

**ИЗВЕСТИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК  
ТУРКМЕНСКОЙ ССР**

**СЕРИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ  
И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК**

**4**

## СОДЕРЖАНИЕ

Батыров Ш. Б. — Год большой работы	3
Аннаев Р. Г., Ализаде З. И., Панахов Т. М., Юсупов Т. М. — Влияние примеси тантала на термомагнитные свойства сплава Ni <sub>3</sub> Fe	11
Мамаев С., Назаров А., Довлетмурадов Ч., Сергинов М. — Монокристаллы CdSnAs <sub>2</sub> и их электрические свойства	16
Берклиев М. — Суточная аномалия ионизации слоя F <sub>2</sub> ионосферы	21
Ильясов У. И. — Использование киноаппаратуры в наблюдениях Солнца	28
Сергиенко С. Р., Петрова А. А., Чирова Е. В., Гарбалинский В. А., Атамередова К. Р. — Характеристика углеводородного состава газовых конденсатов Средней Азии.	35
Мурадова Г. А., Короткий А. Г., Сергиенко С. Р., Таимова Б. А., Гарбалинский В. А., Овезова А. А. — О структуре высокомолекулярных углеводородов западнотуркменских нефтей.	42
Нурягдыев М., Седельников Г. С. — Образование гидромагнетитовых осадков в заливе Кара-Богаз-Гол	46
Хейфиц А. Е., Агафонов А. В., Абаева Б. Т., Мучинский Д. Я., Окиншевич Н. А., Андреева А. С. — Каталитический крекинг вакуумных дистиллятов туркменских нефтей	53
Назарова А. Л. — О расчленении среднеюрских отложений Туаркыра	64
Кулиев К. — Литофациальная характеристика юрских отложений Центральной и Северо-Восточной Туркмении	70
Проскурко А. И. — О геохимических особенностях и металлогенической специализации магматических пород Туркмении и Западного Узбекистана	76
Гомашаев К. — Коллекторские свойства верхнеюрских карбонатных пород Кургитанга	82
Джабарова В. В., Кулиев З. Д., Назаров М. — К стратиграфии палеоценовых отложений Бадхыза	88
Седлецкий В. И. — Экзотектонические явления в отложениях гаурдакской свиты	94
<b>КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ</b>	100

- Гуриева Е. А., Кахраманов К., Кутасов В. А., Кулиев Х. М. — Теплопроводность твердых растворов на основе теллурида висмута (100). Мындыев В., Язлев С. — Температурная зависимость намагниченности сплавов никель-палладий-II (103). Берклиев А. Д., Галаванов В. В., Наследов Д. Н. — Влияние примеси меди на электрические свойства InSb (105). Суханов С., Арустамова М. В., Петрова И. В. — Кристаллические датчики Холла из InSb с повышенной вольтовой чувствительностью (107). Овезгельдыев О. — О механизме образования E<sub>s</sub> в средних широтах (109).
- ✓ Судо М. М. — Стратиграфическое значение моллюсков родов *Spaniodontella* и *Вагпеа* в миоцене Западного Туркменистана (112). Ефремов В. А. — Об актепинских слоях Низменных Кара-Кумов (115). Ятченко Л. Д. — Новое о восточной границе морского ачкагыла в Западном Копет-Даге (116). Джабаров Г. Н., Мания А. А., Арзуманова Е. М. — О присутствии зоны *Nurphantoceras reussianum* в Центральном, Восточном Копет-Даге и Горном Бадхызе (117). Мамедов Х. М., Курбанов М. — О бурноните в ртутном рудопроявлении Кара-Елчи (118).

### ХРОНИКА

- Овезов С. Б. — О результатах геолого-поисковых работ в республике за 1964 г. (Т20).

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- Отв. редактор — академик Академии наук Туркменской ССР С. Р. Сергиенко.  
 Зам. отв. редактора — академик Академии наук Туркменской ССР К. К. Машрыков.  
 Отв. секретарь — кандидат технических наук В. И. Кривенцов.  
 Академики Академии наук Туркменской ССР В. А. Баум, П. И. Калугин,  
 Г. С. Седельников; члены-корреспонденты Академии наук Туркменской ССР  
 А. А. Бердыев и А. М. Ниязов; кандидаты физико-математических наук К. Калчаев,  
 А. Аширов; кандидат геолого-минералогических наук Д. М. Мильштейн,  
 кандидаты технических наук К. Таганов, Д. Д. Джигирис.

