радиометрические, эколого-

инженерно-геологические, эколого-гидрохимические, эколого-геокриологические виды исследований.

Исследовательские работы разбиваются на три периода: подготовительный, полевой, камеральный.

В процессе подготовительного периода проводятся:

- сбор материалов о геологическом строении территории, выделенных геологических структурах, разломной тектонике, геологическом развитии района; техногенных объектах (расположение, особенности технологических линий, вырабатываемом продукте и существующих отходах);

- сбор и обобщение информации по почвенно-геохимическим исследованиям с составлением предварительных карт загрязнения почвенных горизонтов;

- сбор и анализ информации о загрязнении атмосферного воздуха, поверхностной и подземной гидросфере и растительности, о характере переноса воздушным и водным путем загрязняющих веществ, в том числе и радиоактивных, о состоянии здоровья населения; о других техногенных и природных нарушениях окружающей среды.

Во время подготовительного периода целесообразно проводить рекогносцировочные маршруты с целью уточнения степени воздействия на геологическую среду

Полевой (экспедиционный) период проводится для маршрутных исследований, отбора проб, необходимых для проведения последующих специальных анализов, полевого составления комплекта карт. Набор последних и их количество определяют на конечной стадии подготовительного периода в зависимости от степени техногенной нагрузки и конкретных условий геологической среды.

В процессе экспедиционных работ картированию подлежат: природные и техногенные ландшафты; территории с различной интенсивностью проявления эндогенных и экзогенных геологических процессов и их техногенной активизации;

- места расположения оползней, просадок, карстообразования, суффозии, сейсмотектонических обвалов, засоления и подтопления территорий; участки геокриологических процессов и т. д.;

– участки техногенных изменений напряженного состояния горных пород, которые проведены для разведки и добычи полезных ископаемых, котлованов строительных площадок и распространения техногенных грунтов, – насыпи, отвалы, отстойники и т. д.;

– участки техногенных изменений гидрогеологических условий, в частности, участки истощения подземных вод, контуры депрессионных воронок, образовавшиеся в результате эксплуатации водозаборов подземных вод;

Во время полевых работ проводится целенаправленный отбор образцов горных пород и почвенных проб для последующего проведения химического анализа, осуществляется отбор проб воды и забор проб воздуха на территориях, подверженных техногенному воздействию.

В камеральный период подвергают аналитической обработке полученные в ходе экспедиционных работ картографические материалы, записи в полевых дневниках и пробы

В процессе камеральных работ составляют следующие карты:

– концентраций тяжелых металлов в геологической среде, радионуклидов, органических соединений, пестицидов и других веществ, способных отрицательно воздействовать на экосистему и среду обитания человека;

– площадей загрязнения почв, пород, зоны аэрации, воздушной среды, подземных и поверхностных вод, участков с фоновой концентрацией веществ, превышающей ПДК;

– содержания загрязняющих веществ в растительном покрове, приземной атмосфере, снежном покрове, участков скопления радиоактивных элементов;

– распределения опасных геологических явлений, торфяников, карстовых полостей и других геологических объектов.

Итоговым документом является геоэкологическая карта, которая представляет собой интегрированную карту всей геоэкологической информации. На основе данной карты составляют карты оценки, а также прогноза геоэкологической опасности, на которой выделяют площади с различной оценкой геоэкологической ситуации и площади с особыми условиями хозяйственной деятельности и природопользования.

Картографирование геодинамических процессов

Практические вопросы картографирования процессов современной геодинамики решаются с их подразделением на естественную и техногенную составляющие. Считают, что имеются достаточные основания сопоставлять основной период проявления современных процессов с временем научно-технической революции.

Картографирование интенсивности и результатов развития процессов может проводиться на основе специально разработанных классификаций, показателей и способов изображения, либо путем показа состояний явлений в разные интервалы времени, т. е. на качественном или количественном уровне изучения (Горелов, Тимофеев, 1990).

Качественное картографирование включает выявление факта протекания процесса, его локализацию и (иногда) балльную оценку интенсивности.

Процессы современной геодинамики затрагивают рельеф, почвы, растительность, поверхностные и подземные воды; каждое изменение геокомпонентов может рассматриваться как дешифровочный признак. Поэтому выявление и локализация геодинамических процессов и их последствий наиболее эффективно применения методов дистанционного зондирования в разных спектральных диапазонах. Дешифровочные признаки, представляющие собой взаимосвязи между содержанием геодинамических процессов и их внешними проявлениями в фотоизображениях, имеют локальный или региональный характер распространения. Поэтому общепринятая методика картографирования процессов геодинамики включает выборочное полевое дешифрирование съёмочных материалов на ключевых участках в целях выявления дешифровочных признаков и последующее сплошное дешифрирование в камеральных условиях. Выявлению техногенной составляющей процессов, а также характеристики их динамики способствует сопоставление разновременных снимков. Отдешифрованные контуры могут характеризоваться наличием одного ведущего и ряда сопутствующих, либо двух и более равнозначных процессов.

Существует два возможных подхода к качественному картографированию геодинамических процессов:

- характеристика отдешифрованных контуров (перечень процессов, выделение среди них ведущих, оценка интенсивности);

- прослеживание контуров проявления процессов, иногда с выделением участков их наиболее активного протекания.

Первый подход отвечает задачам комплексных исследований, второй предпочтительнее при выполнении специализированных работ по изучению одного или нескольких процессов. При картографировании по контурам наиболее употребителен способ качественного фона; при прослеживании контуров проявления процессов используются ареалы.

Количественное картографирование может опираться на натурные измерения проявлений процессов за определенные интервалы времени, проводимые при экспедиционных, стационарных и полевых экспериментальных исследованиях.

Методы количественной характеристики геодинамических процессов по техническому уровню применяемой аппаратуры подразделяются на *простые, средние* и *сложные*; при этом первые численно преобладают и наиболее применимы в исследованиях, нацеленных на территориально непрерывное картографирование. В очень редких случаях предметом исследования становится комплекс процессов, преобладающая же часть исследований посвящена эрозионно-аккумулятивным процессам в речных бассейнах. Характеристиками их интенсивности служат:

- объем смытого материала (определяемый с помощью метода шпилек при изучении плоскостного смыва, путем наблюдений за продвижением вершин оврагов и денудационных уступов);

- интенсивность транспорта наносов и растворенного вещества (определяется через показатели твердого и/или ионного стока, на основе регулярного опробования водотоков);

- объем и/или мощность новообразованных отложений (определяется по накоплению илистых образований в прудах, руслах, на поймах и в искусственных ямах-ловушках);

- остаточное содержание гумуса (определяется по результатам почвенных исследований).

Важнейшее условие сопоставимости результатов — нормирование их на интервалы времени с определением соответствующих количественных характеристик, таких как модуль твердого стока ($t/км^2$ в год).

При наличии больших объемов эмпирических данных о факторах развития и интенсивности геодинамических процессов становится возможным их прогнозирование. Так, получило распространение использование уравнения почвенной эрозии, которое связывает величину смыва с единицы площади за единицу времени с рядом климатических, геоморфологических, почвенных и хозяйственно-агрономических характеристик. Имеются подобные уравнения для характеристики дефляции. При создании прогнозных количественных карт геодинамических процессов вначале составляют серию факторных карт, характеризующих распределение всех параметров и эмпирических коэффициентов, а затем путем наложения делят территорию на выделы и рассчитывают для них количественные характеристики интенсивности процессов.

Эколого-геологическое картографирование на основе анализа экологических функций литосферы

Для экологической геологии метод картографирования также является значимым. При этом возникла необходимость создания нового класса карт, которые были названы эколого-геологическими. Они представляют собой графическую модель эколого-геологической обстановки, дающую обобщенное изображение на топографической основе состояния компонентов литосферы, отражающих ее экологические функции. Основным показателем должна быть интегральная или покомпонентная оценка состояния эколого-геологических условий литосферы, ранжированная по классам состояний, выполненная на основе анализа ее эколого-геологических функций: ресурсной, геодинамической, геофизической и геохимической.

На эколого-геологических картах отражаются два блока информации: о состоянии эколого-геологических условий литосферы и ее компонентов и о состоянии экосистемы, комфортности и безопасности проживания человека.

Классификация эколого-геологических карт по содержанию. Эколого-геологические карты относятся к категории

тематических геологических карт. По содержанию их подразделяют на четыре типа:

- карты эколого-геологических ситуаций;
- карты эколого-геологического районирования;
- карты эколого-геологические прогнозные;
- карты эколого-геологические рекомендательные.

Первый из этих типов должен относиться к категории фактологических карт, однако часто такие карты составляются как фактолого-оценочные. Второй тип эколого-геологических карт представляет собой карты сугубо оценочные, третий – прогнозные, а четвертый – содержит природоохранные, точнее литоохранные, рекомендации, направленные на регулирование эколого-геологических условий с целью их сохранения или улучшения.

Каждый из названных четырех типов карт подразделяется по характеру передаваемой содержательной информации на два вида: аналитические и синтетические (комплексные). Первые характеризуют или на них оценивается, прогнозируется один или несколько показателей эколого-геологических условий, а на синтетических картах отображается весь их комплекс, в совокупности определяющий современную или прогнозируемую эколого-геологическую обстановку.

Карты эколого-геологических условий отражают комплекс параметров или отдельные характеристики литосферы, которые характеризуют возможность воздействия компонентов литосферы на человека и экосистему в целом. Это может быть, например, загрязненность литосферы токсикантами, пораженность геологическими процессами, неоднородность геофизических полей, недостаток различных видов ресурсов. Эта информация дополняется сведениями об эндемичных заболеваниях населения, параметрах деградации экосистем и ее биотических компонентов. На этих картах все необходимые данные отображаются способом отдельного картографирования; суммарная их оценка по степени благоприятности, комфортности или безопасности проживания населения или экологического состояния экосистемы не дается. Элементы ландшафтного или геолого-структурного районирования, а также техногенная нагрузка на литосферу являются той основой, которая обеспечивает показ граничных условий выделяемых

геологических или иных природных тел и возможность оценки характера и интенсивности техногенного воздействия.

Критериями оценки приняты: уровень залегания грунтовых вод, загрязненность подземных вод, сейсмичность, пораженность территории экзогенными геологическими процессами, техногенная нарушенность горных пород (техногенные ландшафты), загрязнение почв и донных осадков, радиоактивные загрязнения, модуль техногенной нагрузки, степень измененности ландшафта.

Легенда таких карт состоит из нескольких разделов, два из которых – информация об эколого-геологических свойствах литосферы и ее компонентов и о состоянии экосистемы и ее биотической составляющей с акцентом на человека – являются главными.

Карты эколого-геологического районирования обеспечивают проведение районирования и ранжирование собранной информации на четыре класса состояния эколого-геологических условий литосферы и установление связи с зонами экологической нарушенности территории. Вначале проводится сбор информации о факторах, обеспечивающих проведение целенаправленного эколого-геологического районирования территории с учетом ее функциональной организации. Затем прорабатывается нормативно-методическая и правовая база.

Экологическое значение подобных карт заключается в том, что они позволяют определить предельно допустимую интенсивность техногенных нагрузок и техногенных изменений, превышение которых может вызвать негативные последствия для существования биоты и комфортности проживания человека.

К этой группе также следует отнести карты риска и ущерба, получившие широкое распространение за последнее время.

Эколого-геологические прогнозные и эколого-геологические рекомендательные карты предназначены для получения данных о результатах режимных наблюдений, необходимых для выявления тенденций эволюции компонентов литосферы при заданном уровне техногенной нагрузки, о планах хозяйственного развития территории и ожидаемой в связи с этим уровнем техногенной нагрузки.

Карты третьей группы представляют собой в разной степени модифицированные традиционные геологические, тектонические, геоморфологические, гидрогеологические, геокриологические, геохимические и другие карты геологического цикла. Это самая многочисленная группа карт, несущая информацию о распространении геологических явлений, ареалах рассеивания элементов, функциональной структуре территории, источниках техногенного загрязнения, содержании загрязняющих элементов, характеристиках значений физических полей, метрических параметрах рельефа, геологическом строении территории, разрывных тектонических нарушениях, зонах повышенной проницаемости и т. д.

Для экологически ориентированных геологических карт наматилось близкое понимание их содержания по двум следующим позициям:

- обязательность показа источников техногенного воздействия на литосферу с указанием вида, объема и режима выбросов;

- проведение функционального зонирования территории и составление таких карт на основе ландшафтной карты, карты типологического инженерно-геологического районирования или карты чувствительности (устойчивости) приповерхностной части литосферы к техногенному загрязнению.

Концептуальные основы составления эколого-геологических карт

В основу методики составления эколого-геологических карт положено учение об экологических функциях литосферы. Оно позволяет вычлнить объект эколого-геологических исследований в виде эколого-геологических свойств литосферы и их взаимосвязей с биотой и техногенезом.

Опираясь на эти представления, Н. С. Красиловой, В. Т. Трофимовым и Д. Г. Зилингом (2002) были разработаны и предложены концептуальные основы эколого-геологического картографирования, которые можно рассматривать в качестве его методической базы, отвечающей требованиям, изложенным выше. Они включают следующие позиции:

1) ранжирование состояния эколого-геологических условий литосферы в целом или ее компонентов должно производиться на согласованное число классов;

2) критериями выделения классов состояния эколого-геологических условий литосферы и связанных с ними зон экологического состояния экосистем на картах служат показатели, которые разделяются на тематические, пространственные и динамические;

3) выделение классов состояния эколого-геологических условий литосферы и зон состояния экосистемы может и должно осуществляться на основе небольшого числа наиболее представительных показателей, но обязательно с использованием и взаимным учетом тематических, пространственных и динамических критериев оценки;

4) основные требования к геологической основе эколого-геологической карты – отображение на ней показателей, на базе которых возможна площадная оценка экологического состояния картируемого объема литосферы и разработка прогнозных оценок;

5) классификация эколого-геологических карт по содержанию и масштабу должна учитывать все их многообразие и обеспечивать возможность учета эколого-геологической обстановки при реальном проектировании экологически ориентированных мероприятий;

6) характеристика состояния эколого-геологических условий литосферы или их оценка в тех или иных категориях должны отображаться на эколого-геологических картах всех типов *фоновой цветовой закрашкой*;

7) выбор способов отображения на карте интегральной оценки состояния эколого-геологических условий литосферы может проводиться на основе «суммирования» оценок различных экологических свойств отдельных компонентов литосферы разными способами.

9.4. Геоинформационное картографирование

Информационное обеспечение ГИС нефтяных и газовых месторождений подразумевает комплексное использование

различных массивов информации (информационных ресурсов) о состоянии природных и природно-техногенных территориальных систем на единой топографо-геодезической основе и интеграцию аэрокосмической и других видов информации в едином банке данных для подготовки вариантов решений управленческих задач.

Информационное обеспечение составляют:

– документальные информационные базы данных (отраслевые, тематические базы данных, топографические и тематические карты на бумажных носителях, аэро- и космические фотоснимки, результаты наземных исследований в системе мониторинга, фондовые материалы, результаты обработки полевых данных, проектные и фактические технические параметры сооружений и т. д.);

– цифровые информационные базы данных (цифровые карты, оцифрованные аэро- и космические снимки (АКС), атрибутивная семантическая информация и др.); эти базы могут быть рассмотрены как совокупность системы классификации и кодирования картографической и других видов информации и средств формализованного описания данных, в том числе и технологической документации.

Основу информационных ресурсов документальной базы данных составляют материалы и тематические карты, создаваемые на основе дешифрирования АКС (аналитические, синтезирующие и результирующие), предусматриваемые технологией мониторинга, а также данные полевых изыскательских работ. Определяющая специфическая особенность ГИС состоит в том, что основой этой базы данных являются не только исходные материалы в виде базовых региональных карт, аэро- и космических фотоснимков и табличных данных полевых изысканий, но и результаты их тематической обработки, т. е. специализированные карты, составляемые по данным дешифрирования материалов дистанционного зондирования (ДЗ) Земли и полевых изыскательских работ. Поскольку эти карты по направленности и содержанию являются оценочными и содержат в структуре качественные и количественные оценочные показатели, то они могут являться объективной информационной основой для разработки управленческих решений.

В состав исходной информации включаются также материалы ДЗ, но в ограниченном объеме, определяемом по картам (сложности ландшафтно-экологических условий – участки сложных категорий; социально-экологического риска – с высокими степенями риска; динамики состояния природной окружающей среды, наиболее динамичные участки потенциальных аварийных ситуаций). Кроме того, в состав документальной базы данных включаются материалы крупномасштабных аэрофотосъемок по объектам индивидуального проектирования (компрессорные станции, кусты скважин, перерабатывающие заводы, места размещения водопропускных сооружений, мостовые переходы, пересечения транспортных и трубопроводных сооружений, железнодорожные станции и узлы, поселки и т. п.).

Цифровая информационная база данных включает цифровые тематические карты, отражающие следующие показатели:

- топографо-геодезическую ситуацию района строительства и ее изменчивость;
- природно-экологическое состояние (кадастр, динамику, нарушенность, загрязненность, напряженность, прогноз устойчивости) природно-территориальных систем;
- нормативно-справочную информацию (государственные федеральные и региональные нормативные акты по экологии, землепользованию и строительству, правовому положению земель и их собственников);
- оценочную природно-ресурсную информацию о пригодности земель для хозяйственного использования и их стоимости; экологическом состоянии почв, поверхностных и подземных вод, грунтов, растительного покрова, состоянии и бонитету лесных угодий; данные о биологических ресурсах (кормовых, животного мира, водных, энергетических); данные об имеющихся и потенциальных ущербах состоянию окружающей среды.

В качестве входной информации и цифровую базу данных вводятся:

- топографическая и тематические специализированные карты, составленные в структуре мониторинга;
- материалы ДЗ;

- данные наземных изысканий;
- статистические данные региональных государственных учреждений;
- природно-ресурсная тематическая информация, получаемая из отраслевых фондовых источников;
- информация служб и подразделений организаций, осуществляющих строительство и эксплуатацию технических объектов (а также мониторинг)
- о состоянии технических средств и узлов инженерных сооружений, входящих в инфраструктуру исследуемой ПТС (данные об имевших место отказах, авариях, ущербе, остаточном ресурсе, принятых мерах инженерной защиты).

При разработке и формировании пространственной информации о базах данных необходимо учитывать следующие обстоятельства:

- системный подход при создании картографических моделей;
- принцип математико-картографического моделирования как способа отображения объектов территории;
- принцип растрового ввода – вывода графической, табличной, картографической и аэрокосмической информации, ее обработки и хранения в векторной форме;
- необходимость обеспечения многократного и многоцелевого доступа к цифровой графической, табличной, картографической и аэрокосмической информации.

В ГИС должна быть обеспечена возможность чтения содержательной информации, подготовленной в соответствии с международными стандартами на обмен информацией, а также возможность взаимодействия с другими информационными системами.

Геоинформационное картографирование лежит в основе поддержки производственного экологического мониторинга, схема организации которого разработана для территории размещения Ковыктинского газового комплекса (Концепция..., 2006). В его основе лежит наложение слоев пространственно ориентированной информации о производственных объектах, окружающей природной среде, оценке техногенного воздействия, размещении сети режимных наблюдений, оценке, прогнозе и управлении экологической ситуацией (рис. 9.4.1).

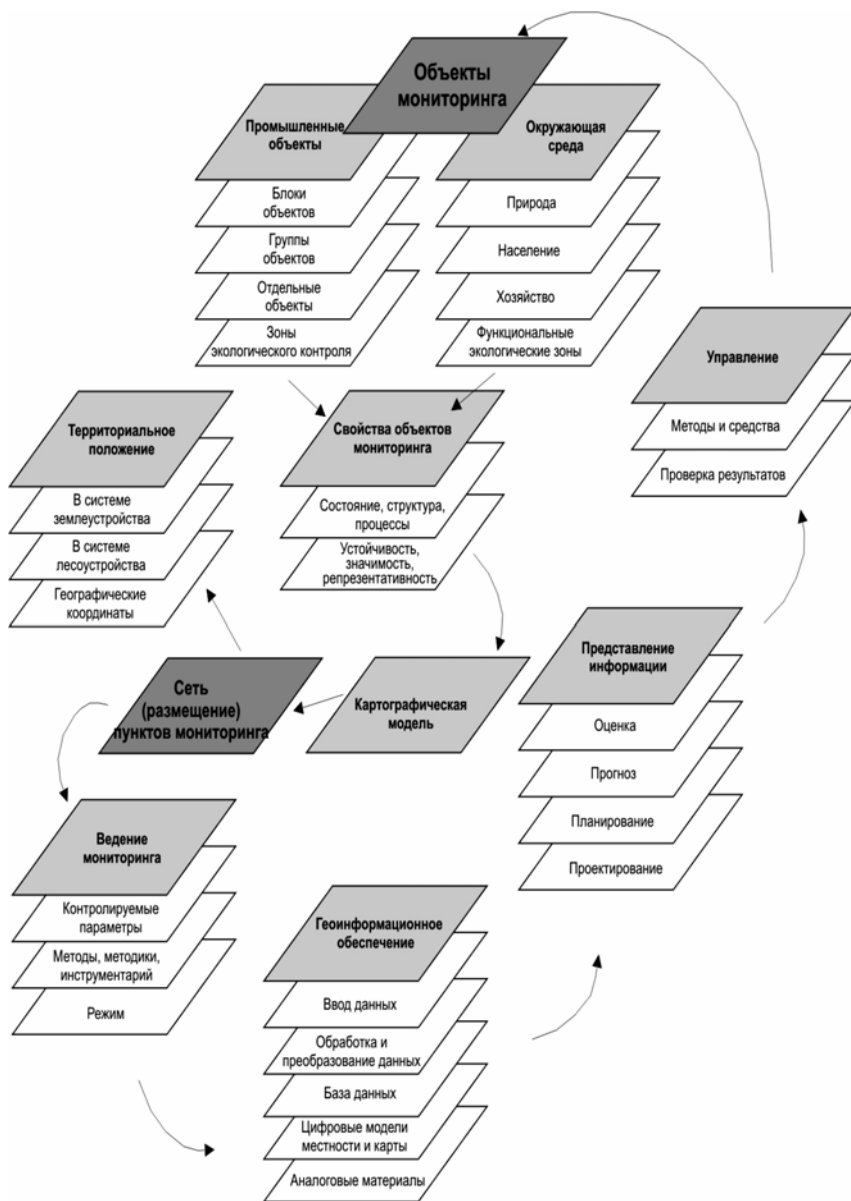


Рис. 9.4.1. Формирование картографической модели производственного экологического мониторинга Ковыктинского газового комплекса. Оверлейное представление.

9.5. Картографирование поясов экологической безопасности нефтегазовых месторождений

Пояса экологической безопасности (ПЭБ) представляют собой участки территории с различным уровнем природоохранных ограничений промышленного строительства.

ПЭБ выделяются для обоснования допустимого воздействия на окружающую природную среду различных хозяйственных объектов, в том числе нефтегазодобывающего комплекса. Инженерные сооружения нефтегазовых месторождений являются источником комплексного воздействия на окружающую среду.

ПЭБ позволяют оценить исходное состояние территории и возможное изменение экосистем под воздействием различных техногенных факторов на различных этапах освоения месторождений в зависимости от видов и параметров техногенного воздействия.

Обоснование и выделение ПЭБ проведено на примере участка опытно-промышленной эксплуатации (ОПЭ) Ковыктинского газоконденсатного месторождения (КГКМ). С разработки участка ОПЭ начинается освоение месторождения. Участок ОПЭ является репрезентативным для всего КГКМ (Абалаков, Васильев, 2003).

Как показывает практика экологической экспертизы и оценки воздействия проектируемых предприятий на окружающую среду, концепция поясов экологической безопасности (ПЭБ) применима к широкому кругу конкретных ситуаций, и поэтому требует расширения ее толкования и адаптации ко всему спектру экологических объектов. В первом приближении можно представить перечень следующих видов ПЭБ:

1) ПЭБ крупных городов, трансформирующих фоновые природные условия с основными вариантами: исторические центры, молодые промышленные города, города-спутники индустриальных центров-гигантов;

2) ПЭБ крупных промышленных объектов: санитарно-защитные зоны отдельных предприятий или их компактных комплексов, защитные пояса линейных объектов промышленной инфраструктуры;

3) ПЭБ различных проектируемых, строящихся, реконструируемых, расширяющихся, конвертируемых, ликвидируемых и консервируемых промышленных объектов: шахт, рудников, открытых карьеров, военных полигонов, космодромов и аэродромов с сопутствующими поселениями, осваиваемых и выработанных месторождений полезных ископаемых, эксплуатируемых и строящихся ГЭС и водохранилищ (Экологические..., 1998).

Организация поясов экологической безопасности осуществляется на принципах:

- приоритета экологических требований при организации поясов экологической безопасности и осуществлении в них природопользования;

- осуществления количественных и качественных ограничений природопользования;

- приоритета долгосрочного природопользования;

- приоритета рекреационного, культурно-исторического и природозащитного природопользования;

- сохранения целостности и устойчивого воспроизводства экологических систем;

- индивидуализации подхода к выделению и организации;

- единства и целостности организации;

- функционального зонирования;

- учета объема, территориально-пространственного распределения и концентрации антропогенных воздействий на окружающую природную среду;

- обязательности проведения экологического мониторинга;

- обязательности осуществления экологического контроля;

- единства, полноты и постоянства управления природопользованием;

- выделения и приоритетной охраны основных структурообразующих элементов (водоразделы, долины, грунты и т. д.), обеспечивающих устойчивое функционирование и воспроизводство экологических систем (Шорников, 1997; Экологические..., 1998).

На основе концепции ПЭБ проводится покомпонентная и интегральная оценка как отдельных природных и антропогенных экосистем, так и их комплексов в отношении различных видов

хозяйственной деятельности (Экологические ..., 1998; Экологические аспекты..., 2001).

ПЭБ Ковыктинского ГКМ представляют участки с различными видами и режимами хозяйственного использования. Для каждого пояса устанавливается уровень природоохранных ограничений. Такой подход позволяет осуществлять газопромысловое освоение территории с учетом требований охраны окружающей среды, интересов газодобытчиков и других землепользователей.

Пояса экологической безопасности выделяются для рационального использования, охраны и воспроизводства компонентов окружающей среды и интегральных экосистем, в связи с чем проводится анализ природных компонентов и условий (экзогенные геологические процессы, инженерно-геологические условия, почвы, поверхностные воды, подземные воды, атмосфера, растительность, животный мир) и дается их обобщенная оценка (интегральное экологическое зонирование, охрана окружающей среды). На заключительном этапе выделяются ПЭБ в системе комплексного землепользования. Каждое из указанных направлений иллюстрируется соответствующими картами прогнозно-оценочного содержания, которые являются послойными срезами природных сред ПЭБ ГКМ.

ПЭБ – это зоны природоохранной регламентации хозяйственной деятельности. Зонирование проведено по пятибалльной шкале. Баллы рассматриваются как классы экологического бонитета. Пояса I класса бонитета характеризуются крайне неблагоприятными (критическими) условиями освоения. Пояса V класса бонитета включают благоприятные с точки зрения освоения и состояния окружающей природной среды участки территории. Пояса III–IV класса характеризуются промежуточными значениями. В связи с промышленным характером хозяйственной деятельности пояса рассматриваются как инженерно-экологические зоны. Методология бонитировки, принятая в работе, является «обратной» существующим бонитировочным шкалам почв или леса, где I бонитет (продуктивность) – самый высокий, а V – самый низкий. Это сделано с той целью, чтобы не противоречить исходным понятиям лесопочвоведения: по экологическим

критериям наиболее «благоприятны» для размещения промышленных объектов именно те участки, естественный бонитет которых самый низкий (V). Вывод балла осуществляется на основе специальных оценочных показателей, которые разработаны для всех компонентов окружающей среды. Для некоторых из них, таких как экзогенные геологические процессы, почвы, растительность и животный мир составлены шкалы нарушенности и дана прогнозная оценка ее изменения в связи с техногенным воздействием и определена острота экологических проблем.

В процессе создания серии карт используется эколого-геологический подход. На *первом этапе* создания эколого-геологической основы разрабатываются две каркасные схемы: живой (растительность) и неживой (геология и рельеф) природы. Выделение составляющих элементов каркасов производится с помощью системного анализа исследуемой территории (Абалаков и др., 1997; Экологические аспекты..., 2001). Анализ предполагает рассмотрение структуры и особенностей функционирования экосистем, выделение которых производится в соответствии со следующими признаками:

- однородность природных компонентов – состав горных пород, формы рельефа, растительные сообщества и т. д.;
- степень трансформируемости с точки зрения прогнозируемого антропогенного воздействия.

Геолого-геоморфологический каркас дает представление о составе горных пород, их свойствах и рельефе. Основой растительного каркаса является породный состав лесопокрываемых территорий, который отражает наиболее ценные в экологическом и ресурсном отношении растительные сообщества.

На *втором этапе* работ составляется ряд аналитических карт геолого-экологического и биоэкологического содержания, в которых содержится информация об элементах неживой и живой природы. На *третьем этапе* составляется совмещенный каркас путем наложения геолого-геоморфологического и растительного каркасов. На основе получаемого комбинированного каркаса составляются синтетические карты. На них одновременно рассматриваются несколько элементов живой и неживой природы, либо в целом природный территориальный комплекс,

дается его эколого-хозяйственная или социально-экономическая оценка. В зависимости от конкретной ситуации на местности некоторые границы комбинированного каркаса могут уточняться. Серия экологических карт, выполненных на единой картографической основе и взаимосвязанных между собой в контурной и содержательной частях, является важнейшим картографическим документом, содержащим сведения об условиях окружающей среды, ее динамике и возможных негативных изменениях. Такие сведения необходимы, прежде всего, при планировании рационального природопользования, направленного на поддержание экологического равновесия геосистем.

Использование карты экзогенных геологических процессов предполагает изображение возможных изменений геосистем (прежде всего рельефа) под действием тех либо иных процессов, которые в свою очередь влияют на планирование мероприятий по хозяйственному освоению территории (рис. 9.5.1).

Карта инженерно-геологических условий отражает предполагаемые изменения геологической среды под воздействием существующих природных и антропогенных процессов, либо планируемых мероприятий. Так как связь условий освоения и обустройства КГКМ с инженерно-геологическими условиями наиболее четко фиксируется в природе по сравнению с другими компонентами окружающей природной среды, то эти карты можно отнести к одному из важнейших звеньев экологических карт, помогающих устанавливать планируемые мероприятия и их очередность.

Создание гидрогеологических карт в серии является бесспорным. Влияние подземных вод (уровня залегания и их химизма) представляет один из важнейших экологических факторов, определяющих условия существования и распределения живых организмов. Карта защищенности подземных вод отображает их происхождение, состав, свойства, закономерности распределения и движения, взаимодействия с горными породами, а также содержит оценку и прогноз результатов антропогенного вмешательства с целью обеспечения сохранности подземных вод от количественного и качественного истощения.

Карта водоохранного зонирования призвана обеспечить информацией о возможности экологического риска в процессе размещения и эксплуатации объектов промышленности, расположенных в долинах рек и ручьев. Для этого выделяются зоны с различными уровнями водоохранного ограничений, регламентированными нормативными законодательными актами и научными рекомендациями.

Неотъемлемой частью при рассмотрении вопросов природопользования являются исследования почвенного покрова. Почвенно-геохимическая карта отражает закономерности распространения определенных генетических категорий почв, их особенности и свойства в зависимости от условий геохимического ландшафта и почвообразования. На основе данной карты дается прогноз изменений почв под действием антропогенных факторов.

Цель карты инженерно-экологической бонитировки охотничьих угодий – показать условия местообитания ценных промысловых животных, миграцию элементов фауны на землях промышленного освоения. Размещение промышленных объектов скажется непосредственно на условиях обитания животных, что необходимо учитывать при планировании организации рационального природопользования.

Карта землепользования представляет собой территориальную схему размещения объектов месторождения, оптимальную с точки зрения интересов пользователей и требований природоохранного законодательства.

Влияние газового промысла на окружающую природную среду определяется, прежде всего, линейно-узловым характером размещения производства. Наибольшие изменения в структуре землепользования происходят в зоне отторжения лесных земель под постоянно действующие производственные объекты (кусты бурения, электростанции, промышленные площадки, карьеры, автодороги). Меньшее влияние оказывают линии электропередач, магистральные и внутрипромысловые трубопроводы, так как в зонах такого отвода полностью не исключается возможность использования земель в лесо- и охотохозяйственных целях.

Земли месторождения по отношению к техногенным воздействиям подразделяются на экологически устойчивые и неустойчивые, а также различные категории экологической и

ресурсной ценности. Для земель наиболее ценных в экологическом и ресурсном отношении, с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями строительства и неустойчивых к техногенным воздействиям, и поэтому малопригодных для размещения газопромысловых объектов, приоритет отдается охотничье-промысловому использованию. В промежуточных ситуациях принимаются компромиссные решения.

Карта охраны окружающей среды отображает взаимодействие объектов природной среды и человеческой деятельности. Создание этой карты связано с исследованиями экологических условий размещения объектов, с одной стороны, и социально-экологических (правовых) норм, с другой стороны (рис. 9.5.2).

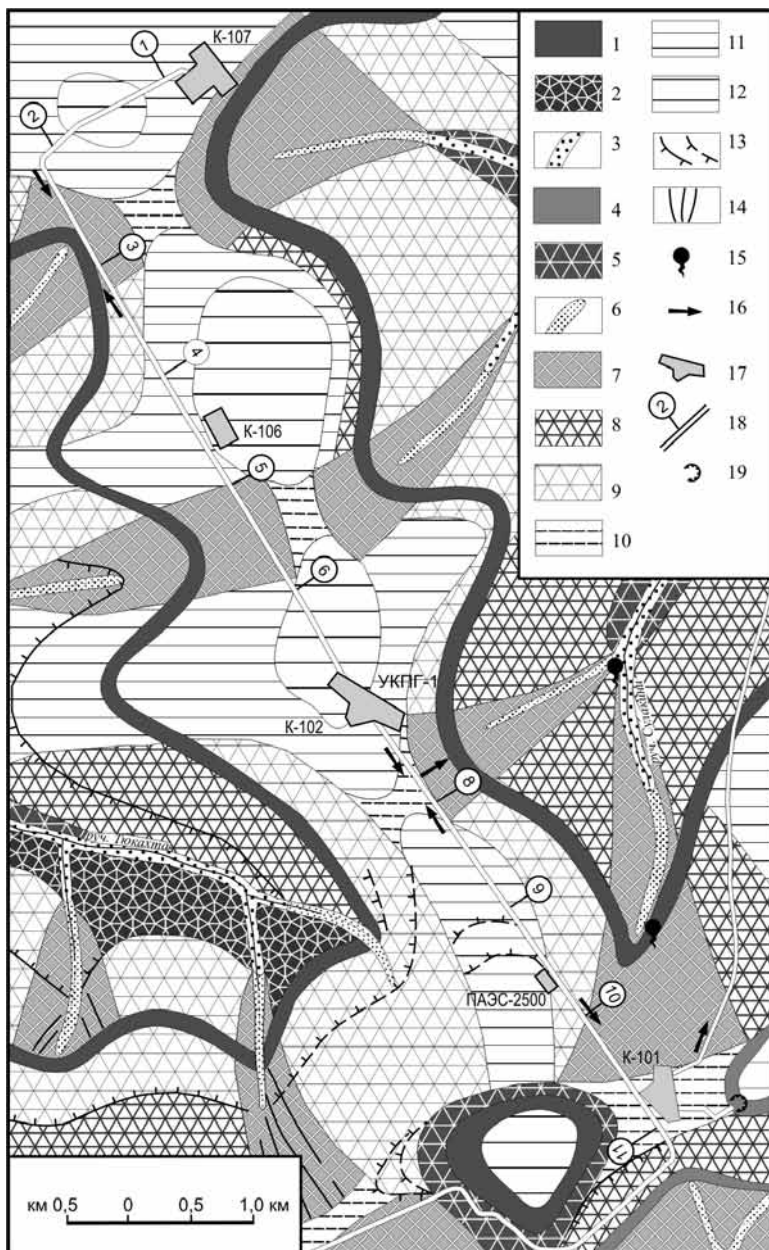


Рис. 9.5.1. Экзогенные геологические процессы

ЛЕГЕНДА к рис. 9.5.1

Участки с сильным проявлением экзогенных геологических процессов и прогнозом их активизации и возникновения новых очагов и форм при техногенном воздействии:

Наиболее высокой степени экологического риска промышленного освоения: 1 – гравитационных на активных структурных уступах (1, 1, 1, 1с, 1, 1)*. 2 – криогенных на северных склонах долин в зоне развития многолетней мерзлоты и разгрузки подземных вод (1, 2, 2, 1, 1, 1), 3 – речной эрозии и наледообразования на дне долин (2, 2, 2, 1с, 1, 1).

Участки со слабым проявлением экзогенных геологических процессов и прогнозом их активизации и возникновения новых очагов и форм при техногенном воздействии:

Высокой степени риска (II): 4 – гравитационных и эрозионных на стабильных уступах (3, 3, 3, 3к, 1, 1), 5 – эрозионных на крутых склонах (3, 3, 3, 3г, 1, 1), 6 – эрозионных на дне логов (3, 3, 3, 3м, 1, 1).

Средней степени риска (III) с развитием эрозионных процессов: 7 – в водосборных воронках (3, 3, 3, 3м, 1, 2), 8 – на склонах средней крутизны (3, 3, 3, 3г, 1, 2).

Участки без видимого проявления экзогенных геологических процессов с возможным возникновением новых очагов и форм при техногенном воздействии:

Низкой степени риска с возможным развитием эрозионных процессов (IV): 9 – на пологих склонах (3, 3, 3, 3, 2, 3), 10 – на водораздельных седловинах (3, 3, 3, 3, 2, 3)

Наиболее низкого риска с возможным развитием эрозионных процессов (V): 11 – на уплощенных вершинных поверхностях боковых отрогов (3, 3, 3, 3, 3, 3), 12 – на отдельных плоских вершинах (3, 3, 3, 3, 3, 3).

Дополнительные обозначения

13 – пластовые уступы; 14 – ложбины стока (делли); 15 – родники, морозное пучение; 16 – места активизации дорожной эрозии; 17 – буровые площадки К-101, К-102, К-106, К-107 и ПАЭС; 18 – трасса автомобильной дороги и внутрипромысловых трубопроводов с указанием номеров инженерно-геологических участков; 19 – карьер (полигон захоронения).

*Цифры в скобках – оценочные показатели – первая, вторая и третья – пораженность, активность и интенсивность ведущих экзогенных геологических процессов, соответственно, четвертая – влияние сопутствующих процессов: с – склоновой эрозии, к – карста, м – криогенных процессов, г – гравитационных процессов, пятая – энергия рельефа. Значение величин: 1 – высокие, 2 – средние, 3 – низкие. Шестая цифра – грунтовые условия: 1 – неблагоприятные (рыхлые обводненные, в том числе многолетнемерзлые, полускальные сильно трещиноватые, либо закарстованные породы), 2 – средние (рыхлые необводненные, полускальные слабо и умеренно трещиноватые, либо закарстованные породы), 3 – благоприятные (скальные массивные).

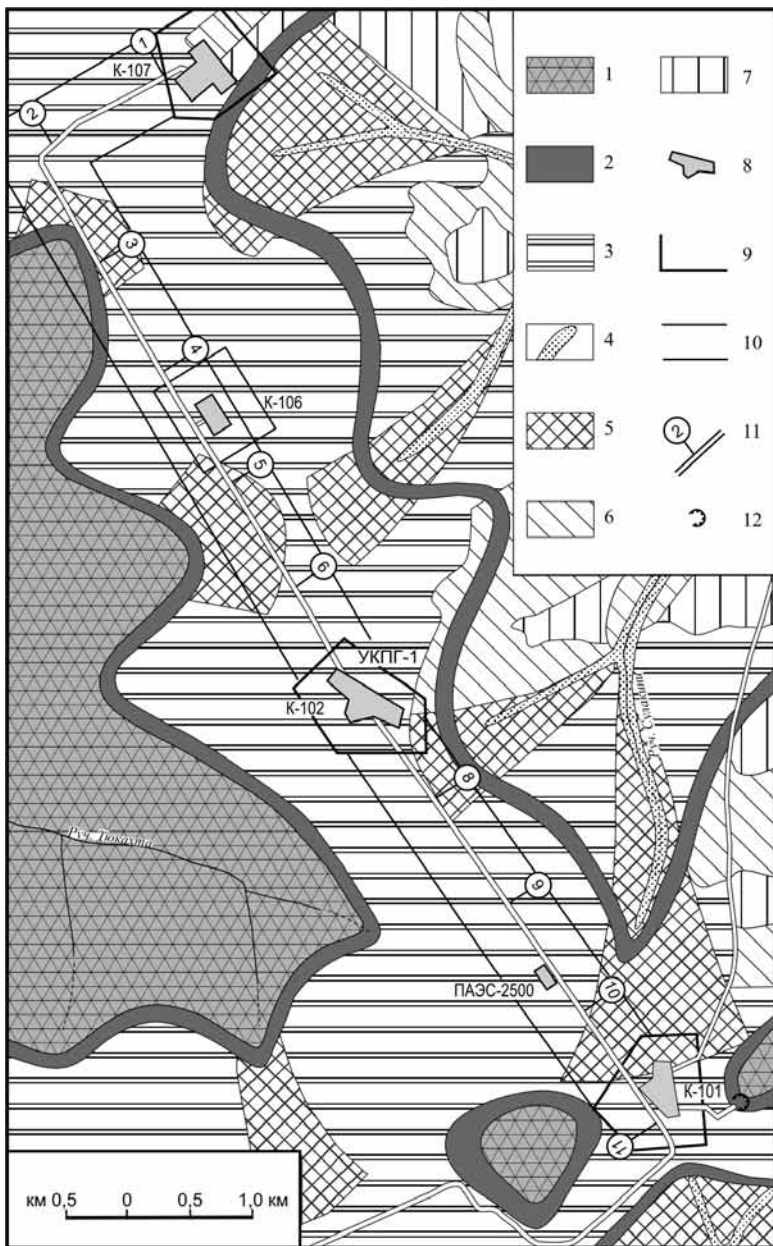


Рис. 9.5.2. Охрана окружающей среды

ЛЕГЕНДА к рис. 9.5.2

Наиболее высокий уровень природоохранных ограничений (I балл):

1 – рекомендуемая зона особо охраняемого режима (охрана природного разнообразия) – не допускается строительство промышленных объектов (1,1,1,1)*,

2 – структурные уступы (охрана средозащитных, биостационарных функций ландшафтов) – не рекомендуется размещения площадочных объектов, допускается строительство линейных сооружений (1, 1, 1, 1).