ТҮРКМЕНИСТАН ССР  
ЫЛЫМЛАР АКАДЕМИЯСЫНЫҢ  
Х А Б А Р Л А Р Ы

ФИЗИКА-ТЕХНИКИ, ХИМИКИ ВЕ ГЕОЛОГИК  
ЫЛЫМЛАРЫҢ СЕРИЯСЫ

4

1965

А ш г а б а т

ИЗВЕСТИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК  
ТУРКМЕНСКОЙ ССР

СЕРИЯ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХИМИЧЕСКИХ  
И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

4

1965

Ашхабад

Ш. Б. БАТЫРОВ

### ГОД БОЛЬШОЙ РАБОТЫ\*

Эпоха социализма внесла коренные изменения в понятия о сроках, ритмах и темпах исторического развития. Произошло колоссальное, невиданное ускорение поступательного движения человеческого общества. Особенно стремительными во всех областях общественной жизни стали эти темпы ныне, на новом этапе развития нашей страны— в условиях развернутого строительства коммунизма.

Один год — небольшой, даже очень небольшой для истории срок. Но в наше время и в нашей стране за этот небольшой срок происходят такие значительные по масштабу и характеру события, такие изменения, такие свершения в материальной и духовной жизни, на которые еще совсем недавно нужны были десятилетия. И потому каждый год становится важным рубежом, большой вехой в нашем победоносном движении вперед.

Важными и значительными событиями в жизни советской страны и советского народа наполнен был и 1964 г. Неуклонно претворяя в жизнь исторические решения XX, XXI и XXII съездов КПСС, всемерно развивая творческую инициативу трудящихся, Коммунистическая партия направляла усилия советских людей на выполнение грандиозных планов построения коммунистического общества в нашей стране, на достижение новых успехов в хозяйственном, государственном и культурном строительстве. Прожитый нами и ныне уже ушедший в историю год явился для всех братских народов Советской страны важным этапом в осуществлении семилетнего плана развития народного хозяйства и культуры.

Особо знаменательным был 1964 г. для народов Средней Азии, в том числе для туркменского народа. Как большой праздник, отметила страна Советов 40-летие Советского Туркменистана и его славной Коммунистической партии — одного из боевых отрядов ленинской Коммунистической партии Советского Союза. С законной гордостью подвели трудящиеся республики славные итоги сорокалетнего пути — пути превращения на основе ленинской национальной политики и братской помощи великого русского народа и других народов нашей страны бывшей отсталой колониальной окраины в цветущее суверенное социалистическое государство с высокоразвитой экономикой и культурой.

\* Из вступительного слова на годичном собрании Академии наук Туркменской ССР 27—29 апреля 1965 г.

Замечательными трудовыми успехами отметили славную дату трудящиеся Советского Туркменистана. Усилия коллектива ученых нашей Академии были направлены на то, чтобы внести свой вклад в достойную встречу этой исторической даты в жизни туркменского народа, на то, чтобы повысить роль науки в развитии всех отраслей народного хозяйства и культуры республики, сделать ее еще более эффективной.

Выступая на торжественном заседании в связи с 40-летием республики и Коммунистической партии Туркменистана глава Советского правительства А. Н. Косыгин сказал: «В представлении эксплуататорской верхушки царской России туркмены всегда должны были оставаться нищими-батраками, бесправными издольщиками. Их дети не знали, что такое школа. Путь к образованию был закрыт для туркменского народа. Советская власть навсегда покончила с этим. Новый Туркменистан—республика почти сплошной грамотности. Она имеет не только свою национальную школу, но и высшие учебные заведения, свой университет... Нет такой отрасли народного хозяйства, науки и культуры, где не было бы специалистов-туркмен.

Знаменательным событием в культурной жизни туркменского народа явилось учреждение в 1951 г. республиканской Академии наук—одного из крупнейших научных центров Средней Азии. Академия наук внесла большой вклад в развитие национальной экономики и культуры\*.

Такая высокая оценка деятельности ученых республики ко многому обязывает. В наши дни наука становится непосредственной производительной силой, все больше повышается ее роль в создании материально-технической базы коммунизма. Современная наука проникает в самые сокровенные тайны природы, помогает полнее использовать ее богатства. Коммунистическая партия, Советское правительство, работники науки нашей страны делают все возможное, чтобы эти несметные богатства природы и могучая сила науки использовались для блага людей, для созидания и счастья, а не для разрушения и бедствий.

Ученые Академии наук Туркменистана помогают успешному решению этих больших и ответственных, важных и благородных задач. С их участием открыты новые нефтяные и газовые месторождения в Центральных Кара-Кумах и Западно-Туркменской низменности.

За открытие и освоение Ленинского месторождения группе работников присвоено звание лауреатов Ленинской премии. А в апреле 1965 г. состоялось решение Комитета по Ленинским премиям о присуждении строителям, проектировщикам и изыскателям высокого звания лауреатов за сооружение Каракумского канала в Туркменской ССР. Трудящиеся нашей республики, весь советский народ с чувством законной гордости восприняли высокую оценку самоотверженного труда ученых, проектировщиков и строителей величайшей в мире магистрали жизни, проложенной в суровых условиях безбрежной пустыни. Эта оценка воодушевляет на новые смелые творческие дерзания в науке, на неустанные поиски все более эффективных путей и средств использования богатств природы. Возможностей же здесь поистине непочатый край.