Высокий уровень природоохранных ограничений (II балла):

3 – коренная кедровая тайга – строительство промышленных объектов с проведением мероприятий по охране кедровников и ягодников, ценных промысловых животных и их миграционных путей (1, 2, 1, 1). 4 – верховья рек – охрана чистоты вод, запрет строительства площадочных объектов, допускается прокладка линейных сооружений с проведением противоэрозионных мероприятий, (1, 2, 1, 1). 5 – водосборные воронки – строительство промышленных объектов с проведением противоэрозионных мероприятий, запрет сброса загрязнителей на рельеф (2, 1, 1, 1).

Средний уровень природоохранных ограничений (III балла):

6 – кедровая нарушенная тайга – строительство промышленных объектов с проведением мероприятий по содействию естественному лесовосстановлению (2, 2, 2, 2).

Низкий уровень природоохранных ограничений (IV балла):

7 – гари и послепожарные мелколесья – допускается строительство любых объектов с проведением противопожарных мероприятий, содействие естественному лесовосстановлению (2–3, 3, 3, 3).

Наиболее низкий уровень природоохранных ограничений (V баллов):

8 – площадки кустового бурения и ПАЭС – могут быть использованы для последующего освоения без дополнительных ограничений, мероприятия общие (планировка, гидроизоляция, дренаж, рекультивация) (3, 3, 3, 3).

Дополнительные обозначения

9 – санитарно-защитные зоны буровых площадок и ПАЭС, 10 – охранные зоны линейных сооружений, 11 – трасса внутрипромысловых трубопроводов и автодороги с номерами участков (объектов), 12 – карьер (полигон захоронения).

* Оценочные показатели (цифры в скобках): первая цифра – экологическая ценность экосистем (1 – высокая, 2 – средняя, 3 – низкая), вторая цифра – устойчивость экосистем (1 – низкая, 2 – средняя, 3 – высокая), третья – допустимый уровень техногенного воздействия (1 – низкий, 2 – средний, 3 – высокий), четвертая цифра – степень сложности природоохранных мероприятий (1 – высокая, 2 – средняя, 3 – низкая).

Карта инженерно-экологического зонирования представляет общую схему развития территории КГКМ, раскрывает синтетическое, наиболее полное изображение природных комплексов. Вся информация, содержащаяся на данной карте, группируется по условиям, использованию и охране природных ресурсов.

В целях получения объективной и сопоставимой информации о состоянии природной среды исследуемой территории, ее изменениях в результате влияния антропогенных факторов необходимо создание карты мониторинга окружающей среды. С их помощью определяется перечень необходимых показателей, уточняются районы, пункты наблюдений, число станций, время и частота наблюдений.

Таким образом, выделение ПЭБ являются одним из способов проведения комплексной экологической оценки. Целью такой оценки являются экологическое обоснование проектов и схем развития нефтегазодобывающей отрасли. Экологическая оценка вносит вклад в обеспечение устойчивого развития, решение или предотвращение возникновения экологических проблем путем включения экологических (а не только экономических) соображений в формулировки целей развития.

Литература

1. Абалаков А. Д. Геоинформационное обеспечение и картографирование экологического риска / А. Д. Абалаков, С. Б. Кузьмин, Л. С. Новикова и др. // Геодезия и картография. – 1997. – № 11. – С. 39–46.
2. Абалаков А. Д. Пояса экологической безопасности Ковыктинского газоконденсатного месторождения / А. Д. Абалаков, С. В. Васильев. – Иркутск : Изд-во Арт-Пресс, 2003. – 136 с.
3. Баранов Ю. Б. Толковый словарь по геоинформатике / Ю. Б. Баранов, А. М. Берлянт, А. В. Кошкарев. – М. : Изд-во МГУ, 1997. – 87 с.
4. Берлянт А. М. Введение в картографию / А. М. Берлянт. – М. : Изд-во Рос. Открытого ун-та, 1993. – 44 с.
5. Берлянт А. М. Геоинформационное картографирование / А. М. Берлянт // Автоматизированная картография и геоинформатика. – М., 1990. – С. 25–40.

6. Берлянт А. М. Картографический метод исследования / А. М. Берлянт. – М. : Изд-во МГУ, 1978. – 252 с.
7. Берлянт А.М. Справочник по картографии / А. М. Берлянт. – М. : Недра, 1998. – 428 с.
8. Верещака Т. В. Экологические карты в системе карт для оптимизации окружающей среды / Т. В. Верещака // Геодезия и картография. – 1991. – № 1. – С. 39–42.
9. Горелов С. К., Тимофеев Д. А. Принципы выделения и картографирования современных геоморфологических процессов / С. К. Горелов, Д. А. Тимофеев // Экзогенные процессы и окружающая среда. – М., 1990. – С. 22–28.
10. Заиканов В. Г. Геоэкологическая оценка территорий / В. Г. Заиканов, Т. Б. Минакова; отв. ред В. И. Осипов; Ин-т геоэкологии РАН. – М. : Наука, 2005. – 319 с.
11. Исаченко Г. А. Экологическое картографирование на ландшафтно-динамической основе / Г. А. Исаченко // Экологическое картографирование на современном этапе : тез. докл. X Всесоюз. конф. по тем. картографированию. – Л., 1991. – Кн. 1. – С. 77–79.
12. Комедчиков Н. Н., Лютый А. А. Экологическое картографирование в Сибири / Н. Н. Комедчиков, А. А. Лютый // Ресурсно-экологическое картографирование на основе информационных технологий. – Иркутск, 1993. – С. 16–17.
13. Комплексное экологическое картографирование. (Географический аспект) / под ред. Н. С. Касимова : учеб. пособие. – М., 1997.
14. Концепция производственного экологического мониторинга Ковыктинского газового комплекса / А. Д. Абалаков, Д. И. Стом, С. П. Примина и др.; отв. ред. А. Д. Абалаков. – Иркутск : Иркут. ун-т, 2006. – 262 с.
15. Малышев Ю. С. Оценка состояния экосистем – ключевое звено экологического мониторинга / Ю. С. Малышев, Ю. В. Полюшкин // География и природные ресурсы. – 1988. – № 1. – С. 28–33.
16. Основы геоэкологии / под ред. В. Г. Морачевского. – СПб., 1994.
17. Пересадько В. А. Состояние и перспективы эколого-географического картографирования / В. А. Пересадько // Эколого-географическое картографирование и оптимизация природопользования в Сибири. – Иркутск, 1989. – Вып. 2. – С. 17–19.
18. Салищев К. А. Картоведение / К. А. Салищев. – М. : Изд-во МГУ, 1990. – 438 с.
19. Стурман В. И. Основы экологического картографирования / В. И. Стурман. – Ижевск : Удмурт. ун-т, 1995. – 219 с.
20. Стурман В. И. Экологическое картографирование : учеб. пособие / В. И. Стурман. – М. : Аспект Пресс, 2003. – 251 с.
21. Требования к геолого-экологическим исследованиями и картографированию. – 1:50 000–1: 25 000. – М. : Мингео СССР, 1990. – 127 с.

22. Трофимов В. Т. Теоретико-методологические основы экологической геологии : учеб. пособие / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – СПб. : Изд-во С.-Петербург. гос. ун-та, 2000. – 68 с.
23. Трофимов В. Т. Теоретический базис создания эколого-геологических карт / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М. : Изд-во МГУ, 2003.
24. Трофимов В. Т. Экологическая геология : учебник для вузов / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М. : Геоинформмарк. 2002. – 416 с.
25. Шорников Д. В. Правовая концепция поясов экологической безопасности / Д. В. Шорников // Экология и городское хозяйство. Материалы научно-практической конференции. – Иркутск, 1997. – С. 47–50.
26. Экологические аспекты освоения Ковыктинского газоконденсатного месторождения / А. Д. Абалаков, Э. С. Зиганшин, Ю. О. Медведев и др. – Иркутск : Изд-во Института географии РАН, 2001 – 194 с.
27. Экологические проблемы урбанизированных территорий / отв. редактор А. Н. Антипов. – Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН, 1998. – 200 с.
28. Экологическое картографирование Сибири / В. В. Воробьев, А. Р. Батуев, А. В. Белов и др. – Новосибирск : Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1996. – 279 с.
29. Методология оценки состояния экосистем. – Новосибирск : Наука, 1998. – 217 с.
30. Трофимов В. Т. Экологическая геология : учебник для вузов / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М. : Геоинформмарк. 2002. – 415 с.

Глава 10. ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

10.1. Технология кустового наклонно-ориентированного бурения с использованием безамбарных технологий

Кустовое безамбарное бурение с наклонной и горизонтальной проводкой ствола рассматривается как средство организации экономически и экологически эффективного бурения поисково-разведочных и эксплуатационных скважин. Оно позволяет более полно, рационально и комплексно осуществлять освоение и охрану недр, решать природоохранные задачи.

Кустовое бурение заключается в проходке с одной площадки пучка скважин. Осуществляется бурение, чаще всего, одной вертикальной и нескольких, обычно 4–8, наклонных, в том числе с горизонтальным стволом. Впервые его стали применять при бурении с морских платформ на шельфе. Однако впоследствии такой способ нашел применение и на суше. Сегодня наиболее разработана технология кустового бурения в таких крупных компаниях как British Petroleum, Rust Environment & Infrastructure, Baker Hughes и др. Существует богатый мировой опыт разработки месторождений полезных ископаемых методами глубокого кустового бурения с соблюдением норм экологической безопасности. Большинство ведущих компаний мира основывают свою доктрину на концепциях допустимого риска. Многие производители вкладывают большие финансовые средства в охрану окружающей природной среды как гарант снижения общего риска производства, обеспечения экономической выгоды (прибыли) при соблюдении норм охраны окружающей среды. Принципиальная схема проходки наклонно-горизонтальных буровых скважин и наиболее характерные ситуации, в которых эта технология наиболее эффективна, представлены на рисунке 10.1.1.

На КГКМ запроектированы наклонно-горизонтальные скважины. Пример профиля приведен на рисунке 10.1.2. Строитель-

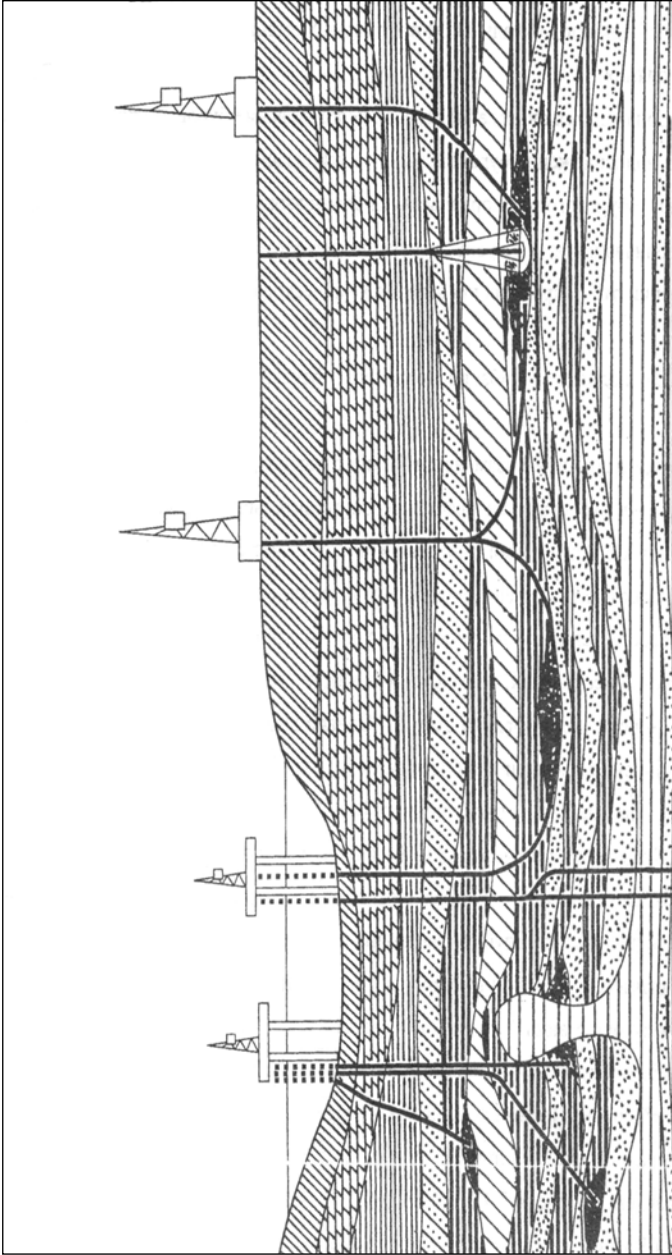


Рис. 10.1.1. Принципиальная схема эффективных вариантов наклонно-направленного и горизонтального бурения (по Baker Hughes company)

ство, проходка и эксплуатация кустов скважин позволяет сократить производственные расходы за счет обустройства одной площадки, вместо нескольких при традиционном вертикальном бурении. За счет централизации происходит упрощение производственной и социально-хозяйственной инфраструктуры, связанной со строительством и эксплуатацией инженерных сооружений и обслуживанием персонала. Сокращается протяженность линейных сооружений – дорог, трубопроводов, линий электропередачи и связи. Уменьшается количество площадочных объектов, прежде всего буровых площадок, УППГ, компрессорных станции, запорной арматуры, жилых поселков и др. Особое значение имеет снижение площадей временного и постоянного землеотвода в районах с природоохранными ограничениями. Бурение с одной площадки расходящихся в разные стороны наклонных скважин позволяет сдренировать большую площадь продуктивного горизонта, в том числе участков недр, расположенных под территориями с неблагоприятными инженерно-геологическими и экологическими условиями. Это также дает возможность избежать проходки скважин в зонах разломов и аномально-высокого давления рассолов, в местах, слабо изученных поисково-разведочным бурением и геофизическими методами.

К ограничениям кустового наклонного бурения на КГКМ относятся: удлинение ствола наклонной скважины, недостаток мощности отечественных буровых станков для бурения скважин длиной более 6 тыс. м, необходимой для достижения глубины забоя 3 тыс. м в радиусе забора газа 2 тыс. м. Используемые зарубежные станки и оборудование имеют значительно больший вес, габариты и цены. Поэтому стоимость работ, с учетом затрат на перевозку и монтаж оборудования, обучение персонала, превышает российские, что снижает рентабельность производства и срок окупаемости.

В течение длительного времени шламовые амбары являются источником повышенной опасности для окружающей среды. Исследование буровых шламов (БШ) из нерекультивированных и рекультивированных амбаров разного срока хранения показало, что способ и длительность

хранения влияют на токсичность и характер трансформации компонентов нефти (Михайлова и др., 1998).

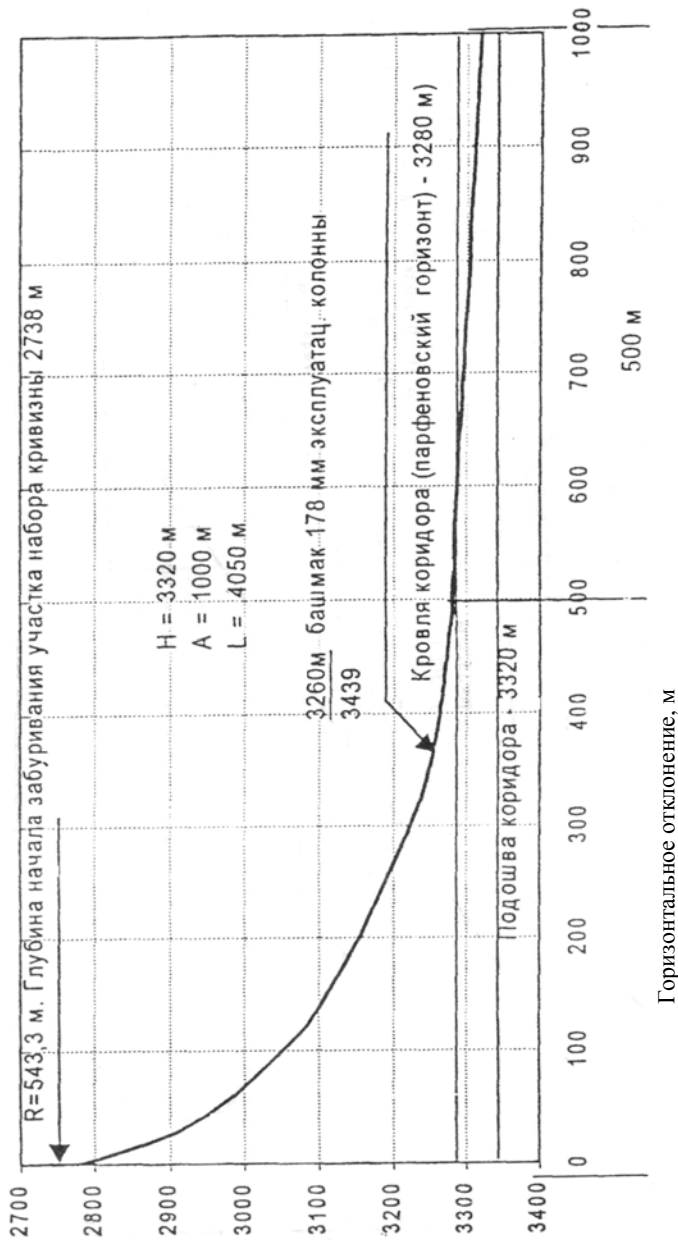


Рис. 10.1.2. Профиль условно-горизонтальной скважины с отклонением забоя от вертикали до 1000 м на КГКМ

Поступления токсических веществ из шламовых амбаров, в которых скапливаются отходы бурения, в грунты зоны аэрации и грунтовые воды обычно происходит вследствие отсутствия или некачественной гидроизоляции дна и стенок амбаров.

Целью безамбарного бурения является создание системы замкнутого водоснабжения, максимального извлечения твердой фазы при минимальных потерях жидкой фазы. Эта цель достигается путем возврата в систему максимально возможного объема жидкой фазы и сброса как можно больше сухого шлама. Этой целью руководствуются при выборе очистного оборудования. Только вибросита, центрифуги и обезвоживающая установка способны сбрасывать «относительно» сухой шлам (Макаренко, 1996).

Существует несколько способов утилизации жидких и твердых сбросов. Шлам на водной основе обычно рассеивается, разбавляется и сваливается на площадке.

Растворы на нефтяной основе создают дополнительные проблемы, так как экологические ограничения не допускают сброса шлама с нефтью. Перед сбросом содержание нефти снижается до разрешенного уровня. Установка утилизации позволяет производить эффективную обработку наработанного раствора, нефтесодержащего шлама и других загрязненных продуктов бурения. Исключение использования нефти в качестве смазывающей добавки позволяет уменьшить отрицательные воздействия отходов бурения на окружающую среду. После очистки экологически безопасные сухие материалы могут быть захоронены на площадке, использованы в качестве подсыпки или вывезены на специальное место (Шеметов, 1997).

Наиболее рациональным и экологически оправданным направлением утилизации сточных вод является переход на полностью или частично замкнутый цикл водообеспечения буровой. Его основу составляет максимально возможное вовлечение буровых сточных вод (БСВ) в систему оборотного водоснабжения с ориентацией на их использование для технических нужд бурения. Основными направлениями утилизации БСВ в оборотном водоснабжении буровой являются:

- обмыв механизмов системы очистки и регенерации буровых растворов;

- обмыв бурильного инструмента при выполнении спуско-подъемных операций;
- обмыв оборудования и рабочих площадок буровой, насосной и желобной систем;
- охлаждение штоков буровых насосов;
- приготовление химреагентов и бурового раствора;
- приготовление тампонажных растворов и буферных жидкостей при цементировании скважин;
- опрессовка обсадных труб.

Основным направлением утилизации отработанного бурового раствора (ОБР) остается их повторное использование для бурения новых скважин. В этой области сконцентрированы усилия многих зарубежных фирм. Такой подход оправдан не только с экологических, но и с экономических позиций, так как обеспечивает значительное сокращение затрат на приготовление буровых растворов.

При работе по традиционной амбарной технологии, с целью сбора отходов рядом с буровой установкой роются или насыпаются отстойные котлованы (амбары) объемом от 1 000 до 5 000 м³ в зависимости от количества скважин в кусте, глубин и продолжительности бурения скважин. Эти амбары занимают площади до 2 500 м² только для одной буровой установки.

Как правило, строительство котлованов, а затем их рекультивация сопряжены с большими сложностями:

- отсутствие, либо отдаленность строительного материала (песка) при строительстве в тундре и болотистых местностях;
- негерметичность котлованов;
- значительные затраты по устройству и рекультивации амбаров. Кроме того, наносится невосполнимый ущерб природе за счет отторжения земель, разработки карьеров и других мероприятий. Также существуют месторождения, которые находятся в природоохранных зонах, где бурение по амбарной технологии просто запрещено.

Реализация идеи безамбарного бурения в Тюмени началась 1991 году, когда английская фирма «Стримлайн» первой стала поставлять оборудование для систем базамбарного бурения, в частности блоки флокуляционной очистки раствора (блоки

ФСУ). Первые блоки были поставлены и введены в эксплуатацию в Мегионнефтегазе, Юганскнефтегазе. В настоящее время эти системы эксплуатируются собственными силами буровых организаций. В 1993 году в г. Усинске (Республика Коми) фирма «Стримлайн» создала совместное предприятие «Экоарктика» с целью внедрения безамбарного бурения при строительстве скважин на месторождениях объединения «Коминедфть».

За прошедший период с использованием оборудования, реагентов и инженеров обеих фирм пробурено более 80 скважин на различных месторождениях, в том числе более 50 скважин по безамбарной технологии. Предоставлены услуги многим нефтяным компаниям, работающим в Тюмени и на Европейском севере России, в частности: «Ватойл», «Стримлайн», «КомиарктикОйл», «Северная нефть», «Полярное сияние», «Тоталь», «Коми-ТЭК», «Байтек Силур», «Нобель Ойл» и др.

Схема циркуляции раствора системы безамбарного бурения может быть адаптирована к буровой установке, например, к установке Уралмаш-43, как показано на рисунке 10.1.3 (Михелик, 1999).

Из скважины неочищенный буровой раствор поступает на вибросита, где осуществляется первая ступень очистки бурового раствора от шлама. С вибросит шлам попадает в отдельную емкость-накопитель шлама.

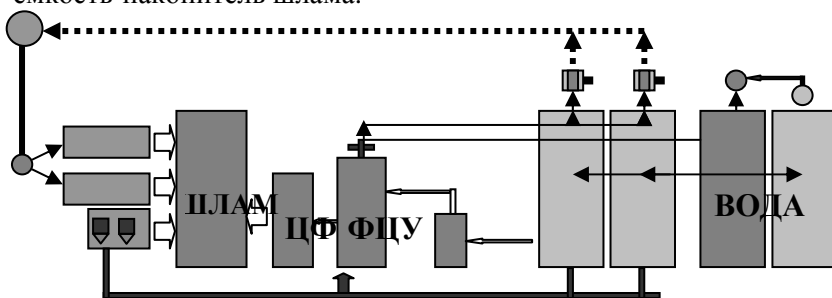


Рис. 10.3.1. Схема циркуляции раствора системы безамбарного бурения

Для второй степени очистки раствор после первой обработки (очистки) на виброситах подается на гидроциклон. Шлам направляется в накопитель. Оставшийся раствор может идти по желобам в рабочую емкость, либо же для обработки на третьей

стадии очистки через центрифуги (ЦФ). После очистки на ЦФ раствор идет в рабочие емкости, а шлам – в накопитель.

Для полной очистки воды от химических примесей применяется блок флокулянтной очистки (ФСУ). После блока ФСУ очищенная вода снова идет на приготовление буровых растворов, либо закачивается в сбросовые (нагнетательные) скважины. Возможен после соответствующей обработки и согласования в природоохранных органах слив на рельеф или сброс в водоем.

Технический контроль заключается в предупредительном ремонте в режиме постоянного контроля в соответствии с отраслевыми регламентами ведения работ. Экологический контроль осуществляется методами биологической индикации и тестирования продуктов очистки.

Имеется только одно место сбора шлама – металлический шламосборник, куда выведены лотки сброса шлама от вибросит, гидроциклонного пескоотделителя и центрифуги. При наличии разрешения шлам может быть использован для отсыпки дорог и развития площадки в смеси с песком.

Вода после обезвоживания раствора используется для приготовления и обработки раствора, а также для приготовления растворов флокулянта и коагулянта. Вода, которая остается после окончания бурения, может быть использована для бурения последующих скважин, закачана в сбросовые скважины, или после соответствующей обработки и получения разрешения природоохранных органов слива на рельеф.

По мере приобретения опыта работы специалисты пришли к выводу, что наиболее эффективно реализовать технологию безамбарного бурения можно только в комплексе, в котором звеньями одной цепи являются следующие стадии: 1) проектирование систем буровых растворов и схем расположения оборудования для безамбарного бурения; 2) приготовление и обработка буровых растворов; 3) инженерное обеспечение работы оборудования по контролю содержания твердой фазы и обезвоживанию.

Применение безамбарной технологии бурения позволяет решить как экологические, так и технологические проблемы:

– отказаться от строительства амбаров для сбора отходов бурения;

- исключить сброс жидких отходов на рельеф;
- сократить потребление технической воды за счет оборотного водоснабжения (используется вода после обезвоживания раствора через флокуляционную установку и центрифугу);
- за счет эффективного регулирования состава твердой фазы улучшить качество буровых растворов и снизить затраты на их приготовление и обработку;
- улучшить обработку долот и соответственно сократить сроки строительства скважин;
- улучшить вскрытие продуктивного пласта за счет низкого содержания твердой фазы;
- отказаться от применения в качестве смазочной добавки нефти.

Самым существенным фактором минимизации воздействия на окружающую природную среду является ведение буровых работ безамбарным методом без применения нефти. Сущность безамбарного бурения, применяемого СП ОАО «Соболь» при разработке Северо-Ореховского месторождения, заключается в следующем (Аксентий, 1999). Стандартная буровая установка Уралмаш–320 ЭУК оснащается дополнительным блоком очистки и обработки бурового раствора импортного производства, состоящим из:

- двух вибросит американской фирмы DERIK;
- блока гидроциклонов;
- блока флокулянтной очистки.

Это обеспечивает практически замкнутый оборот воды, и следовательно резкое сокращение водопотребления при бурении. Замкнутая циркуляция бурового раствора исключает образование технологических излишков бурового раствора.

Указанное средство позволяет регулировать (изменять) содержание твердой фазы в буровом растворе вплоть до полного отделения твердых частиц выбуренной породы от жидкой фазы. Выбуренные породы практически не переходят в буровой раствор, а в виде обезвоженного шлама с вибросит и центрифуги направляется и собирается в инвентарных металлических бункерах. Благодаря применению современных средств очистки буровой раствор полностью освобождается от твердой фазы и повторно используется для технологических нужд. Таким

образом, с применением вышеуказанных средств достигается новый уровень технологии бурения скважин, обеспечивающий:

- практически замкнутый оборот воды и, следовательно, резкое сокращение водопотребления при бурении;

- замкнутую циркуляцию бурового раствора, исключающую образование технологических излишков бурового раствора;

- утилизацию бурового раствора и использование бурового шлама, что исключает необходимость строительства шламовых амбаров на буровых площадках.

Для приготовления и обработки бурового раствора применяются экологически малоопасные импортные акриловые полимеры, сайпан и ДК-Дрилл.

Буровой шлам утилизируется на специальном полигоне, где из него изготавливаются стеновые строительные блоки.

При строительстве скважин на КГКМ для предотвращения попадания загрязнителей в природные воды и почву рекомендуется комбинированный способ, т. е. сочетание безамбарной системы с амбарной системой очистки, сбора, хранения, переработки и захоронения вышеперечисленных загрязнителей.

Специалистами «РУСИА Петролеум» разработана безамбарная система очистки промывочной жидкости при бурении эксплуатационных скважин, которая должна позволить, во-первых, использование воды по замкнутому циклу, то есть без сброса буровых сточных вод на ландшафт и, во-вторых, использовать предварительно отмытый и обезвреженный шлам выбуренных пород в строительном-монтажных работах (отсыпка дорог и площадок).

Технические мероприятия по снижению воздействия на окружающую среду требуют внедрения новой системы компоновки буровой скважины с комплексом дополнительного оборудования.

Безамбарная система очистки промывочной жидкости может быть совмещена со стандартной буровой установкой БУ 3000–ЭУК (Абалаков и др., 2003).

10.2. Проектирование и освоение высоконапорных горизонтов

Опыт разведки подсолевых нефтегазоносных отложений в Иркутской области показывает, что бурение поисковых и разведочных скважин в мощных солевых толщах – покрывках над залежами нефти и газа нередко осложняется и даже становится невозможным из-за наличия рапопроявлений – высоконапорных фонтанов внутрисолевых рассолов. Основные причины возникновения таких аварий следующие: внезапность аварийного проявления, высокие дебиты рассолов, достигающие $30\ 000\ \text{м}^3 / \text{сут}$; аномально высокие пластовые давления (АВПД), создаваемые рапой (300–400 атмосфер); высокая минерализация рапы (до $600\ \text{г/л}$ и более) и значительное содержание в ее составе солей магния и кальция (Абалаков и др., 2003).

До начала бурения в недрах существует динамическое равновесие между пластовым давлением и горным (геостатическим). Бурением это равновесие нарушается, что особенно сильно сказывается на геодинамике недр при вскрытии скважиной зоны АВПД.

Огромный ущерб окружающей среде может быть нанесен в результате аварийных выбросов и неконтролируемого фонтанирования скважин подземными флюидами – водой, газом и особенно нефтью. В подавляющем большинстве случаев аварийные ситуации возникают при неожиданном вскрытии скважиной зоны АВПД. Такие случаи неоднократно наблюдались при поисках, разведке и разработке нефтяных и газовых месторождений как на суше, так и в акваториях. При этом в окружающую среду попадают огромные объемы нефти, загрязняющие ее (Кучерук, Люстих, 1986).

Одним из таких крупных выбросов, зафиксированных еще на заре развития нефтяной промышленности, был выброс нефти в результате неожиданного вскрытия скважинной кровли зоны АВПД на соляном куполе Спиндтлоп в Техасе, США. При бурении скважины-первооткрывательницы, обнаружившей одноименное месторождение нефти, ударил мощный фонтан нефти дебитом от 10 до 13,5 тыс. т/сут. В результате неконтролируемого фонтанирования на земную поверхность было выброшено

108 тыс. т нефти. Образовалось целое нефтяное озеро площадью 40 га. Затем возник пожар. Окружающей среде был нанесен значительный ущерб. Другим ярким примером такого загрязнения является случай с обнаружением месторождения Эльбрус в Иране, выявленном в Центрально-Иранском (Дешге-Кевир) орогенном бассейне в 1956 году. Скважина-открывательница этого месторождения (№ 5), обнаружившая залежь в трещиноватых известняках свиты Кум (олигоцен-миоцен), залегающих под мощной соленосной покрывкой (более 400 м), из-за АВПД попала в аварию и фонтанировала нефтью в течение 82 сут. дебитом 8 100 т/сут. На земную поверхность было выброшено 664 тыс. т нефти, нанесшей значительный ущерб почве, поверхностным и подземным водам, растительному и животному миру. Продуктивный коллектор был вскрыт на глубине 2 700 м, где пластовое давление было аномально высоким (60 МПа). Причем долотом было вскрыто всего лишь 5 см породы-коллектора.

Рапопроявления, отмечавшиеся при бурении глубоких поисковых скважин на нефть и газ в пределах Ангаро-Ленской ступени, характеризуются различной интенсивностью: от незначительных, вызывающих коагуляцию бурового раствора и повышенный расход химических реагентов для их обработки, до нескольких тысяч кубических метров в сутки. Максимальными дебитами характеризуются рапопроявления, приуроченные к галогенно-карбонатной гидрогеологической формации, объединяющей проницаемые интервалы разреза в пределах соленосной толщи нижнекембрийского возраста, в основном к осинскому, реже к балыхтинскому горизонтам усольской свиты. В меньшей степени это относится к горизонтам бельской, булайской и ангарской свит нижнего кембрия. Притоки предельно концентрированных рассолов (м³/сут.) получены практически на всех разведочных площадях юга Иркутской области – Балаганкинской (до 1 800), Балыхтинской (до 840), Омолойской (до 3 600), Тутурской (до 7 тыс.), что в некоторых случаях привело к дополнительным затратам, связанным с ликвидацией аварий (Вахромеев, Хохлов, 1988).

Как отмечалось, подобного рода аварии случались на Ковыктинском газоконденсатном месторождении на скважинах

разведочного бурения № 3,18,52. Наиболее серьезная из них произошла в январе 1994 года на скважине № 18, расположенной на водоразделе рек Орленги и Орленгской Нючи.

Несмотря на огромный интерес к проблеме АВПД широкого круга специалистов – геологов, геофизиков, геохимиков и инженеров, занимающихся поисками, разведкой и разработкой нефтяных и газовых месторождений, очень мало внимания до сих пор уделяется изучению АВПД с точки зрения охраны окружающей среды, хотя огромное значение АВПД в этом аспекте очевидно. АВПД – потенциальный источник аварий в процессе бурения. Из краткого обзора видно, что неожиданное вскрытие зон АВПД – основная причина открытых фонтанов и выбросов пластовых флюидов. Зачастую это приводит к загрязнению окружающей среды, большим материальным затратам, а часто и к человеческим жертвам.

Подведем краткие итоги. Объекты с АВПД представляют наиболее серьезную опасность из-за масштаба связанных с ними явлений, по существу технических катастроф. На первом этапе – разведки и пионерного освоения КГКМ – это один из наиболее значимых факторов, требующий всестороннего осмысления. Недоучет этих факторов приводит:

- к аварии и затратам на перебуривание, замене оборудования;
- к серьезным экологическим последствиям, иногда катастрофического масштаба;
- гораздо позже – может происходить смятие обсадной колонны (недостаточная толщина стенки, некачественный цементаж заколонного пространства), – с активизацией перетоков из зоны АВПД в зоны с гидростатическим давлением на АНПД – т. е. в верхние водоносные горизонты, либо вниз – в продуктивный горизонт – газовую залежь.

Для формирования системы экологической безопасности на КГКМ актуально:

- опережающее изучение АВПД и разработка методики геолого-геофизического прогноза зон локализации АВПД в плане и разрезе;
- постановка специальных геологоразведочных работ (ГРР) – комплекса полевой электроразведки и сейсморазведки и

дополнительного объема переинтерпретации существующих полевых геофизических материалов;

– построение прогнозных карт на АВПД на территории производства ГРП и пионерного освоения КГКМ (прогнозирование горно-геологических условий строительства скважин в соленосной части разреза осадочного чехла);

– проектирование буровых работ: а) с учетом прогноза зон АВПД; б) введением дополнительных изменений конструкции глубоких скважин; в) разработкой регламентов вскрытия и проходки зон АВПД; г) разработкой методики изоляции пластов-коллекторов с АВПД и устья скважин, центрированием обсадных колонн, и цементацией заколонного пространства, составом цемента и регламентом этих работ; д) оперативным контролем ИТР за процессом ведения буровых работ; е) разработка дополнительных мер по экологической безопасности через формирование полигонов захоронения.

Литература

1. Абалаков А. Д. Геоэкологическая оценка системы транспортировки и переработки газового конденсата / А. Д. Абалаков, С. Б. Кузьмин. – Иркутск : Изд-во Арт-Пресс, 2004. – 100 с.
2. Абалаков А. Д. Экологические аспекты освоения Ковыктинского газоконденсатного месторождения / А. Д. Абалаков, Э. С. Зиганшин, Ю. О. Медведев и др. – Иркутск : Изд-во Института географии РАН, 2001. – 194 с.
3. Абалаков А. Д., Половкин В. П., Вахромеев А. Г. и др. Геоэкология кустового безамбарного бурения нефтегазовых месторождений / А. Д. Абалаков, В. П. Половкин, А. Г. Вахромеев и др. – Иркутск : Изд-во Арт-Пресс, 2003. – 334 с.
4. Аксентий Р. В. Опыт экологически безопасной эксплуатации месторождения нефти в условиях водоохраных зон / Р. В. Аксентий // Проблемы экологической безопасности нефтегазового комплекса Среднего Приобья : Избранные науч.-практ. материалы. – Нижневартовск, 1999. – С. 91–96.
5. Вахромеев А. Г. Перспективы прогноза зон рапопроявления в Верхоленском (Жигаловском газоносном районе Иркутской области) / А. Г. Вахромеев, Г. А. Хохлов // Особенности технологии проводки и закачивания скважин в Восточной Сибири и Якутии. СНИИГГиМС, ВСНИИГГиМС. – Новосибирск ; Иркутск, 1988. – С. 140–142.
6. Кучерук Е. В., Люстих Т. Е. Прогнозирование и оценка аномальных пластовых давлений по материалам геофизических исследований ВИНТИ / Е. В. Кучерук, Т. Е. Люстих // Итоги науки и техники.

- Геологические и геохимические методы поисков полезных ископаемых : Методы разведки и оценка месторождений. Разведочная и промысловая геофизика. – Т. 7. – М., 1986. – С. 257.
7. Макаренко П. П. Комплексное решение проблем развития газодобывающего региона / П. П. Макаренко. – М. : Недра, 1996. – 321 с.
 8. Михайлова Л. В. Исследование токсичности буровых шламов из рекультивированных и нереккультивированных амбаров / Л. В. Михайлова, Т. Г. Акатьева, Г. Е. Рыбина // 1-й съезд токсикологов России, Москва, 17–20 ноября. – М., 1998. – С. 301.
 9. Михелик А. Б. Применение безамбарной технологии бурения в процессе строительства скважин / А. Б. Михелик // Проблемы экологической безопасности нефтегазового комплекса Среднего Приобья : Избранные науч.-практ. материалы. – Нижневартовск, 1999. – С. 97–98.
 10. Шеметов В. Ю. Опыт и практика экологически чистого безамбарного строительства скважин / В. Ю. Шеметов // Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности : Всерос. науч.-практ. конференция с международным участием, Санкт-Петербург, 20–22 мая 1997. – Т. 2. – СПб, 1997. – С. 342–343.

Глава 11. ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Оценка экологической безопасности проектируемого строительства сопровождается разработкой документов. Их состав и содержание должны соответствовать стадийности экологического проектирования.

На предварительном этапе разрабатывается документ «Декларация о намерениях» (ДОН). В нем раскрываются общие сведения о природных и социально хозяйственных условиях, основные технические решения, раскрываются предполагаемые воздействия на окружающую среду. Обосновывается принципиальная необходимость и возможность осуществления проекта. На основе этого документа составляются проекты Оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) и охраны окружающей среды (ООС). Для обеспечения их информацией проводятся инженерно-экологические изыскания. Подготовленные проекты выносятся на экологическую экспертизу.

11.1. Экологическая оценка

Экологическая оценка намечаемой деятельности – превентивный, упреждающий инструмент экологического регулирования, нацеленный на учет экологических последствий намечаемой деятельности до начала ее осуществления. Особую важность такой подход приобретает в связи с распространением представлений об устойчивом развитии, способном наилучшим образом обеспечить потребности нынешнего и будущих поколений. Системы экологической оценки (ЭО) намечаемой деятельности сегодня используются практически во всех странах мира и во многих международных организациях, как «превентивный», упреждающий инструмент экологической политики. Экологическая оценка основана на простом принципе: легче выявить и предотвратить негативные последствия деятельности для окружающей среды на стадии планирования,

чем обнаружить и исправлять их на стадии ее осуществления. Таким образом, экологическая оценка сосредоточена на всестороннем анализе возможного воздействия планируемой деятельности на окружающую среду и использовании результатов этого анализа для предотвращения или смягчения экологического ущерба. Такой подход становится особенно актуальным по мере распространения представлений об устойчивом развитии, поскольку он позволяет учитывать экологические факторы на стадии формулировки целей, планирования и принятия решений об осуществлении той или иной деятельности.

В изложении стадий процесса ЭОП мы следуем схеме, приведенной на рисунке 11.1.1.