Хорошо известно, каким в полном смысле слова неисчерпаемым источником сырья для производства калийных, фосфорных удобрений, выпуска микроудобрений и других продуктов являются богатейшие залежи природных солей в заливе Кара-Богаз-Гол и в районе Гаурдака. А какие громадные перспективы для дальнейшего развития экономики Советского Туркменистана, его сельского хозяйства откроет

---

\* «Туркменская искра», № 278, 26 ноября 1964 г., стр. 2.

освоение пригодных к орошению земель, площади которых составляют 5,6 млн. га! Вот почему успешное их освоение является первоочередной задачей, а всемерная помощь в решении этой задачи — почетный долг ученых республики.

Особую важность и ответственность приобретает эта обязанность наших ученых в деле всесторонней помощи развитию сельскохозяйственного производства в свете решений мартовского Пленума ЦК КПСС (1965 г.).

Придавая особо важное значение развитию сельскохозяйственной науки, Пленум обязал научно-исследовательские учреждения расширить теоретические исследования, повысить их уровень и результативность, оказать всемерную помощь колхозам и совхозам в широком использовании научных достижений и передового опыта в интересах дальнейшего развития этой важнейшей отрасли народного хозяйства.

Все это требует дальнейшего укрепления связи науки с производством, превращения научно-исследовательских учреждений, институтов, опытных станций в важное звено подъема сельскохозяйственного производства. Для успешного, подлинно творческого решения этих задач сейчас имеются все условия. В докладе на мартовском Пленуме Л. И. Брежнев подчеркнул, что «наука не терпит субъективизма, скороспелых, не проверенных практикой выводов. В основе ее должны быть только объективные данные, подкрепленные точным экспериментом, производственным опытом, самой жизнью. Подлинная наука ничего не принимает на веру, она не может быть монополией отдельных ученых, тем более администраторов, каким бы авторитетом они ни пользовались. К сожалению, у нас в последнее время имели место такие факты, когда некомпетентные в науке люди подчас брали на себя роль арбитров в споре между учеными и таким образом связывали их инициативу, препятствовали свободному творческому обсуждению научных проблем... Задача состоит в том, чтобы всемерно способствовать успешной работе наших ученых в сельском хозяйстве. Наука получит со стороны партии и государства всемерную поддержку и помощь»\*.

Исходя из этих задач, Академией наук нашей республики ведутся исследовательские работы, имеющие большое теоретическое и народнохозяйственное, идеологическое и культурное значение.

Важным событием в жизни Академии наук Туркмении в 1964 г. явилось специальное обсуждение ее деятельности на Президиуме ЦК КП Туркменистана. Этому обсуждению предшествовало ознакомление с работой научных учреждений нашей Академии бригады ученых АН СССР, возглавлявшейся членом Президиума Академии наук СССР академиком Б. Е. Быховским.

В решении ЦК КП Туркменистана отмечено, что Академия наук Туркменской ССР проделала за последние годы значительную работу по созданию новых научных направлений, подготовке научных кадров и расширению исследований в области естественных наук.

ЦК КП Туркменистана отметил вместе с тем все еще низкую эффективность научных исследований и недостаточное воздействие достижений науки на практику коммунистического строительства в республике, глубоко вскрыл причины этих серьезных недостатков. Основной из этих причин является все еще непреодоленная в работе научных учреждений АН Туркменской ССР мелкотемность, постановка малоактуальных в теоретическом и практическом отношении вопросов, недостаточная концентрация сил и средств на главных направлениях, низкий научный уровень отдельных работ. Слаба еще до сих пор

---

\* «Известия» № 72, 27 марта 1965 г., стр. 3.

квалификация ряда научных работников, недостаточно четко организована работа ученых советов институтов и отделений АН Туркменской ССР, имеют место факты беспринципного решения вопросов отдельными учеными советами и т. д.

Решение Центрального Комитета явилось важным документом, определившим деятельность Академии наук республики по устранению указанных недостатков.

Президиум Академии наук, учтя критические замечания, проделал в этом направлении значительную работу. Определены основные научные направления Академии наук. В связи с этим усилены работы в области нефтехимии и химической переработки углеводородных газов, использования солнечной энергии на основе полупроводниковой техники, комплексного изучения пустынь. Больше внимания стало уделяться вопросам использования местных вод, изучению биологии вилта хлопчатника как научной основы для разработки эффективных мер борьбы с ним и другим проблемам, имеющим важное народнохозяйственное значение.

Несколько усилилась связь научных учреждений с производством. В народное хозяйство передан ряд важных результатов научных исследований, в том числе рекомендации по применению микроудобрений, по использованию солнечных опреснительных установок, по обеспечению внутренних водоемов Советского Союза мальками растительноядных рыб и ряд других. Состав ученых советов пополнен представителями производственных учреждений и организаций. Производственники стали активнее привлекаться к обсуждению завершенных работ.

В Академии наук стали разрабатываться большие комплексные проблемы, имеющие значение не только для нашей республики, но и для всей страны или для таких крупных ее районов, как Средняя Азия. Таковы проблемы освоения пустынных территорий, вопросы нефтехимии и химической переработки углеводородных газов, использования энергии солнца в народном хозяйстве, изучения глубинного строения земной коры, сейсмического режима и прогноза землетрясений; такой же характер носят работы по астрофизике и т. д.

Большая работа проделана по освобождению научных учреждений Академии от людей, бесперспективных в научном отношении. В течение 1962—1963 гг. отчислена значительная группа малоквалифицированных научных сотрудников, научно-технических работников, в течение длительного времени безрезультатно работавших в институтах АН Туркменской ССР.

С целью повышения качественного состава научных работников проведены конкурсы на замещение должностей, в результате чего 17 человек из 446 не аттестованы, как неудовлетворяющие высоким требованиям к деловой квалификации. Работа по проведению конкурсов в научных учреждениях АН Туркменской ССР в основном завершена и дала свои положительные результаты.

К непосредственному участию в научной работе в институтах АН Туркменской ССР привлечены академики и члены-корреспонденты, находящиеся на штатной работе в других учреждениях. Среди них академики М. П. Петров и П. А. Азимов, член-корреспондент В. Н. Куни, которым поручено научное руководство важными проблемами и темами, в том числе аспирантскими диссертациями, что должно способствовать повышению теоретической и практической значимости работ и качеству подготовки научных кадров.

Академик М. П. Петров руководит общесоюзной проблемой «Исследование и преобразование природы для комплексного использования естественных ресурсов», является руководителем и одним

из непосредственных исполнителей тем: «Карта типов песков крупного масштаба» и «Динамика ландшафтов песчаной пустыни Юго-Восточных Кара-Кумов». Член-корреспондент В. Н. Кунин руководит общесоюзной темой «Разработка методов и средств улучшения водообеспечения пустынных пастбищ», является исполнителем раздела «Разработка комплексного использования подземных вод с выдачей рекомендаций совхозу Бахарден». Академик П. А. Азимов руководит темой по Институту языка и литературы. Многие члены нашей Академии ведут педагогическую работу в вузах республики, способствуя подготовке молодых специалистов для различных отраслей экономики и культуры республики.

Приняты меры по укреплению экспериментальной базы научных учреждений за счет приобретения нового научного оборудования и аппаратуры. Несколько повысилась роль и ответственность ученых советов институтов в планировании и контроле за качеством научных исследований. Пересмотрена структура научных учреждений с целью концентрации сил и средств на выполнении ведущих проблем.

Институт языкознания и Институт литературы объединены, и на их основе создан крупный Институт языка и литературы.

Президиум АН СССР и директивные органы республики поддержали предложение о преобразовании Отдела геофизики и сейсмологии в Институт физики Земли и атмосферы. Часть секторов и лабораторий укрупнены (Физико-технический институт). Усилен контроль за финансовой деятельностью учреждений Академии.

8 января 1965 г. Президиум АН СССР заслушал доклад нашей Академии: «Об основных направлениях исследований и структуре научных учреждений Академии наук Туркменской ССР».

Президиум АН СССР одобрил важнейшие направления научных исследований нашей Академии:

термо-каталитические, геохимические и микробиологические превращения углеводов;

нефтехимия и химическая переработка углеводородных газов; химия и разработка эффективных методов комплексного использования соляных богатств республики;

глубинное строение земной коры, сейсмический режим и прогноз землетрясений;

использование энергии солнца (гелиотехника, теплофизика и теплообмен);

разработка аппаратов и схем для опреснения высокоминерализованных вод и кондиционирования воздуха в жилых, общественных и производственных помещениях;

комплексное изучение и хозяйственное освоение пустынных территорий (фито- и техническое закрепление подвижных песков, защита промышленных и транспортных объектов, сельско-хозяйственное освоение пустынных территорий);

исследование и преобразование природы Туркмении с целью разработки научных основ комплексного использования ее естественных ресурсов;

биологические основы повышения продуктивности сельского хозяйства Туркменистана (химизация сельского хозяйства, фотосинтез, физиология и биохимия растений и животных; микробиология, биологический синтез азота, ихтиология, паразитология);

разработка проблем, связанных с перспективами экономического развития Туркменской ССР;

история, литература и язык туркменского народа.