Процесс экологической оценки проектов начинается с принятия решения о необходимости ЭО. Это решение может приниматься инициатором деятельности или государственными органами на основе списков деятельности, подлежащих ЭО, в явном виде сформулированных в нормативно-правовых актах и (или) предварительной оценки воздействий намечаемой деятельности на окружающую среду. Такая оценка может проводиться как неформально, так и в виде специального регламентированного процесса. В некоторых системах результатом этого этапа может быть выбор одной из нескольких процедур ЭО, допускаемых национальным законодательством. Эти процедуры могут различаться по требуемой детальности и глубине проработки предполагаемых воздействий, характеру предусмотренных мероприятий.

На этой же стадии может происходить более точное определение объекта экологической оценки. Это необходимо для того, чтобы избежать ситуации, когда оценке подвергается только часть реального замысла. Например, если предполагается прокладка шоссе, то экологическая оценка требуется не только и не столько для того (небольшого) участка, на который в данный момент выделяется финансирование, а на всю магистраль в целом, с учетом подъездных путей, бензоколонок и других объектов, неразрывно с ним связанных, с учетом тех изменений, которые произойдут на прилегающих территориях. Решение о проведении экологической оценки в некоторых системах принимается непосредственно инициатором деятельности на

основе действующего законодательства и других правил. Однако во многих национальных системах отбор объектов ЭО проводится органами охраны окружающей среды, часто при участии заинтересованных сторон и общественности.



Рис. 11.1.1. Общая схема процесса экологической оценки проектов (Черп и др., 2000)

Следующей стадией является определение задач ЭО. На этой стадии выявляются потенциально важные воздействия, которые должны детально изучаться впоследствии. Здесь же может происходить определение принципиальных альтернатив намечаемой деятельности, которые будут анализироваться и сравниваться в процессе дальнейшей оценки. Как правило, на этой же стадии готовится план работ по дальнейшему проведению ЭО. Этот план может также охватывать получение необходимых согласований, консультации с общественностью и другие мероприятия.

Определение задач и планирование ЭО может осуществляться как непосредственно инициатором и разработчиком, так и при участии органов государственной власти и заинтересованных сторон. В ряде систем соответствующий документ носит официальный характер. Так, например, в некоторых системах государственные органы утверждают программу ЭО, предлагаемую заказчиком, в то время, как в других план проведения экологической оценки непосредственно разрабатывается национальным министерством экологии.

Прогноз, анализ и оценка значимости ожидаемых воздействий на окружающую среду является основной стадией процесса экологической оценки. При этом должна быть изучена не только физическая величина непосредственных воздействий (объем выбросов или концентрация вредных веществ), но и ожидаемые изменения в различных компонентах окружающей среды: воде, воздухе, почве, ландшафте, фауне и флоре, взаимосвязи между всеми этими факторами.

Должно быть также изучено возможное влияние осуществления деятельности на здоровье человека, историко-культурные ценности и, как правило, социально-экономические условия. Последствия осуществления намечаемой деятельности должны быть оценены не только в терминах их величины, но и в терминах их значимости. Потенциальные воздействия должны изучаться для всех альтернатив, рассматриваемых в ходе экологической оценки, чтобы обеспечить возможность их сравнения и выбора наиболее приемлемой альтернативы.

Данная стадия экологической оценки в большинстве национальных систем выполняется инициатором деятельности или, по его поручению, специализированными организациями.

Разработка мероприятий по смягчению воздействий. В процессе проведения экологической оценки проектов информация о существенных экологических воздействиях должна приводить к выбору между предложенными альтернативами или поиску новых проектных решений, направленных на их смягчение. Под смягчением мы понимаем предотвращение или уменьшение воздействий (например, путем установки очистных сооружений или использования технологии, приводящей к меньшим выбросам), ликвидацию или уменьшение ущерба, нанесенного окружающей среде, и, наконец, различные формы компенсации. Примером последней могут быть, например, мероприятия по благоустройству прилегающих территорий, снижение для местного населения тарифов на услуги компании – инициатора деятельности, а в некоторых случаях – непосредственная выплата компенсаций местному населению. Выбор мер должен быть обоснован и их экологическая эффективность описана в документации по ЭО – это обычно является ответственностью инициатора и разработчика.

Составление итогового документа экологической оценки в большинстве национальных систем ЭО является обязанностью инициатора деятельности и, как правило, осуществляется по его поручению разработчиком проектной документации или специализированными организациями. Документация по ЭО должна в первую очередь способствовать принятию информированного решения (или решений) по намечаемой деятельности. Другая важная функция – представить информацию о намечаемой деятельности и ее предполагаемых воздействиях для заинтересованных лиц и организаций, в том числе, для затрагиваемых этими воздействиями. Поэтому важно, чтобы документация в сжатой и понятной форме излагала основные выводы экологической оценки проекта.

Консультации и участие общественности. Взаимодействие с заинтересованными сторонами – консультации и участие общественности – целесообразно на многих или даже на всех стадиях экологической оценки (как и показано на рис. 11.1.1).

Например, на стадии определения задач ЭО полезно знать мнение общественности о том, какие именно воздействия на окружающую среду вызывают наибольшую озабоченность и, следовательно, должны быть изучены. Многие национальные системы предусматривают особую стадию ЭО, посвященную консультациям и участию общественности. Основным содержанием этой стадии является обсуждение итогового документа ЭО или его проекта, представление комментариев и замечаний к нему. Как правило, в течение определенного периода этот документ доступен общественности и другим заинтересованным сторонам, которые могут представлять свои замечания и предложения. Одновременно документ направляется в ряд государственных органов и других организаций для получения официальных комментариев и замечаний. Распространенным требованием является также проведение на этом этапе общественных слушаний и включение их результатов в материалы по оценке воздействия.

Оценка полноты и качества ЭО. Поскольку лица, использующие результаты экологической оценки, во многих случаях не имеют возможности оценить, насколько качественно она проведена, большинство национальных систем требуют предварительной проверки качества документации по экологической оценке. Такая проверка может проводиться постоянной независимой комиссией, специально создаваемой для этой цели (например, в Нидерландах), экспертами, назначаемыми министерством экологии из числа профессионалов, имеющих лицензию, (например, в Словакии) или непосредственно комитетами по охране природы (например, в Белоруссии). Кроме того, в большинстве случаев обеспечивается участие заинтересованных сторон (в том числе общественности) в процессе такой оценки. В России проверка адекватности и полноты предоставляемых заказчиком материалов по оценке воздействия осуществляется в ходе государственной экологической экспертизы.

Учет результатов экологической оценки в принятии решений. Основная цель экологической оценки – способствовать принятию решений, учитывающих экологические факторы наряду с техническими и экономическими. Промежуточные и

окончательные результаты экологической оценки проектов могут использоваться различными сторонами, например:

- проектировщиками при выборе проектных решений, связанных с наименьшим воздействием на окружающую среду и при планировании мер по смягчению воздействий;

- инициатором при выборе альтернатив осуществления намечаемой деятельности (или принятии решения об отказе от таковой);

- кредитно-финансовыми организациями при принятии решений о выделении средств на осуществление намечаемой деятельности;

- органами, ответственными за охрану окружающей среды при выдаче разрешений на природопользование и согласовании условий природопользования;

- другими органами государственного надзора и контроля, органами власти и местного самоуправления при принятии решений о разрешении или лицензировании намечаемой деятельности.

Послепроектный анализ. Как мы уже отмечали, одним из основных достоинств ЭОП является превентивность, основанная на предсказании воздействий. Обратной стороной этой особенности является низкая точность сделанных предсказаний. Поскольку многие выводы ЭО могут быть недостаточно точными, важна проверка их соответствия реальным воздействиям. В случае существенных расхождений необходимо принятие соответствующих мер для корректировки способов осуществления намечаемой деятельности. В некоторых системах такая проверка закреплена законодательно, в других она проводится на добровольных началах инициатором деятельности, природоохранными органами или исследовательскими организациями. Для обозначения различных видов такой деятельности часто употребляется общий термин «послепроектный анализ». Именно деятельность такого рода является той частью процесса экологической оценки, которая охватывает стадию осуществления намечаемой деятельности. Послепроектный анализ также важен для дальнейшего развития системы ЭО в целом.

Законодательство определяет содержание экологической экспертизы следующим образом: предусмотренные проектом технические решения направлены на обеспечение технической эффективности и надежности проектируемых сооружений, что в свою очередь является и основой экологической безопасности. Для решения этих и некоторых других вопросов выполнялись специализированные работы, отвечающие стадиям инженерно-экологических изысканий (ИЭИ).

11.2. Инженерно-экологические изыскания

Общие требования

Инженерно-экологические изыскания выполняются для экологического обоснования строительства и другой хозяйственной деятельности с целью предотвращения, снижения или ликвидации неблагоприятных последствий и связанных с ними социальных, экономических и других последствий для сохранения оптимальных условий жизни населения.

В Строительных нормах и правилах (СНиП 11-02-96 «Инженерно-экологические изыскания для разработки прединвестиций, обоснования инвестиций проектов») ИЭИ рассматриваются как вид строительной деятельности, обеспечивающий комплексное изучение природных и техногенных условий территории (региона, района, площадки, участка, трассы) объектов строительства, составление прогнозов взаимодействия этих объектов с окружающей средой, обоснование их инженерной защиты и безопасных условий жизни населения. На основе материалов ИЭИ в дальнейшем разрабатываются предпроектные и проектные документы, в том числе и экологического содержания, такие как проекты оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) и охраны окружающей среды (ООС). Основными нормативными документами, используемыми для проведения ИЭИ, являются СП 11-102-97 «Инженерно-экологические изыскания для строительства» и СНиП 11-02-96 «Инженерно-экологические изыскания» – самостоятельный вид комплексных инженерных исследований, который выполняется согласовано с другими видами изысканий – инженерно-геодезическими, инженерно-геологическими, инженерно-гидрогеологическими.

Инженерно-экологические изыскания – комплексное исследование компонентов окружающей природной среды (почв, атмосферного воздуха, подземных и поверхностных вод, геофизических полей), техногенных и социально-экономических условий в районе расположения проектируемого объекта. Инженерно-экологические изыскания следует выполнять для предпроектной документации (градостроительной, обоснований инвестиций) с целью обеспечения своевременного принятия объемно-планировочных, пространственных и конструктивных решений, гарантирующих минимизацию экологического риска и предотвращения неблагоприятных или необратимых экологических последствий.

При разработке *предынвестиционной документации* осуществляется: оценка экологического состояния территории с позиции возможности размещения новых производств, организации производительных сил, схем расселения, отраслевых схем и программ развития; предварительный прогноз возможных изменений окружающей среды и ее компонентов при реализации намечаемой деятельности, а также возможных негативных последствий с учетом рационального природопользования, охраны природных богатств, сохранения уникальности природных экосистем региона, его демографических особенностей и историко-культурного наследия.

При этом используются материалы специально уполномоченных государственных органов в области охраны окружающей среды и их территориальных подразделений, служб санитарно-эпидемиологического надзора Минздрава России, Росгидромета, Роскартографии, данные инженерно-экологических изысканий и исследований прошлых лет. При отсутствии или недостаточности имеющихся материалов для экологического обоснования *предынвестиционной документации* может проводиться рекогносцировочное обследование территории или, при необходимости, комплекс полевых инженерно-экологических работ, состав и объем которых устанавливается программой инженерных изысканий в соответствии с техническим заданием заказчика.

Инженерно-экологические изыскания для экологического обоснования градостроительной документации проводятся с

целью обеспечения экологической безопасности проживания населения и оптимальности градостроительных и иных проектных решений с учетом мероприятий по охране природы и сохранению историко-культурного наследия в районе размещения города (поселения).

Они включают в себя: оценку существующего экологического состояния городской среды, наличие особо охраняемых территорий; оценку физических воздействий; прогноз возможных изменений функциональной значимости и экологических условий территории при реализации намечаемых решений по ее структурной организации; предложения и рекомендации по организации природоохранных мероприятий и экологического мониторинга городской среды.

При инженерно-экологических изысканиях для обоснования инвестиций изучают природные и техногенные условия всех намечаемых конкурентоспособных вариантов размещения площадок с учетом существующих и проектируемых источников воздействия, дают оценку состояния экосистем, условий проживания населения и возможных последствий их изменения в процессе строительства и эксплуатации сооружения. Также получают необходимые и достаточные материалы для обоснованного выбора варианта размещения и принятия принципиальных решений, при которых прогнозируемый экологический риск будет минимальным.

Инженерно-экологические изыскания для обоснования инвестиций в строительство должны включать: комплексное (ландшафтное) исследование территории; характеристику видов, интенсивности, длительности, периодичности существующих и планируемых техногенных (антропогенных) воздействий, размещение источников воздействия, фильтрации подземных вод; предварительную оценку и прогноз возможного воздействия объекта на окружающую природную среду, в том числе на особоохраняемые природные объекты и территории; определение границ зоны воздействия по компонентам окружающей среды для каждой конкурентной площадки; предварительную оценку экологического риска; выводы о необходимости природоохранных мероприятий; предложения и рекомендации по организации локального мониторинга.

При инженерно-экологических изысканиях для реконструкции и расширения предприятий устанавливаются изменения природной среды за период эксплуатации. При ликвидации объекта проводят оценку деградации природной среды в результате деятельности объекта, оценку последствий ухудшения экологической ситуации и их влияния на здоровье населения. Инженерно-экологические изыскания проводятся по разработанному заказчиком техническому заданию на их выполнение.

В состав инженерно-экологических изысканий входят:

- сбор, обработка, анализ опубликованных фондовых материалов и данных о состоянии природной среды, поиск объектов-аналогов для разработки прогнозов;
- экологическое дешифрирование аэрокосмических материалов с использованием различных видов съемок;
- маршрутные наблюдения с покомпонентным описанием природной среды и ландшафтов в целом, состояния наземных и водных экосистем, источников и визуальных признаков загрязнения;
- проходка горных выработок для установления условий распространения загрязнений и геоэкологического опробования;
- опробование почво-грунтов, поверхностных и подземных вод и определение в них комплексов загрязнителей;
- газо-геохимические исследования;
- исследование и оценка физических воздействий;
- эколого-гидрогеологические исследования (оценка влияния техногенных факторов, изменения гидрогеологических условий);
- почвенные исследования;
- изучение растительного и животного мира;
- социально-экономические исследования;
- санитарно-эпидемиологические и медико-биологические исследования;
- стационарные наблюдения (экологический мониторинг);
- камеральная обработка материалов;
- составление технического отчета.

Назначение и необходимость отдельных видов работ и исследований, условия их взаимозаменяемости устанавливаются в программе инженерно-экологических изысканий на основе

технического задания заказчика, в зависимости от вида строительства, характера и уровня ответственности проектируемых зданий и сооружений, особенностей природно-техногенной обстановки, степени экологической изученности территории и стадии проектных работ.

Инженерно-экологические изыскания для строительства должны проводиться в три этапа:

- подготовительный – сбор и анализ фондовых и опубликованных материалов и предполевое дешифрирование;
- полевые исследования – маршрутные наблюдения, полевое дешифрирование, проходка горных выработок, опробование, радиометрические, газо-геохимические и другие натурные исследования;
- камеральная обработка материалов – проведение химико-аналитических и других лабораторных исследований, анализ полученных данных, разработка прогнозов и рекомендаций, составление технического отчета.

Инженерно-экологические изыскания для обоснования строительства конденсатопровода Ковыктинское газоконденсатное месторождение – п. Окунайский (БАМ)

В соответствии с пунктом 8.4 СНиП 11-02-96 по трассе конденсатопровода были проведены следующие виды работ, входящие в состав инженерно-экологических изысканий:

- сбор, обработка и анализ опубликованных и фондовых материалов и данных о состоянии природной среды, поиск объектов-аналогов для разработки прогнозов;
- экологическое дешифрирование аэрокосмических материалов с использованием различных видов съемок (черно-белой, многозональной, радиолокационной, тепловой);
- маршрутные наблюдения с покомпонентным описанием природной среды и ландшафтов в целом, состояния наземных и водных экосистем, источников и признаков загрязнения;
- исследование и оценка техногенных воздействий;
- почвенные исследования;
- геоэкологическое опробование и оценка загрязненности атмосферного воздуха, почв;
- изучение растительности и животного мира;
- социально-экономические исследования;

– камеральная обработка материалов и составление отчета.

В соответствии с п. 8.4 СНиП 11-02-96 ИЭИ должны обеспечивать:

– комплексное изучение природных и техногенных условий территории, ее хозяйственного использования и социальной сферы;

– оценку современного экологического состояния компонентов природной среды и экосистем (природных комплексов) в целом, их устойчивости к техногенным воздействиям и способности к восстановлению;

– разработку прогноза возможных изменений природных (природно-технических) систем при строительстве, эксплуатации и ликвидации объекта;

– оценку экологической опасности и риска;

– разработку рекомендаций по сохранению социально-экономических, исторических, культурных, этнических и других интересов местного населения;

– разработка рекомендаций и/или программы организации проведения локального мониторинга, отвечающего этапам (стадиям) предпроектных и проектных работ.

При составлении программы ИЭИ по трассе конденсаторпровода были конкретизированы следующие основные задачи:

– получение необходимых и достаточных материалов для экологического обоснования проектной документации на строительство объекта по выбранному варианту трассы с учетом нормального режима эксплуатации, а также возможных аварийных ситуаций;

– уточнение и актуализация материалов и данных по состоянию окружающей среды, полученных на стадии оценки инвестиций, уточнение границ зоны техногенного влияния;

– оценка экологического риска, выявление экологических ограничений

При проведении ИЭИ особое внимание уделялось изучению ландшафтных особенностей территории, которое позволяет провести комплексную оценку инженерно-экологических условий строительства трубопровода и ситуации в целом.

11.3. Разработка проектов «Оценка воздействия на окружающую среду» (ОВОС)

Оценка воздействия на окружающую среду, проводимая заказчиком, является одной из важнейших составляющих российской системы экологической оценки. В частности, Закон «Об экологической экспертизе» говорит о том, что в составе документации, представляемой на государственную экологическую экспертизу, должны быть «Материалы оценки воздействия на окружающую среду». Однако Закон не определяет и не раскрывает понятие «оценка воздействия на окружающую среду», никак не регламентирует соответствующую процедуру. Более детальные требования к заказчику в этой области следуют из рамочного «Положения об оценке воздействия на окружающую среду в Российской Федерации» и «Инструкции по экологическому обоснованию» принятых Госкомэкологией, а также из ряда инструкций Госстроя. Эти нормативно-правовые документы рассматриваются в данном разделе.

Рамочным нормативным документом, устанавливающим порядок проведения оценки воздействия на окружающую среду, является «Положение об оценке воздействия на окружающую среду в Российской Федерации», утвержденное Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов в 1994 году. В Положении дано следующее определение:

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) – процедура учета экологических требований законодательства Российской Федерации при подготовке и принятии решений о социально-экономическом развитии общества (Данилов-Данильян и др. 2000).

Положение устанавливает ответственность заказчика за проведение ОВОС. Положение требует обязательного проведения ОВОС только для проектов объектов определенных категорий, и именно для этих видов деятельности ОВОС, как правило, осуществляется на практике (хотя в общей части Положения и говорится о возможности проведения оценки воздействия на окружающую среду при разработке планов, программ и других стратегических решений). Для остальных

объектов ОВОС может проводиться по решению региональных органов исполнительной власти по представлению соответствующих комитетов по охране окружающей среды.

«Положение об ОВОС», в частности, устанавливает необходимость рассмотрения альтернатив намечаемой деятельности, а также организации общественных слушаний или других форм участия общественности.

В отличие от нормативных актов, регулирующих процесс государственной экологической экспертизы, Положение не содержит детального описания процедур проведения ОВОС, требований к составу, содержанию и форме документации по оценке воздействия, ничего не говорит об ее использовании в дальнейшем процессе принятия решений. Для выявления и принятия необходимых и достаточных мер по предупреждению возможных неприемлемых последствий в процессе анализа и оценки воздействия намечаемой деятельности на окружающую среду разработчиком обосновывающей документации должны быть рассмотрены:

- цели реализации замысла или предполагаемого проекта;
- разумные альтернативы намечаемой деятельности;
- характеристика проектных и иных предложений в контексте существующей экологической ситуации на конкретной территории с учетом ранее принятых решений о ее социально-экономическом развитии;
- сведения о состоянии окружающей среды на территории предполагаемой реализации намечаемой деятельности в соответствующих пространственных и временных рамках;
- возможные последствия реализации намечаемой деятельности и ее альтернатив;
- меры и мероприятия по предотвращению неприемлемых для общества последствий осуществления принимаемых решений;
- предложения по разработке программы мониторинга реализации подготавливаемых решений и плана слепо-проектного экологического анализа.