Учитывая определенные успехи, достигнутые в развитии физики, химии, геофизики и сейсмологии, освоения пустынь, возросший масштаб и значимость разрабатываемой проблематики, наличие значительного количества высококвалифицированных специалистов и особенно большие задачи, стоящие в этой области перед учреждениями АН Туркменской ССР, Академия наук СССР считает целесообразным перевод четырех научных учреждений нашей Академии — Физико-технического института, Института химии; физики Земли и атмосферы, а также Института пустынь в первую категорию научных учреждений. Это еще больше повысит ответственность этих институтов за разработку проблем, будет способствовать дальнейшему укреплению научных учреждений нашей Академии квалифицированными кадрами. Создаются более благоприятные условия для привлечения на работу в них высококвалифицированных специалистов из других городов страны, что, несомненно, повысит теоретический уровень и качество исследований.

Трудно переоценить помощь, оказанную нашей Академии Президиумом ЦК КП Туркменистана и Президиумом АН СССР.

Положительным в деятельности Академии явилась разработка и издание под руководством академиков и членов-корреспондентов АН Туркменской ССР перспективных научных записок по важнейшим проблемам науки на семилетие. Опыт работы показал, что подготовка таких записок является важным и нужным делом. Они сыграли серьезную роль в правильной постановке исследований по важнейшим вопросам развития экономики и культуры республики, способствовали глубокому изучению вопроса и правильному определению сроков проведения исследований, целеустремленности научных коллективов в решении важных научных проблем, концентрации сил и средств на этих работах. Утвержденные Президиумом 20 важнейших проблем на текущее пятилетие выполняются успешно.

В истекшем году выполнен ряд интересных работ теоретического порядка, главным образом в области физики. Это тем более примечательно, что еще совсем недавно у нас не было высококвалифицированных специалистов в этой области.

Наши физики показали возможность получения полупроводниковых соединений с низкой концентрацией носителей тока и достаточно высокой их подвижностью, что представляет большой практический интерес.

Определенные успехи достигнуты и в разработке полупроводниковых приборов. Изготовлен магнитометр слабых магнитных полей с высокой чувствительностью и работающий при больших плотностях тока.

Успешно развиваются работы в области нефтехимии и химической переработки углеводородных газов. В 1964 г. завершена обобщающая работа по изучению группового и индивидуального углеводородного состава конденсатов крупного газового месторождения Центральных Кара-Кумов, а также дана характеристика состава и свойств конденсата нового, Ислимского месторождения. Показана большая ценность конденсатов как химического сырья и предложены главные направления их использования в народном хозяйстве. Эта работа была отмечена академиком А. Н. Несмеяновым на общем собрании Отделения общей и технической химии АН СССР в январе 1965 г. в числе наиболее важных работ по химии, выполненных в 1964 г. Велись работы и в области неорганической химии и химии растительных веществ.

Геофизиками закончены аэромагнитные исследования на территории Западной Туркмении и составлены карты аномального магнитного поля.

В основном завершены экспериментальные инженерно-геологиче-

ские и инструментальные работы по сейсмическому районированию городов Красноводска, Небит-Дага и Челекена. Составляются карты микрорайонирования этих городов, которые послужат основой для проектирования и строительства.

Ряд важных научных результатов в 1964 г. получили биологи. На основе разработанной Институтом зоологии и паразитологии биотехники искусственного разведения и выращивания растительноядных рыб, в 1964 г. получен 71 млн. личинок белого амура и толстолобика на общую сумму 89 тыс. руб. Эти личинки переданы в рыбные хозяйства Украины, Молдавии, Белоруссии, РСФСР, Грузии, Узбекистана, Казахстана и Таджикистана.

В течение 1963—1964 гг. наблюдался естественный нерест этих растительноядных рыб в Аму-Дарье, что является свидетельством их полной акклиматизации в наших природных условиях. Успешное решение вопроса акклиматизации этих рыб имеет очень большое народнохозяйственное значение. За плодотворную работу в этой области, проводимую в течение многих лет, Институт зоологии и паразитологии награжден дипломом I степени, а ряд сотрудников института — золотой, серебряной и бронзовой медалями ВДНХ.

Высокую оценку получили рекомендации по защите древесины и других строительных материалов от термитов.

Рекомендации Института ботаники по применению микроудобрений — сернокислого цинка с целью повышения урожайности и ускорения созревания хлопчатника выдержали испытания на больших площадях колхозных посевов. В 1964 г. более 10 000 га посевов хлопчатника получили подкормку сернокислым цинком и дали хорошие результаты. На 1965 г. планируется внесение этого удобрения на площади 20 000 га. Нельзя не отметить в связи с этим, что Министерство сельского хозяйства республики занимает чрезмерно осторожную позицию в вопросе о широком внедрении в практику хлопководства этого важного фактора повышения урожайности хлопчатника. Теперь можно и нужно смелее, а главное, быстрее и решительнее применять сульфат цинка на хлопковых полях колхозов и совхозов с тем, чтобы уже в первые годы новой пятилетки это эффективное микроудобрение завладело если не всей площадью посевов хлопчатника в республике, то во всяком случае большей ее частью. Это сделать тем более необходимо, что имеются данные, свидетельствующие о том, что цинк является важным фактором в борьбе против вилта.