Процедура ОВОС, отвечающая приведенным требованиям, проводится чаще всего для проектов, осуществляемых крупными компаниями, заботящимися о своем международном имидже, для

крупных проектов с участием иностранного капитала, а также для проектов, финансируемых международными организациями – ЕБРР, Всемирный банк и т. п. При этом в качестве нормативных документов, регулирующих процедуру ОВОС, используются внутренние инструкции данных организаций, иногда адаптированные для российских условий.

Например, «Руководство по проведению ОВОС» при разработке обоснований инвестиций в строительство, технико-экономических обоснований и/или проектов подготовленное Международным центром обучающих систем под эгидой Всемирного банка, сохранения природных богатств и создания благоприятных условий для жизни людей путем всестороннего комплексного рассмотрения всех преимуществ и потерь, связанных с реализацией намечаемой деятельности.

Фактически, именно данная Инструкция определяет требования к «материалам оценки воздействия на окружающую среду», которые должны присутствовать в составе документации, представляемой на экологическую экспертизу. Инструкция охватывает экологическую оценку стратегического и проектного уровня, поскольку она содержит разделы, посвященные экологическому обоснованию прединвестиционной документации, проектной градостроительной документации, предпроектной и проектной документации, экологическому обоснованию техники, технологии и материалов, материалов лицензий, а также экологические требования к нормативной документации. Например, в составе обосновывающих материалов в предпроектной и проектной документации должны быть приведены характеристика природных условий в месте размещения объекта, информация об историко-культурном наследии, прогноз ожидаемых изменений в окружающей среде.

Поскольку Инструкция рассматривает экологическое обоснование как «совокупность доводов и прогнозов», она определяет лишь его содержание, не устанавливая требований к процедуре и методике его подготовки, порядку документирования.

Согласно той же Инструкции, оценка воздействия на окружающую среду – это определение характера, степени и масштаба воздействия объекта хозяйственной и иной

деятельности на окружающую среду и его последствий. Необходимо отметить неоднозначность, которая связана с трактовкой понятия «оценки воздействия на окружающую среду» в российских нормативно-правовых документах. Так, «Положение об ОВОС» рассматривает оценку воздействия как «процедуру», основным содержанием которой является «учет экологических требований при подготовке и принятии решений». Обсуждаемая Инструкция трактует это понятие более узко. Приведенное определение фактически сводит оценку воздействия к прогнозу воздействий (последствий), не указывая на ее связь с принятием решений и не охватывая важных элементов процедуры, требуемых Положением, включая взаимодействие с общественностью.

Помимо «Положения об ОВОС» и «Инструкции по экологическому обоснованию...», существует ряд других нормативных документов, регулирующих проведение заказчиком оценки воздействия на окружающую среду. Как показывает практика, в той или иной форме эти элементы присутствуют в большинстве существующих систем экологической оценки. Во многих системах их наличие закреплено нормативными документами. Там где такая регламентация отсутствует, эти элементы, тем не менее, могут существовать в неявном виде, неформальным образом. Отсутствие же каких-либо из этих элементов, как правило, приводит к недостаточной эффективности системы ЭО. Многие из них часто присутствуют в форме специального этапа или процедуры, другие принципиально связаны с несколькими этапами или процессом ЭО в целом.

Схема процесса отражает сложившиеся представления об экологической оценке, но не является единственно возможной. Более того, эта схема представляет собой результат обобщения, и в точности такая процедура не существует ни в одной стране. Однако эта схема содержит основные элементы процесса экологической оценки. В конкретных системах могут различаться названия этих элементов, их относительная значимость; несколько последовательных этапов могут сливаться в один или выполняться параллельно. Одни и те же действия в некоторых системах могут выполняться инициатором деятельности, а в

других – государственными органами. Однако, в любом случае, эти элементы важны с точки зрения общей эффективности системы ЭО. Поэтому соответствующие элементы, а также механизмы решения связанных с ними задач присутствуют и в тех системах, где принятая процедура существенно отличается от «классической» системы ЭО.

11.4. Разработка проектов «Охрана окружающей среды» (ООС)

В соответствии с требованиями «Инструкции о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений», СНиП 11-01-95, в составе проектной документации на строительство объектов различного назначения должен разрабатываться раздел «Охрана окружающей среды» (ООС).

Раздел проекта разрабатывается на основании утвержденного технико-экономического обоснования строительства схем и проектов районной планировки городов и населенных пунктов, схем генеральных планов промышленных объектов с учетом требований территориальных схем охраны природы, бассейновых схем комплексного использования и охраны водных ресурсов, а также материалов инженерно-экологических изысканий, выполненных для подготовки проекта.

Раздел ООС в составе проектной документации должен содержать комплекс предложений по рациональному использованию природных ресурсов в строительстве и технических решений по предупреждению негативного воздействия проектируемого объекта на окружающую природную среду. Состав и содержание раздела могут уточняться применительно к требованиям специфики проектирования предприятий соответствующих отраслей промышленности или параметров жилищно-гражданских объектов.

При разработке раздела ООС для проектируемого объекта следует выполнить:

- оценку современного состояния природной среды и уровня техногенной нагрузки района размещения объекта (в том числе на альтернативных участках);

- определение уровня воздействия объекта на окружающую природную среду при различных вариантах реализации проекта;
- оценку изменений природной среды в результате планируемого воздействия;
- оценку последствий воздействия объекта на окружающую среду, социально-бытовые и хозяйственные условия жизни населения;
- определение (подсчет) экологического ущерба;
- разработку мероприятий по предотвращению или снижению возможных неблагоприятных воздействий на среду по основным вариантам принимаемых решений и оценку их эффективности и достаточности,
- разработку мероприятий по организации мониторинга за состоянием окружающей природной среды.

Все основные решения по вопросам охраны окружающей среды при строительстве и эксплуатации объектов различного назначения, а также применяемому комплексу природоохранных мероприятий, должны быть определены при разработке обоснования инвестиций. При разработке проектной документации эти решения могут быть дополнены и уточнены.

Раздел ООС в проектной документации должен содержать следующие основные подразделы:

- краткие сведения о проектируемом объекте;
- охрана и рациональное использование земельных ресурсов;
- охрана атмосферного воздуха от загрязнения;
- охрана поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения;
- охрана окружающей среды при складировании (утилизации) отходов промышленного производства;
- охрана растительности и животного мира;
- прогноз изменения состояния окружающей среды под воздействием проектируемого объекта;
- эколого-экономическая эффективность строительства, реконструкции, технического перевооружения объекта.

Различными проектными организациями состав и содержание раздела ООС может быть уточнен применительно к требованиям специфики проектирования предприятий соответствующих отраслей промышленности и параметров

жилищно-гражданских объектов, возводимых в различных регионах.

При разработке раздела ООС следует руководствоваться природоохранным законодательством России, требованиями нормативно-методических документов по охране окружающей природной среды, положениями различных глав СНиП, инструкций, стандартов, ГОСТов, регламентирующих или отражающих требования по охране природы при строительстве и эксплуатации объектов различного назначения.

Охрана окружающей природной среды и рациональное использование природных ресурсов при разработке раздела ООС должны рассматриваться с учетом природных особенностей района расположения проектируемого объекта и существующей техногенной нагрузки. Все параметры объекта следует оценивать по уровню их воздействия на экологию прилегающего района и возможности предупреждения негативных последствий функционирования предприятия для среды в ближайшей и отдаленной перспективе.

При разработке раздела ООС в составе проектной документации должны быть выявлены:

1) существующие природно-климатические характеристики района расположения объекта;

2) виды, основные источники и интенсивность существующего техногенного воздействия в рассматриваемом районе (объем выбросов и сбросов, загрязнение территории и почв, нарушения ландшафта и т. п.);

3) характер использования и объем (количество) природных ресурсов, вовлекаемых в хозяйственный оборот, условия их транспортировки к проектируемому объекту;

4) характер, объем и интенсивность предполагаемого воздействия проектируемого объекта на атмосферу, воздушную среду и территорию в процессе строительства и эксплуатации;

5) количество отходов производства, степень их токсичности, условия складирования, захоронения или утилизации;

6) возможность использования отходов на других производствах и в других отраслях хозяйства;

7) возможность аварийных ситуаций на объекте и их последствия;

8) изменения параметров окружающей среды под воздействием проектируемого объекта (намечаемой хозяйственной деятельности);

9) экологические и социальные последствия строительства и эксплуатации объекта.

Обоснование технических решений по охране среды должно быть подкреплено расчетами эколога-экономической эффективности применяемых природоохранных мероприятий. При определении эффективности следует сопоставлять затраты на реализацию природоохранных мероприятий с величиной предотвращенного народнохозяйственного ущерба, выявляемого для всех видов реципиентов.

В разделе ООС проектной документации должен разрабатываться прогноз изменения состояния природной среды и социально-экономических условий жизни населения в районе размещения объекта.

Разработанный прогноз должен отражать:

- изменения качественного состояния атмосферы с учетом его дополнительного загрязнения от выбросов проектируемого (реконструируемого) объекта;

- изменения качественного и количественного состояния поверхностных и подземных вод в районе расположения объекта;

- изменения в характере землепользования района расположения объекта;

- характер нарушений геологической среды, возможность активизации опасных геологических процессов и предполагаемый уровень загрязнения почв;

- характер воздействия объекта на растительность и животный мир, и их изменения под влиянием строительства и эксплуатации объекта;

- изменения социально-экономической обстановки и условий жизни населения, проживающего в районе размещения объекта.

11.5. Экологическая экспертиза

Экологическая экспертиза – установление соответствия намечаемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определение допустимости реализации объекта экологической экспертизы в целях предупреждения возможных неблагоприятных воздействий этой деятельности на окружающую природную среду и связанных с ними социальных, экономических и иных последствий реализации объекта экологической экспертизы. Общие положения об экологической экспертизе содержатся в Законе РСФСР «Об охране окружающей природной среды». Более детальные требования к ее содержанию и порядку проведения установлены Федеральным законом «Об экологической экспертизе». В соответствии с законодательством, существует два вида экологической экспертизы – государственная и общественная. Проведение государственной экологической экспертизы обязательно для всех проектов хозяйственных объектов, а также для планов и программ территориального и отраслевого развития, нормативно-технических документов, законодательных актов и др. Таким образом, государственная экологическая экспертиза требуется как на уровне проектов, так и на уровне стратегических документов. А также в Постановлении от 5 марта 2007 года № 145 «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий».

Государственную экологическую экспертизу организуют специально уполномоченные государственные органы в области экологической экспертизы (федеральный и территориальные комитеты по охране окружающей среды). В зависимости от масштаба и характера намечаемой деятельности экспертиза проводится на федеральном уровне или уровне субъекта РФ. Документация – объект экспертизы анализируется экспертной комиссией, формируемой специально уполномоченным органом. Результатом государственной экологической экспертизы является заключение, которое может быть положительным или отрицательным, причем положительное заключение является одним из необходимых условий для осуществления намечаемой деятельности.

Ниже приведены принципы экологической экспертизы, определенные Законом «Об экологической экспертизе».

«Экологическая экспертиза основывается на принципах:

- презумпции потенциальной экологической опасности любой намечаемой хозяйственной и иной деятельности;
- обязательности проведения государственной экологической экспертизы до принятия решений о реализации объекта экологической экспертизы;
- комплексности оценки воздействия на окружающую природную среду хозяйственной и иной деятельности и его последствий;
- обязательности учета требований экологической безопасности при проведении экологической экспертизы;
- достоверности и полноты информации, представляемой на экологическую экспертизу;
- независимости экспертов экологической экспертизы при осуществлении ими своих полномочий в области экологической экспертизы;
- научной обоснованности, объективности и законности заключений экологической экспертизы;
- гласности, участия общественных организаций (объединений), учета общественного мнения;
- ответственности участников экологической экспертизы и заинтересованных лиц за организацию, проведение, качество экологической экспертизы».

Объектом экологической экспертизы является предпроектная, проектная или иная документация, описывающая намечаемую деятельность. Она должна содержать в своем составе:

- «...материалы оценки воздействия на окружающую природную среду...»;
- положительные заключения и (или) документы согласований органов федерального надзора и контроля с органами местного самоуправления, получаемых в установленном законодательством Российской Федерации порядке;
- заключения федеральных органов исполнительной власти по объекту государственной экологической экспертизы в случае

его рассмотрения указанными органами и заключений общественной экологической экспертизы в случае ее проведения;

- материалы обсуждений объекта государственной экологической экспертизы с гражданами и общественными организациями (объединениями), организованных органами местного самоуправления».

В 1996 году Правительством РФ утверждено «Положение о порядке проведения государственной экологической экспертизы». Более подробно порядок ее проведения регулируется «Регламентом проведения государственной экологической экспертизы», утвержденным Госкомэкологией РФ в 1997 году. Регламент определяет порядок представления документации на экспертизу, порядок формирования и работы экспертной комиссии, разграничение ответственности между экспертами – членами комиссии и специально уполномоченным органом, порядок утверждения заключения экспертизы и проч. Приказом Минприроды № 392 установлена форма заключения государственной экологической экспертизы

Законом предусмотрена также возможность проведения общественной экологической экспертизы. Этот вид экспертизы может проводиться общественными организациями, устав которых предполагает такой вид деятельности. Результатом общественной экологической экспертизы является заключение рекомендательного характера, которое приобретает юридическую силу в случае его утверждения специально уполномоченным органом в области экологической экспертизы. В остальном, Закон предполагает сходство процедур общественной и государственной экологических экспертиз (требования к экспертам, их ответственность, и проч.), хотя отношения сторон в области общественной экологической экспертизы определены значительно менее детально.

В 2007 году произошли изменения в положении о государственной экспертизе. Правительством РФ утверждено постановление № 145 «Положение о порядке проведения государственной экологической экспертизы» от 5 марта 2007 г., вступающее в действие и частично подлежащее к применению с 1 января 2008 года.

Признать утратившим силу постановление Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2000 г. № 1008 «О порядке проведения государственной экспертизы и утверждения градостроительной, предпроектной и проектной документации» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2001, № 1, ст. 135).

Настоящее Положение определяет порядок организации и проведения в Российской Федерации государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий (далее – государственная экспертиза), порядок определения размера платы за проведение государственной экспертизы, а также порядок взимания этой платы.

Настоящее Положение подлежит применению всеми уполномоченными на проведение государственной экспертизы органами исполнительной власти и государственными учреждениями, за исключением случаев, когда иной порядок проведения государственной экспертизы установлен законодательством Российской Федерации для федеральных органов исполнительной власти, уполномоченных на проведение государственной экспертизы указами Президента Российской Федерации.

Государственной экспертизе подлежат проектная документация объектов капитального строительства и результаты инженерных изысканий, выполненных для подготовки такой проектной документации

Государственная экспертиза организуется и проводится в отношении объектов проектной документации и результатов инженерных изысканий органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации или подведомственными этим органам государственными учреждениями. Она проводится на соответствие требованиям, явившимся предметом санитарно-эпидемиологической экспертизы, государственной экологической экспертизы, государственной историко-культурной экспертизы, государственной экспертизы условий труда, государственной экспертизы в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и экспертизы промышленной безопасности.

Государственная экспертиза проводится в отношении следующих видов объектов капитального строительства:

а) объекты, строительство, реконструкцию и (или) капитальный ремонт которых предполагается осуществлять на территориях двух и более субъектов Российской Федерации;

б) объекты, строительство, реконструкцию и (или) капитальный ремонт которых предполагается осуществлять в исключительной экономической зоне Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, во внутренних морских водах и в территориальном море Российской Федерации;

в) объекты обороны и безопасности, иные объекты, сведения о которых составляют государственную тайну (за исключением объектов, государственная экспертиза в отношении которых отнесена указами Президента Российской Федерации к полномочиям федеральных органов исполнительной власти);

г) объекты культурного наследия (памятники истории и культуры) федерального значения (при проведении капитального ремонта в целях их сохранения);

д) особо опасные и технически сложные объекты;

е) уникальные объекты.

К особо опасным и технически сложным объектам относятся:

а) объекты использования атомной энергии, в том числе ядерные установки, пункты хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ;

б) гидротехнические сооружения первого и второго классов, устанавливаемые в соответствии с законодательством Российской Федерации о безопасности гидротехнических сооружений;

в) линейно-кабельные сооружения связи и сооружения связи, определяемые в соответствии с законодательством Российской Федерации;

г) линии электропередачи и иные объекты электросетевого хозяйства напряжением 330 киловольт и более;

д) объекты космической инфраструктуры;

е) аэропорты и иные объекты авиационной инфраструктуры;

ж) объекты инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования;

- з) метрополитены;
- и) морские порты, за исключением морских специализированных портов, предназначенных для обслуживания спортивных и прогулочных судов;
- к) автомобильные дороги общего пользования федерального значения и относящиеся к ним транспортные инженерные сооружения;
- л) опасные производственные объекты, на которых:
 - получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества в количестве, превышающем предельное. Такие объекты и предельное количество опасных веществ указаны соответственно в приложениях 1 и 2 к Федеральному закону «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (далее – Федеральный закон);
 - используется оборудование, указанное в пункте 2 приложения 1 к Федеральному закону;
 - получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих расплавов;
 - ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях;
 - используются стационарно установленные канатные дороги и фуникулеры.

В соответствии с положениями этого Постановления к объектам нефтегазового комплекса, подлежащим экспертизе, могут быть отнесены следующие виды инженерных сооружений, относящихся к объектам капитального строительства и отличающихся повышенной опасностью:

- поисково-разведочные и эксплуатационные скважины на нефть и газ глубокого бурения, в том числе скважины кустового бурения с наклонно-горизонтальной проходкой ствола;
- установки комплексной подготовки нефти и газа;
- магистральные нефте- и газопроводы.
- предприятия и заводы по переработке нефти и газа.

11.6. Участие общественности

Мы коротко рассмотрели основные элементы процесса экологической оценки. Некоторые из них – участие общественности и рассмотрение альтернатив – не могут быть связаны с каким-либо одним этапом процесса экологической оценки (ЭО). Их присутствие на большинстве этапов является важным условием эффективности всего процесса.

Одним из важнейших элементов экологической оценки является участие общественности. Как уже было сказано, в процессе экологической оценки участвуют три основные группы, различающиеся по степени и характеру заинтересованности в тех или иных результатах проекта: инициатор деятельности, специально уполномоченные органы и другие заинтересованные стороны. При этом инициатор деятельности и группа участников, представляющая интересы государства, достаточно легко определяются по формальным признакам, их права и обязанности, как правило, регламентированы нормативными документами. В то же время группа, условно названная «другие заинтересованные стороны», и, прежде всего, та ее часть, которую можно охарактеризовать как «общественность», поддается идентификации гораздо труднее. При этом сама общественность имеет сложную внутреннюю структуру, включает множество групп интересов. По этим причинам организация взаимодействия с ней в рамках процесса ЭО представляет наибольшую сложность.

Во-первых, участие общественности может служить (и служит) инструментом согласования интересов различных групп. Противоречия, возникающие между интересами этих групп, являются наиболее частым источником конфликтов, возникающих вокруг проекта. Поэтому поиск таких проектных решений, которые в наибольшей степени отвечали бы интересам всех этих сторон, в значительной степени определяет содержание процесса участия общественности. Можно сказать, что одной из основных целей участия общественности в процессе ЭО является выработка взаимоприемлемых решений и, как следствие, уменьшение конфликтности проекта в целом.

Во-вторых, общественное участие может использоваться (и широко используется) в качестве инструмента для решения

различных задач экологической оценки, таких как выявление возможных воздействий, изучение социальной значимости проекта и определение наиболее значимых воздействий, изучение альтернатив, планирование мер по уменьшению и (или) смягчению воздействий. В целом общественное участие должно содействовать улучшению качества принимаемых решений.

И, наконец, участие общественности в процессе ЭО представляет самостоятельную ценность, поскольку оно является инструментом осуществления прав граждан.

Участие общественности как составная часть взаимодействия с заинтересованными сторонами является одним из важнейших элементов процесса экологической оценки. Оно служит инструментом для согласования интересов различных групп, решения различных задач экологической оценки. Кроме того, независимо от практических задач процесса ЭО, участие общественности в этом процессе имеет самостоятельную ценность как реализация права граждан на получение информации и участие в принятии экологически значимых решений.

Участие общественности является непрерывным процессом, происходит по определенным правилам, известным участникам этого процесса, носит характер диалога – общественность не только получает информацию о намечаемой деятельности, но и сообщает о своей точке зрения. Однако, это определение, с нашей точки зрения, не учитывает еще один важный аспект. Понятие участия подразумевает, помимо диалога, и учет точки зрения общественности в процессе принятия решения. При этом эффективная система ЭО должна включать нормы и механизмы, обеспечивающие такой учет.