Значительное место в работах Академии наук в 1964 г. занимала проблема освоения пустынных территорий.

Разработаны принципиально новые методы растениеводческого освоения такыров, занимающих в республике площадь 3 млн. га. Разработаны научные основы создания осенне-зимних пастбищ в предгорных пустынях Средней Азии. Министерством сельского хозяйства проводятся испытания этого метода на площади 10 тыс. га.

Разработан метод защиты Каракумского канала, линии электропередач и связи от раздувания и песчаных заносов.

Определенные успехи достигнуты и в области гуманитарных наук. Завершены исследования по истории туркменского языка XI—XII вв. на основе арабо-язычных источников, по языку дестана Андалуба, составлен ряд словарей и т. д. В области туркменской литературы изучалась история взаимосвязей туркменской литературы и литературы советского Востока; вопросы литературной критики и теории литературы, завершены ряд исследований по туркменскому народному дестану.

Внимание историков сосредоточено было на завершении капитальных исследований по таким крупным проблемам, как история аграрных

отношений, история культуры и история рабочего класса в Туркменистане.

Хорошо известно, что успешное развитие научных исследований в решающей степени зависит от наличия высококвалифицированных кадров научных работников, имеющих хорошую теоретическую подготовку и владеющих современными экспериментальными методами работы. Поэтому Президиум нашей Академии уделял и уделяет серьезное внимание вопросу подготовки молодых высококвалифицированных специалистов.

В аспирантуре Академии в настоящее время обучается 219 человек, из них 135 — по естественным наукам. Весьма отраднo, что у нас (правда, еще очень медленно) увеличивается удельный вес аспирантов, специализирующихся по физике, химии, математике и биологическим наукам. Появились молодые специалисты—кандидаты наук, по таким ведущим разделам физики, как полупроводники, энергетика, гелиотехника; в области химии — по нефтехимическому синтезу, химии растительных веществ, химии и технологии солей; готовятся в аспирантуре также специалисты по геофизике. Есть известный сдвиг и в подготовке аспирантов по такой весьма сложной и дефицитной специальности, как философия естествознания, что особенно важно в условиях бурного развития всех отраслей естественных наук и необходимости в связи с этим правильного философского осмысления и обобщения их новых положений и выводов.

Отраднoм событием в жизни Академии явилось пополнение состава академиков и членов-корреспондентов АН Туркменской ССР.

На недавнем собрании Академии наук избраны академиками такие крупные ученые, как В. А. Баум, Г. С. Седельников, Н. Т. Нечаева, Б. А. Каррыев и Н. Тачмурадов. В члены-корреспонденты АН Туркменской ССР избраны А. Г. Бабаев, Ш. Т. Ташлиев и А. А. Росляков. Наша Академия получила новое пополнение и нет сомнения в том, что это будет способствовать еще более успешному решению больших задач, стоящих перед наукой в республике.

В начале 1965 г. большая группа работников нашей республики награждена орденами и медалями Советского Союза. 12 человек удостоены звания Героя Социалистического Труда. Среди них—академик АН Туркменской ССР Иван Кириллович Максименко—первый Герой Социалистического Труда в рядах работников науки Советского Туркменистана. Это еще один яркий пример огромного внимания Коммунистической партии и Советского правительства к советской науке, к ее замечательным талантливым труженикам.

Обозревая прожитый год, оценивая то, что достигнуто нами в этом году и особенно то, что предложено для внедрения, мы отчетливо сознаем, что этого еще далеко недостаточно. Перед нами стоят огромные задачи по решению крупных проблем развития народного хозяйства и культуры республики. Наш долг, наша обязанность—поднять свою работу до уровня этих задач и требований. Только этим можем и должны мы ответить на повседневную заботу и огромное внимание партии. Увеличивать день ото дня свой вклад в великое общенародное дело построения коммунистического общества в нашей стране—этой высокой и благородной цели отдадут свои силы и знания ученые нашей Академии, все работники науки Советского Туркменистана.

Р. Г. АННАЕВ  
 З. И. АЛИЗАДЕ  
 Т. М. ПАНАХОВ  
 Т. М. ЮСУПОВ

### ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСИ ТАНТАЛА НА ТЕРМОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СПЛАВА $Ni_3Fe$

Большое применение в промышленности нашли тугоплавкие редкие металлы—вольфрам, молибден, ниобий, тантал, цирконий и их сплавы.

Сплавы ниобия и тантала могут быть разделены на две подгруппы: сплавы с металлами железной группы и сплавы с прочими металлами.

Особый научный и практический интерес представляют сплавы с металлами железной подгруппы. Так, сплав на основе никеля, содержащий до 30% Та, обладает хорошей сопротивляемостью коррозии, не окисляется при нагревании до 400°C.