На практике степень участия общественности в процессе принятия решений может быть различной. Следует отметить, что не существует одного уровня участия, оптимального для всех возможных ситуаций. Выбор такого уровня в каждом конкретном случае зависит от природы самого проекта, характера и масштабов его воздействия на окружающую среду, требований законодательства, а также от уровня обеспокоенности общественности, демократических традиций, характерных для

региона его реализации и прочих причин социально-экологического характера. Можно утверждать, что работа на уровне манипуляции и терапии неэффективна для решения основных задач общественного участия. В то же время, реализация максимально «демократического» варианта в большинстве случаев не является ни оптимальной, ни возможной. Как правило, для проектов, вызывающих серьезную обеспокоенность общественности, целесообразно строить программы участия, ориентируясь на уровень партнерства. Для проектов, вызывающих меньший общественный интерес, часто можно ограничиться информированием и консультациями. Таким образом, значимость проекта для общественности является одним из важных факторов, определяющих предпочтительный уровень участия. Выяснение степени этой значимости составляет одну из важных задач участия общественности на ранних этапах ЭО. Большинство реальных программ общественного участия находится на уровне информирования, консультаций, или, в некоторых случаях, учета мнения общественности.

11.7. Рассмотрение альтернатив

Известно, что любой хозяйственный объект, так или иначе, оказывает влияние на окружающую среду. Важнейшей задачей экологической оценки (ЭО) является минимизация этого влияния. При этом само понятие минимизации предполагает сравнение с другими вариантами решений, ведущих к той же цели. Можно сказать, что экологическая оценка на безальтернативной основе вообще не имеет смысла. Кроме того, выбор варианта из числа исследованных альтернатив является одним из способов учета результатов ЭО в принятии решений. В хорошо организованном процессе ЭО рассмотрение альтернатив проходит через большинство стадий – от их определения на ранних этапах процесса, через анализ на стадии прогноза воздействий и обсуждение с заинтересованными сторонами, и до принятия решений по итогам ЭО.

Необходимость рассмотрения альтернатив зафиксирована в законодательстве большинства стран и международных организаций, имеющих системы экологической оценки.

С некоторой долей условности можно выделить следующие основные типы альтернатив, которые могут рассматриваться в ходе экологической оценки.

Отказ от деятельности («no action option»). Рассмотрение этой альтернативы предполагает описание состояния окружающей среды в случае полного отказа от намечаемой деятельности. Строго говоря, этот вариант не является «альтернативой» в смысле приведенного выше определения, поскольку подразумевает отказ от достижения цели. В то же время его рассмотрение очень важно с методической точки зрения – оно позволяет задать «базовую линию», с которой можно сравнить выгоды и издержки, связанные с различными вариантами осуществления намечаемой деятельности. Рассмотрение этого варианта также важно для принятия решения о возможности осуществления намечаемой деятельности в целом. Требование или рекомендация о рассмотрении альтернативы «отказа от деятельности» приняты во многих национальных системах ЭО.

Различные принципиальные подходы к достижению цели. Примером может служить обсуждавшийся выше выбор между мероприятиями по энергосбережению, сооружением электростанции и импортом энергии из другого региона.

Различные площадки для осуществления намечаемой деятельности. Воздействия, создаваемые намечаемой деятельностью и, что особенно важно, значимость этих воздействий существенно зависят от места ее осуществления. Значительная часть конфликтов, возникающих вокруг намечаемой деятельности, связана именно с выбором места ее осуществления. Поэтому очень важным является своевременное рассмотрение вариантов размещения с участием заинтересованных сторон. Хотя наличие необходимой инфраструктуры, рельеф местности, характер почв и другие факторы могут существенно ограничивать свободу выбора вариантов, рассмотрение нескольких «альтернативных площадок» возможно практически в любом случае. В ряде национальных систем ЭО принято специальное требование о рассмотрении вариантов размещения объекта. К этому же типу можно отнести различные варианты прокладки путей сообщения и

коммуникаций (дорог, трубопроводов, линий электропередачи и т. п.)

Масштаб намечаемой деятельности в значительной мере определяется ее целью, и существенное его изменение может фактически означать отказ от достижения цели. Тем не менее, в некоторых ситуациях могут быть рассмотрены варианты осуществления деятельности, различающиеся по этому показателю. Это может быть, например, выбор между сооружением одной или двух взлетно-посадочных полос для нового аэропорта. Варианты размера и емкости полигона для размещения отходов, масштаба предполагаемых работ по разработке полезных ископаемых также могут быть предметом сравнительного рассмотрения в процессе ЭО. К этой же группе можно отнести и выбор между сооружением нескольких небольших объектов или одного крупного.

Различные типы производственного процесса и оборудования. Это широкая группа альтернатив, которые могут рассматриваться на различных этапах проектного цикла. С одной стороны, к этой группе можно отнести варианты типа объекта (ГЭС, АЭС или тепловая электростанция). С другой стороны, в нее входят и варианты конкретного производственного процесса, реализуемого в одном из цехов.

План площадки, размещение и конструкция объектов в некоторой степени определяют воздействие намечаемой деятельности. Так, например, производственные здания могут быть большей или меньшей высоты (с чем связано большее или меньшее визуальное воздействие). Значимость выбросов загрязняющих веществ может существенно зависеть от того, расположен ли цех, вносящий в них основной вклад, ближе к жилым кварталам или дальше от них.

Режим функционирования объекта также может влиять на величину и значимость воздействий. Так, режим эксплуатации объекта может предусматривать движение тяжелых грузовиков только в рабочее время или круглосуточно. Время строительства может быть выбрано так, чтобы не создавать препятствий для миграции животных или нереста рыб.

Наконец, следует упомянуть *различные варианты смягчения воздействий.* Они рассматриваются тогда, когда первоначальный

прогноз воздействий уже выполнен, и перед проектировщиками и исполнителями ЭО встает задача их уменьшения или полного предотвращения. К этой группе могут относиться как альтернативы, относящиеся к перечисленным выше типам (варианты производственного процесса или режима функционирования объекта), так и варианты специальных мероприятий, например строительство очистных сооружений того или иного типа.

Литература

1. Данилов-Данильян В. И. Экологическая безопасность. Общие принципы и российский аспект / В. И. Данилов-Данильян, М. Ч. Залиханов, К. С. Лосев. – М. : Прогресс-Традиция, 2000. – 415 с.
2. Дончева А. В. Экологическая проектирование и экспертиза: практикум: учеб. Пособие для студентов вузов / А. В. Дончева. – М. : Аспект Пресс, 2005. – 286 с.
3. Дьяконов К. Н. Экологическое проектирование и экспертиза : учебник для вузов / К. В. Дьяконова, А. В. Дончева. – М. : Аспект Пресс, 2005. – 384 с.
4. Постановление Правительства РФ «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий» от 5 марта 2007 г. № 145
5. Трофимов В. Т. Экологическая геология : учебник для вузов / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М. : Геоинформмарк, 2002. – 416 с.
6. Федеральный закон от 23.11.1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе».
7. Черп О. М. Экологическая оценка и экспертиза / О. М. Черп, В. Н. Виниченко, М. В. Хотулев и др. – М. : Социально-экологический союз, 2000. – 232 с.

Глава 12. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

12.1. Понятие экологического мониторинга

Экологический мониторинг рассматривается как совокупность систем комплексных наблюдений за антропогенными и природными источниками воздействия, состоянием окружающей среды, динамикой происходящих в ней изменений, прогнозом развития ситуаций и управления ими. В качестве основных элементов мониторинг включает наблюдения за факторами воздействия и состоянием окружающей среды, прогноз ее будущего состояния и оценка фактического и прогнозируемого состояния природной среды. Ключевой задачей экологического мониторинга является обеспечение систематических наблюдений за экологическими эффектами взаимодействия природы, населения и хозяйства на определенной территории.

Мониторинг окружающей среды (экологический мониторинг), согласно Закону Российской Федерации «Об охране окружающей среды» (2002) – это комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов. Государственный мониторинг окружающей среды (государственный экологический мониторинг) – мониторинг окружающей среды, осуществляемый органами государственной власти РФ и органами государственной власти субъектов РФ. В Российской Федерации осуществляется государственный, производственный, муниципальный и общественный контроль в области охраны окружающей среды. Контроль в области охраны окружающей среды проводится в целях обеспечения органами государственной власти РФ, органами государственной власти субъектов РФ, органами местного самоуправления, юридическими и физическими лицами исполнения законодательства и соблюдения требований, в том числе

нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды, а также обеспечения экологической безопасности.

В России сформирована Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ), которая создана с целью:

- информационного обеспечения управления в области охраны окружающей среды;
- рационального использования природных ресурсов;
- обеспечения экологически безопасного устойчивого развития страны и ее регионов;
- ведения государственного фонда данных о состоянии окружающей среды и экосистем, природных ресурсах, источниках антропогенного воздействия.

Основными задачами являются:

1) проведение наблюдений за изменением состояния окружающей среды и экосистемами, источниками антропогенных воздействий с определенным пространственным и временным разрешением;

2) проведение оценок состояния окружающей среды, экосистем территории страны, источников антропогенного воздействия;

3) прогноз состояния окружающей среды, экологической обстановки на территории России, уровней антропогенного воздействия при различных условиях размещения производительных сил, социальных и экономических сценариях развития страны и ее регионов.

Организация и функционирование ведомственной наблюдательной сети осуществляется с соблюдением основных принципов деятельности гидрометеорологической службы:

- репрезентативности пунктов наблюдений;
- единства и сопоставимости методов наблюдений, обработки и обобщения результатов наблюдений;
- обеспечения достоверности получаемых результатов и доступности информации для пользователей.

Ведомственные стационарные и подвижные пункты наблюдений (далее – пункты наблюдений) осуществляют свою деятельность на основании лицензий, получаемых от Росгидромета, и с соблюдением требований нормативных

документов, регламентирующих производство наблюдений. Росгидромет, его территориальные органы и организации оказывают ведомствам (их организациям) необходимую помощь по организационным, техническим и методическим вопросам обеспечения деятельности пунктов наблюдений на основе договоров.

Информация в рамках экологического мониторинга может представляться:

- в соответствии с порядком, установленным нормативно-методической документацией по ведению государственной статистической отчетности;

- в соответствии с порядком, установленным специально уполномоченными государственными органами по экологическому мониторингу.

Системы экологического мониторинга России тесно взаимосвязаны с международным мониторингом, который осуществляется в рамках Глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС) и охватывает национальные и региональные (межнациональные) системы мониторинга. Эти системы мониторинга являются научно-методической основой для различных отраслевых и ведомственных систем мониторинга, например, нефтегазовой промышленности (Гриценко и др., 1997), или отдельных его сегментов, таких как Ковыктинского газового комплекса (КГК). Пример разработки производственного экологического мониторинга этого комплекса приведен в дальнейших разделах (Концепция..., 2006; Саксонов и др., 2006).

12.2. Структурно-логическая схема организации мониторинга

Мониторинг следует обеспечивать на всех иерархических уровнях (рис. 12.2.1). Каждый уровень мониторинга должен включать три подсистемы: 1) мониторинг инцидентов и аварий, обусловленных отказами объектов различного уровня иерархии; 2) мониторинг инцидентов и аварий, обусловленных ошибочными действиями операторов объектов; 3) мониторинг инцидентов и аварий, обусловленных природными воздействиями.

Локальный (объектный) уровень мониторинга предназначен для оценки и прогнозирования технического состояния и надежности оборудования опасных технических объектов. Он осуществляется посредством мониторинга состояния этого оборудования и получения значений вероятности (или частоты) возникновения инцидентов и аварий, причинно-следственного комплекса формирования инцидентов и аварий, данных о качественном и количественном составе опасных утечек, неорганизованных выбросов и других экологических, экономических и социальных последствиях.



Рис. 12.2.1. Иерархическая структура мониторинга

Производственный уровень мониторинга предназначен для оценки и сравнения технической безопасности (уровня риска) отдельных технических объектов и территориальных производственных подсистем объектов (месторождение, трубопровод и т. п.), а также КГК в целом.

Основные задачи субрегионального уровня: 1) получение, накопление и систематизация данных о состоянии опасных объектов КГК; 2) информационное обеспечение долгосрочного и оперативного прогнозирования технической безопасности КГК, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций; 3) обеспечения эффективного информационного сопряжения с другими подсистемами ПЭМ КГК; 4) информационное обеспечение управления технической и экологической безопасностью КГК.

Сеть режимных наблюдений должна соответствовать технологической схеме объектов КГК и обеспечивать контроль технической безопасности для следующих групп производственных объектов:

- системы жизнеобеспечения – связь, энерго- и теплоснабжение, водоснабжение, защитные сооружения, системы защиты и др.;
- промышленные системы – крупные блоки (ЗПК, КГКМ и др.);
- технические системы – объекты производственного и вспомогательного назначения, площадные и линейные сооружения, инженерные коммуникации и др.;
- механические системы – энергетическое, буровое, подъемно-транспортное, насосно-компрессорное, емкостное оборудование, технологические трубопроводы и др.;
- отдельные технические объекты – компрессор, насос, емкость, участок трубопровода и др.

Система ПЭМ КГК должна включать контроль состояния основных компонентов окружающей среды (природа, социально-хозяйственная сфера) и воздействующих на нее производственных объектов на всех этапах освоения и развития КГК (рис.12.2.2).

Соответственно система ПЭМ КГК должна накапливать, систематизировать и анализировать информацию:

- о состоянии окружающей среды, об источниках и факторах воздействия;
- о причинах наблюдаемых и прогнозируемых изменений состояния ОС и технических объектов;
- о допустимости изменений и нагрузок на ОС и ее элементы (компоненты, экосистемы).

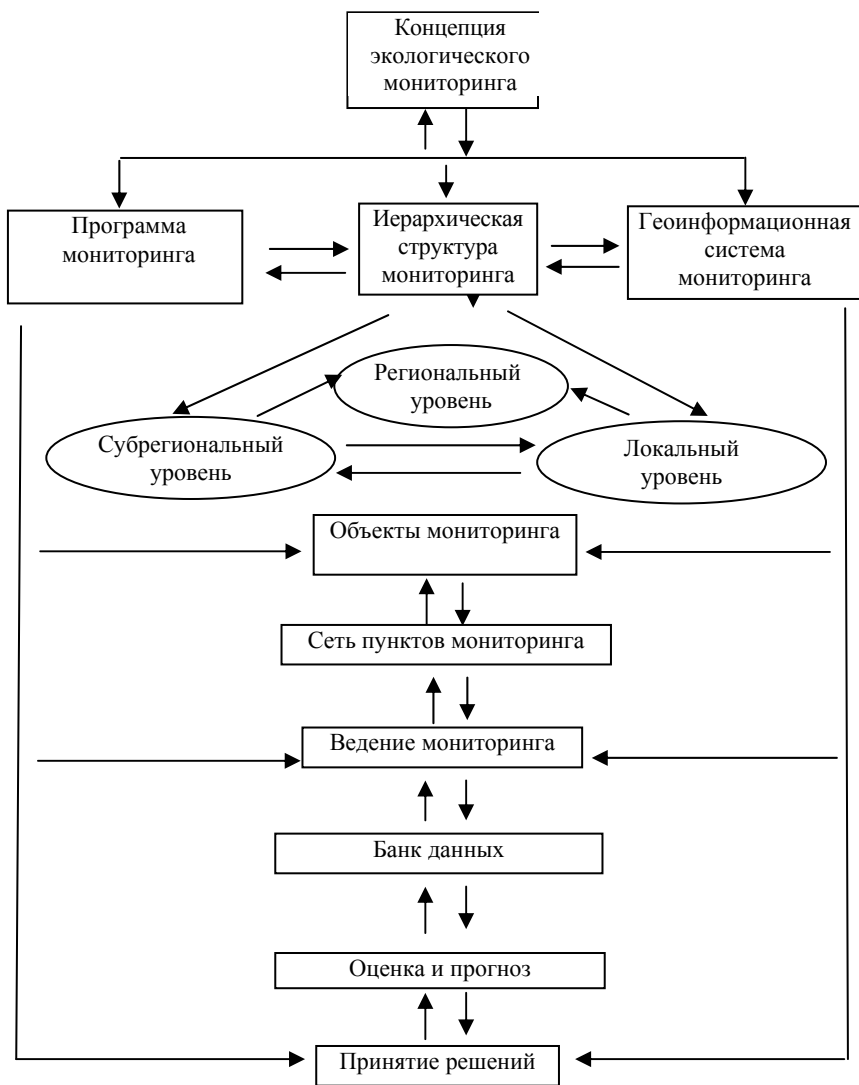


Рис. 12.2.2. Принципиальная схема организации экологического мониторинга

12.3. Объекты экологического мониторинга: природная и техногенная среды и сфера взаимодействия

К объектам ПЭМ относятся источники техногенного воздействия и элементы социально-хозяйственного назначения

КГК, компоненты окружающей среды. В отношении производственной и социально-хозяйственной инфраструктуры КГК объектами мониторинга источников воздействия на разных уровнях выступают блоки, группы и элементы технических объектов КГК и их техническая безопасность. В качестве факторов воздействия объектами мониторинга являются выбросы, сбросы, изъятия природных ресурсов, геофизические и геохимические нарушения состояния ОС, отходы, воздействие шума, электромагнитного и теплового излучения, радиоволн.

Объектами мониторинга в отношении окружающей среды служат различные компоненты природы, хозяйства и населения. К природным компонентам относятся: атмосферный воздух, поверхностные воды, геологическая среда, в том числе и подземные воды, почвы, растительность, животный мир. Одновременно с мониторингом состояния природных компонентов окружающей среды должен осуществляться мониторинг состояния природных ресурсов, включающий:

- мониторинг водных ресурсов (поверхностных и подземных вод), их оценку;

- мониторинг земельных ресурсов, осуществляемый как землепользователями (лесо, охото- и недропользователями), так и государственными землеустроительными органами, земельным комитетом района;

- мониторинг минерально-сырьевых ресурсов, осуществляемый в отношении углеводородного сырья (природного газа и конденсата) на различных стадиях освоения месторождения;

- мониторинг биологических ресурсов, включая мониторинг промысловых видов животных, ценных промысловых рыб, ценных и редких растений, лесов.

В качестве элементов ОС как объекты мониторинга должны рассматриваться функциональные зоны, т. е. нормативные защитные зоны природных и техногенных объектов, попадающих в зону воздействия КГК. В частности, это зеленая зона поселков, водоохранная зона, нерестовая зона, зона санитарной защиты водозаборов, орехопромысловая зона, зоны защиты линейных сооружений, защитные зоны спецобъектов МВД и других ведомств и т. д.

Выбор объектов мониторинга осуществляется исходя из целей и задач, уровня организации, принятых проектных решений, характеристик источников и факторов воздействия и зон их влияния, географического положения территории, особенностей компонентов ОС и их экологического состояния, политики природопользования и нормативно-правовой базы (рис. 12.3.1). При выборе объектов и пунктов мониторинга должна соблюдаться

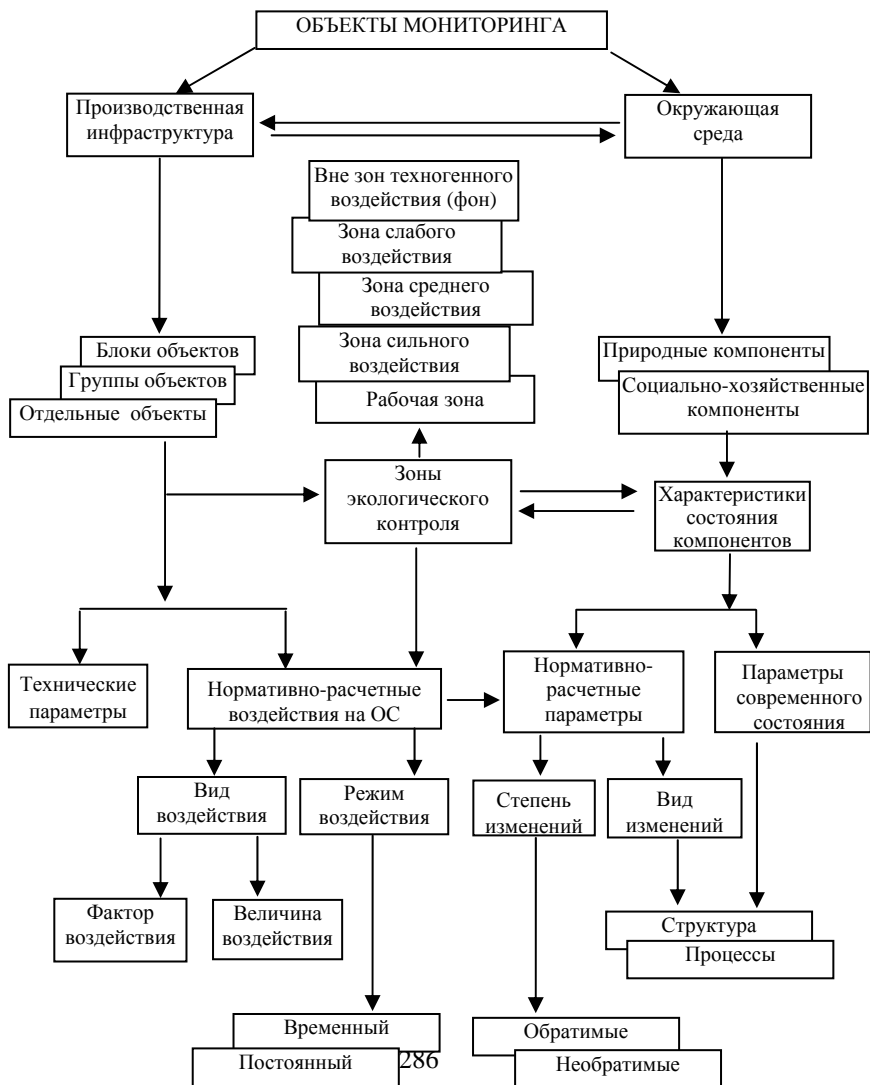


Рис. 12.3.1. Объекты мониторинга

репрезентативность наблюдения, т. е. представительность выбранной части каких-либо наблюдений данного объекта по отношению ко всей совокупности наблюдений, из которых сделана выборка.