В технике широко известен сплав пермаллой ( $Ni_3Fe$ ), содержащий 75 ат. % Ni и 25 ат. % Fe. Как известно, одним из путей улучшения и управления параметрами магнитного материала является введение примеси того или другого элемента к нему. С этой целью нами исследована температурная зависимость продольного четного термомагнитного эффекта Томсона-Бахметьева в закаленных и отожженных сплавах  $Ni_3Fe$  с примесями тантала и проверена применимость к указанным сплавам соотношений\* [1, 2] для двухкомпонентных сплавов:

$$E_{S,AB}^{(T_1, T_2)} = E_{S,A0}^{(\theta, 0)} \left[ \left( 1 - \frac{T_1}{\theta_{A0}} \right)^2 - \left( 1 - \frac{T_2}{\theta_{A0}} \right)^2 \right] \left( 1 - \frac{B}{B_3} \right), \quad (1)$$

где  $E_{S,AB}^{(T_1, T_2)}$  — величина термомагнитного эффекта Томсона—Бахметьева при полях магнитного насыщения двухкомпонентного сплава  $A—B$  (магнитный и немагнитный элементы), когда один спай находится при  $T_1$ , а другой при  $T_2$ , причем  $T_2 > T_1$ ;  $E_{S,A0}^{(\theta, 0)}$  — величина эффекта Томсона—Бахметьева при полях магнитного насыщения чистого ферромагнитного компонента, когда один спай термопары находится при температуре  $\theta^\circ C$ , а другой при температуре точки Кюри;  $\theta_{A0}$  точка Кюри чистого ферромагнитного компонента;  $B$  — данная концентрация легирующего

\* Аналогичное соотношение без множителя  $\left( 1 - \frac{B}{B_3} \right)$  теоретически предложено Н. С. Акуловым [3] для поликристаллов чистых магнитных элементов никеля и железа. Подобные соотношения приводятся также в работах [4, 5].

неферромагнитного компонента в процентах;  $B_3$  — критическая концентрация, при величине которой эффект равен нулю.

$$\Theta_{AB} = \Theta_{A0} \left( 1 - \frac{B}{B_0} \right)^2, \quad (2)$$

где  $\Theta_{AB}$  — точка Кюри двухкомпонентного сплава  $A-B$  (закон компенсации);  $B_0$  — критическая концентрация, при которой точка Кюри равняется нулю. Подставляя значение  $\Theta_{A0}$  из (2) в (1), получим:

$$E_{S,AB}(T_1, T_2) = E_{SA0}^{(\Theta,0)} \left\{ \left[ 1 - \frac{\left( 1 - \frac{B}{B_0} \right) T_1}{\Theta_{AB}} \right]^2 - \left[ 1 - \frac{\left( 1 - \frac{B}{B_0} \right) T_2}{\Theta_{AB}} \right]^2 \right\} \left( 1 - \frac{B}{B_3} \right). \quad (3)$$

$B_0$  экспериментально определяется из (2) и  $B_3$  также из опыта с помощью (3), как частный случай последней формулы. Таким образом, формула (3) выражает продольный четный термомагнитный эффект Томсона—Бахметьева для двухкомпонентных сплавов  $A-B$  в зависимости от состава легирующего немагнитного элемента  $B$  на основе магнитного элемента  $A$  (закон компенсации) и температуры спаев термопары  $T_1$  и  $T_2$ , причем соотношение (3) справедливо для тех двух или многокомпонентных сплавов, которые взаиморастворяются, как твердые растворы, не образуют химические соединения, и когда число магнетонов Бора на этом линейно падает в зависимости от малых концентраций легирующего немагнитного элемента  $B$ . Формулу (3) легко проверить, экспериментально определяя константы  $B_0$  и  $B_3$ .

Исследуемые образцы и методика измерения

Взято 4 образца: чистый сплав Ni<sub>5</sub>Fe и тот же сплав с добавками 3; 6 и 9% Ta.

Для изготовления сплавов брались электролитический никель чистотой 99,99% и электролизное железо чистотой 99,98%, содержащее 0,001 углерода. Неферромагнитный компонент — тантал был химически чистым. При нагревании сплавов брались навески из расчета 100 граммов. Плавка проводилась в высокочастотной печи под вакуумом в  $3 \cdot 10^{-2}$  мм ртутного столба в корундовых тиглях. После изготовления слитков весом 100 г каждый, они подвергались отжигу для гомогенизации в вакууме при температуре 1050°C в течение 10 часов. Из гомогенизированных слитков проковкой изготавливались прутки и стержни различных размеров. После повторного промежуточного отжига из полученных стержней путем вольцовки изготавливались образцы в виде проволоки диаметром 2 мм различной длины.

С целью снятия внутренних напряжений и окончательной гомогенизации образцы были подвергнуты отжигу в вакууме при температуре 1100°C с выдержкой в течение 3 часов. Затем образцы подвергались закалке при 1100°C в холодной воде, после чего измерялся продольный термомагнитный эффект в зависимости от температуры и состава.