Приоритеты в выборе объектов и пунктов наблюдения определяются исходя из величины воздействия и его последствий. При этом учитывается не только степень нарушенности, отклонение от нормы, но и экологическая и социально-хозяйственная оценка значимости того либо иного компонента окружающей среды. Компоненты окружающей среды (природа, население, хозяйство) также рассматриваются в качестве источников воздействия друг на друга и объекты КГК. Такой подход связывается с представлениями о мере экологической опасности и степени обоснованности риска хозяйственной деятельности.

Значимые воздействия должны выявляться на всех этапах освоения и развития КГК на основе анализа характеристик источников воздействия, оценки современного и прогнозируемого состояния компонентов окружающей среды и экологической ситуации, величины отклонения их показателей. В качестве приоритетных объектов мониторинга выделяются те компоненты и элементы ОС, на которые существующее или планируемое воздействие КГК оказывает или может оказать наиболее значимое влияние.

12.4. Формирование сети режимных наблюдений

Создание сети наблюдения и разработка принципов процедуры ведения мониторинга является важным этапом мониторинга, на котором с учетом поставленных задач и имеющегося опыта функционирования систем мониторинга определяются основные структурные подразделения сети наблюдений, в том числе территориальные и локальные, с указанием их назначения.

При разработке сети пунктов наблюдения необходимо предусмотреть меры по соблюдению оптимального соотношения между видами наблюдательных сетей.

Наблюдения подразделяются на следующие типы:

– стационарные – проводятся на пунктах, действующих длительное время по определенной относительно неизменной программе;

– территориальные краткосрочные обследования для выявления пространственных аспектов загрязнения;

– интенсивные локальные наблюдения в местах с наибольшей вероятностью и опасностью загрязнения и других негативных последствий воздействия. При этом необходимо решить вопрос о целесообразности и масштабах использования автоматизированных, дистанционных и других подсистем мониторинга.

Пространственные аспекты мониторинга, включая выбор мест расположения пунктов контроля, определяются в зависимости от важности объекта и его состояния, экологической ситуации, предусмотренной проектом производственной и социально-хозяйственной инфраструктуры, особенностей зонирования территории (зоны влияния источников воздействия, вне влияния источников воздействия – фона). Особое значение для обоснования сети мониторинга придается учету географических условий, конкретных местных и региональных факторов, их взаимному влиянию и взаимодействию.

С учетом сказанного принята следующая схема формирования пространственной структуры сети экологического мониторинга (рис. 12.4.1). Все пункты и маршруты наблюдения должны быть ординированы относительно производственных объектов КГК. Экологический контроль осуществляется в следующих зонах: рабочей, промышленной, санитарно-защитной, буферной и фоновой.

При размещении пунктов наблюдения учитывается взаимное расположение зон экологического контроля Ковыктинского газового комплекса, а также защитных и охранных зон природных и социально-хозяйственных объектов, попадающих в сферу влияния комплекса.

Например, водоохранной, нерестовой, орехопромысловой и других зон. Заключительное решение о местоположении пункта наблюдения принимается с учетом свойств окружающей среды, применяемых методов, требуемых периодичности и точности

измерения, приборно-аппаратурной базы, технико-экономических возможностей.

Привязка пунктов наблюдения к местности осуществляется как в координатной сети топографических карт, так и в системе землеустройства. Для определения требований к получаемой

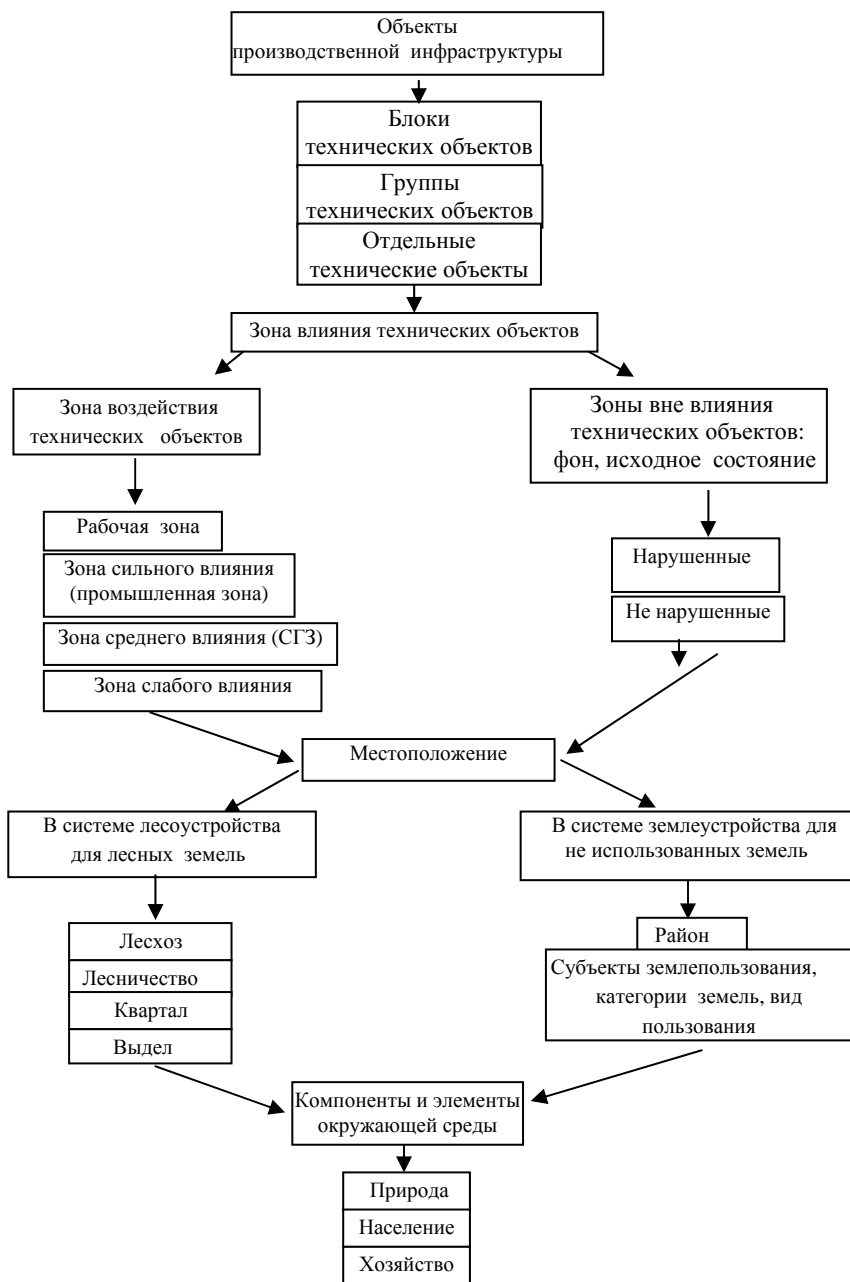


Рис. 12.4.1. Объекты производственной инфраструктуры

информации по качеству окружающей среды необходима детализация и взаимоувязка поставленных перед мониторингом задач.

Важную роль играет формулирование представления о требуемом качестве окружающей среды и способах его оценки. На основании четко сформулированных задач, а также с учетом ранее накопленных данных о состоянии окружающей среды, определяются требования к информации, включая тип, форму и сроки ее предоставления потребителям, а также пригодность для управления охранной природой и природопользованием.

Особое значение придается выбору основных статистических методов обработки данных, так как от них в значительной мере зависят частота и сроки наблюдения, а также требования к точности получаемых значений.

12.5. Разработка программы организации производственного экологического мониторинга

Программа организации производственного экологического мониторинга рассматривается на примере поисково-разведочной скважины нефть и газ № 4, расположенной в Усть-Удинском районе Иркутской области.

Буровая площадка находится на правом берегу Братского водохранилища. Она размещается на плоском водоразделе. Здесь представлены породы осадочного чехла кембрийской платформы – известняки, доломиты, алевролиты, с поверхности выветрелые. Тип растительности – горная тайга с преобладанием сосны, с участием пихты, березы и осины.

В задачу производственного экологического мониторинга бурения скв. № 4 входит сбор информации об исходном состоянии окружающей среды, источниках воздействия и изменениях, которые произойдут в природной и социально-хозяйственных сферах в результате осуществления проекта.

Наблюдения будут проводиться за компонентами окружающей природной среды и техническими объектами, влияющими на экологическую безопасность. Объектами контроля выступают атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды, геологическая среда (преимущественно экзогенные геологические процессы и грунты), почвы,

растительный и животный мир, земельные отводы и инженерные сооружения.

Система локального производственного мониторинга на площадке бурения скв. № 4 представлена на рисунке 12.5.1. На поисковом этапе продолжительность работ на буровой площадке около 1 года. Поэтому при стационарном режиме контроль осуществляется в основном расчетными методами. Полевые наблюдения будут проводиться при аварийной ситуации.

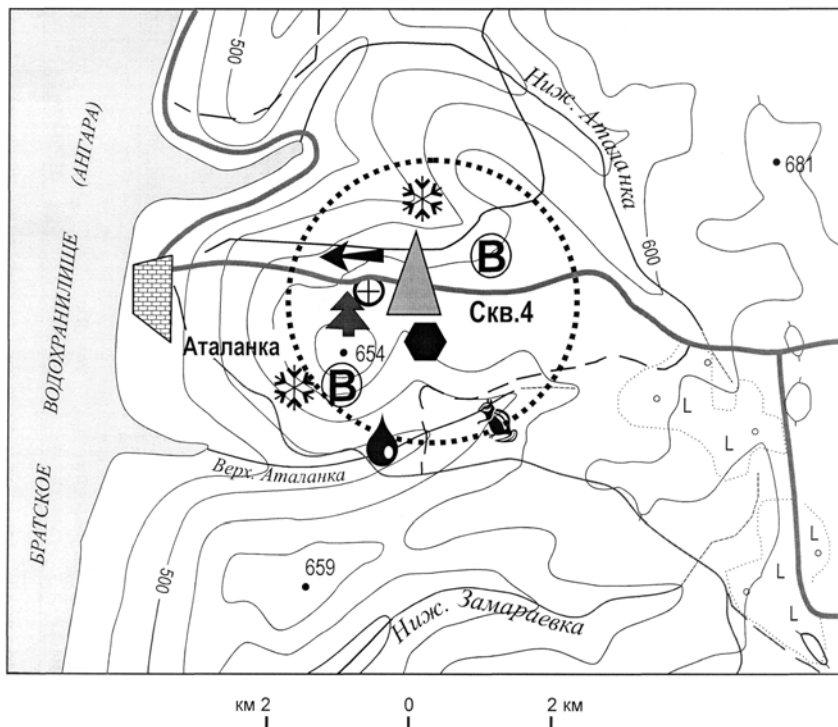


Рис. 12.5.1. Производственный экологический мониторинг поисково-разведочной скважины № 4 (цифрами указаны объекты мониторинга и экологическая ситуация).



1 - воздух; 2 - почвы; 3 - поверхностные воды; 4 - подземные воды (гидроскважина), сточные воды, буровые растворы, шлам, инженерные сооружения; 5 - снежный покров; 6 - растительность; 7 - дорожная эрозия; 8 - животный мир (учетный ход); 9 - старые вырубки

Мониторинг воздушной среды. В связи с кратковременностью работ источников выбросов, контроль их величины осуществляется расчетным методом на основе комплекса программных средств. Координаты контрольных точек определяются на границе промзоны и санитарно-защитной зоны. Санитарно-защитная зона составляет для объектов данного класса 1 тыс. м. Промзона определяется границами буровой площадки (175x175 м). Пункты наблюдения вокруг буровой площадки располагаются в пределах рассчитанного поля концентраций вредных веществ по значениям ПДК, но не менее ширины санитарно-защитной зоны, составляющую для объектов данного класса 1 тыс. м. Фоновая проба воздуха отбирается с наветренной стороны с триангуляционного пункта 654 м, расположенного в 1 100 м юго-западнее буровой площадки.

Мониторинг снежного покрова проводится в отношении веществ, поступающих из атмосферы в случае аварийной ситуации. Пробы снега отбираются по радиусам загрязнения атмосферного воздуха. Фоновая проба снега отбирается с наветренной стороны у триангуляционного пункта 654 м, расположенного в 1 100 м юго-западнее буровой площадки, там же, где и фоновая проба воздуха. Пробы снега на буровой площадке берутся в радиусе атмосферного загрязнения. Пункты мониторинга представляют собой подфакельные посты, которые служат для разовых наблюдений под газовыми факелами и возле факельного амбара.

Мониторинг поверхностных вод. Поскольку буровая площадка находится на расстоянии около 1 км от водотоков, то их загрязнение представляется маловероятным. В связи с особенностями расположения буровой площадки на вершине уплощенного водораздельного гребня ручьев Верхняя и Нижняя Аталанка, при неблагоприятных (аварийных) ситуациях появляется вероятность их загрязнения.

Предполагается размещение пунктов наблюдения в створе этих ручьев в местах возможного поступления загрязнителей с площадки по ложбинам стока. Пробы поверхностных вод отбираются и анализируются при возникновении аварийной ситуации.

Мониторинг геологической среды. Объектами наблюдения являются горные породы и экзогенные геологические процессы. В контуре буровой площадки осуществляются профилактические осмотры земляных амбаров, дренажной канавы, заградительного вала и поверхности грунтовой отсыпки с целью своевременного выявления развития техногенной эрозии. Наблюдения за эрозионными процессами проводятся в период весеннего таяния снега и после ливневых дождей. Дополнительные обследования предпринимаются при аварийных ситуациях. За контуром буровой площадки осуществляется контроль дорожной эрозии подъездного пути.

Мониторинг подземных вод. В соответствии с ГОСТ 17.1.3.12-86 проектом предусмотрен ведомственный контроль состояния подземных вод.

Зона свободного водообмена содержит основные объемы пресных вод. Однако она не обладает большим запасом устойчивости из-за высокой проницаемости подзон аэрации и насыщения. В связи с этим в процессе бурения скважины проводится контрольно-предупредительный мониторинг на локальном уровне. Пробы отбираются из гидроскважины, сооружаемой на буровой площадке. Осуществляется отбор следующих загрязняющих веществ: свинец, цинк, марганец, хром, никель, железо общее, азот аммонийный, фосфаты, сульфаты, хлориды, СПАВ, нефть и нефтепродукты, фенолы. Определяются следующие показатели: токсичность, рН, электропроводность, взвешенные вещества и сухой остаток.

Мониторинг почвенного покрова. На площадке возможно загрязнение почв буровыми растворами, природными рассолами и нефтепродуктами. В период бурения и испытания скважины загрязнение ландшафтов может происходить при аварийных ситуациях. Обследованию подлежат почвы на площадке и на пути движения загрязнителей. Анализируется общее состояние почвенного покрова и содержание в нем загрязняющих веществ. Химические анализы выполняются по ГОСТам.

В случае возникновения аварийной ситуации, в местах разлива нефтепродуктов и других вредных веществ отбираются пробы загрязненных почв. В состав загрязняющих веществ и параметров почв, исследуемых в обязательном порядке, входят:

нефтепродукты, нитраты, фосфаты, железо общее, свинец, цинк, марганец, ртуть, хром, гумус, хлориды, никель, бенз(а)пирен, рН. Для контроля экологической ситуации планируется взятие проб после ликвидации скважины и рекультивации.

Мониторинг растительного покрова. Среди лесобразующих пород наиболее чувствительны к техногенному загрязнению хвойные породы, которые первыми реагирует на техногенное ухудшение условий среды произрастания. Наиболее чувствительным видом из живого напочвенного покрова вблизи площадки являются мхи. При загрязнении атмосферного воздуха происходит деградация хвойных деревьев и мхов; поэтому они принимаются в качестве индикатора состояния окружающей среды. Мониторинг растительности осуществляется при нештатных ситуациях. Пункты наблюдения устанавливаются по радиусам загрязнения.

Мониторинг животного мира. Главными факторами беспокойства являются шумовые эффекты при бурении и испытании скважин. Однако наиболее сильное воздействие на животный мир происходит во время аварийной ситуации. В этом случае необходимо осуществлять слежение за динамикой численности промысловых животных. Основным методом является учет численности животных по следам в маршрутах. В районе буровой площадки следует учитывать численность соболя, белки, зайца, медведя, косули, изюбра, рябчика, тетерева, глухаря и др. Учетные маршруты должны проходить по периметру площадки в 1 км от внешнего ее контура по границе санитарно-защитной зоны. Учет проводится до начала и после завершения охотничьего промысла.

Мониторинг землепользования осуществляется с целью контроля целевого использования в границах земельных отводов под буровую и вертолетную площадки, подъездные пути в соответствии с проектными решениями.

Мониторинг инженерных сооружений проводится на буровой скважине. Он включает измерение и регистрацию показателей надежности буровой вышки и оборудования, осадок, смещений грунтовых оснований конструкций, напряжений в металле труб и других в соответствии с техническими нормативами и регламентами. Необходимо постоянное

наблюдение за техническим состоянием, правилами и нормами строительства и эксплуатации промышленных объектов на площадке.

Литература

1. Абалаков А. Д. Геоэкологическая оценка системы транспортировки и переработки газового конденсата / А. Д. Абалаков, С. Б. Кузьмин. – Иркутск : Изд-во Арт-Пресс, 2004. – 100 с.
2. Абалаков А. Д. Пояса экологической безопасности Ковыктинского газоконденсатного месторождения / А. Д. Абалаков, С. В. Васильев. – Иркутск : Изд-во Арт-Пресс, 2003. – 136 с.
3. Абалаков А. Д. Экологические аспекты освоения Ковыктинского газоконденсатного месторождения / А. Д. Абалаков, Э. С. Зиганшин, Ю. О. Медведев и др. – Иркутск : Изд-во Института географии РАН, 2001. – 194 с.
4. Концепция производственного экологического мониторинга Ковыктинского газового комплекса / А. Д. Абалаков, Д. И. Стом, С. П. Примина и др.; отв. ред. А. Д. Абалаков. – Иркутск : Иркут.ун-т, 2006. – 262 с.
5. Охрана окружающей природной среды. Постатейный комментарий к Закону России / под ред. В. П. Варфоломеева, В. В. Петрова. – М., 1993. – 224 с.
6. Положение о Единой государственной системе экологического мониторинга. Утверждено Приказом Минприроды России № 49 от 09.2.95 г.
7. Постановление Совета Министров Правительства РФ от 24.11.93 г. № 1229 «О создании единой государственной системы экологического мониторинга».
8. Распределение функций в ЕГСЭМ между центральными органами федеральной исполнительной власти. Приложение к постановлению Совета Министров Правительства РФ от 24.11.93 г. № 1229.
9. Федеральный закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7. Принят государственной Думой 20.12.2001 г. Одобрен Советом Федерации 26.12.2001 г. Опубликован в Российской газете от 11.01.2002 г. № 6 (2874).
10. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. Физико-химические и биологические методы : учеб. пособие / М. Н. Саксонов, А. Д. Абалаков, Л. В. Данько и др. – Иркутск : Иркут. ун-т, 2005. – 114 с.

Учебное издание

Абалаков Александр Дмитриевич

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

ISBN 978-5-9624-0229-1

Редактор Э. А. Невзорова

Верстка: А. В. Врон

Темплан 2007. Поз. 109. Подписано в печать 27.09.07.

Формат 60x90 1/16.

Печать офсетная. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 15,6. Уч.-изд. л. 12,7.

Тираж 200 экз. Заказ 110.

Издательство Иркутского государственного университета
664003, г. Иркутск, бульвар Гагарина, 36; тел (3952) 24-14-36