После этого образцы подвергались отжигу в вакууме нагревом до температуры 1100°C с выдержкой в течение 2 часов с последующим медленным охлаждением вместе с печью до комнатной температуры с последующим повторением.

Измерения продольного четного термомагнитного эффекта проводились методом неуравновешенного потенциометра [6].

Неуравновешенный потенциометр подключался к зеркальному гальванометру типа М 17/1 с постоянной к напряжению  $C_{\text{н}} = 1,2 \cdot 10^{-7} \frac{\text{ВОЛЬТ}}{\text{ММ}}$ . Точность измерения составляла 3%.

К концам образцов приваривались соединительные провода из красной меди.

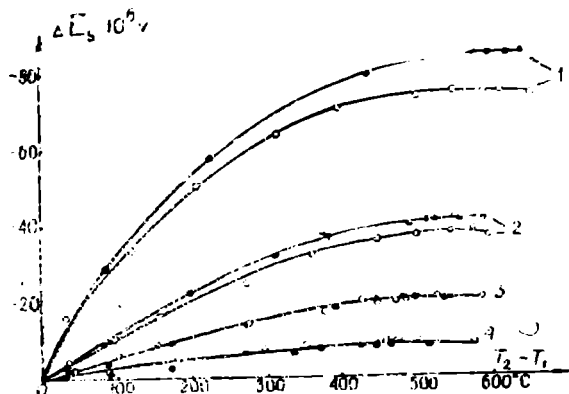


Рис. 1. Зависимость продольного четного термомагнитного эффекта при полях магнитного насыщения от разности температуры спаев в закаленном —●—●— и отожженном —○—○— состояниях в чистом сплаве  $\text{Ni}_3\text{Fe}$  и с прибавками Та: 1— $\text{Ni}_3\text{Fe}$ ; 2—3% Та; 3—6%; 4—9% Та.

нихромовая проволока диаметром 0,5 мм. Для исключения колебания силы тока печь подключалась к сети переменного тока через стабилизатор напряжения СН-250, а для обеспечения стабильности температуры теплоизолировалась асбестом. Температура горячего и холодного спаев образца измерялась с помощью хромель-алюмелевой термопары, подключенной к высокоомному потенциометру типа ППТВ-1, что позволило вести наблюдения за температурой с точностью порядка не более 1,0—1,5°C. Для градуировки температуры служил зеркальный гальванометр типа М 21. Намагничивающий соленоид с водяным охлаждением давал возможность в пределах 300 мм создавать однородное поле напряженностью до 1200 эрстед.

Для исключения различных эффектов перед каждым

Температура холодного спая поддерживалась проточной водой с температурой, равной  $\sim 22^\circ\text{C}$  и циркулирующей в специально изготовленном медном кожухе с двойными стенками, а температура горячего спая варьировала до температуры точки Кюри соответствующего состава и выше.

Горячий спай образца помещался на 30—40 мм внутрь печи, представляющей собой фарфоровую трубку с внутренним диаметром 8 мм и длиной 150 мм, на которую была бифилярно намотана

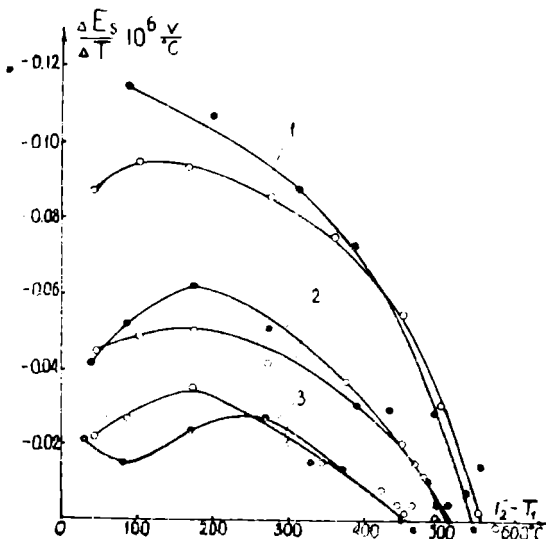


Рис. 2. Зависимость относительного изменения термомагнитного эффекта при полях магнитного насыщения от разности температуры спаев в закаленном —●—●— и отожженном —○—○— состояниях сплавов с добавкой Та: 1—3%; 2—6; 3—9%.

измерением образец размагничивался, а каждое измерение проводилось в различных направлениях тока в намагничивающей катушке.

### Экспериментальные результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлена зависимость продольного четного термомагнитного эффекта при полях магнитного насыщения  $\Delta E_S$  в зависимости от разности температур спаев  $T_2 - T_1$  для всех исследованных сплавов в закаленном и отожженном состояниях.

Эффект достигает своей максимальной величины при разностях температур, соответствующих точке Кюри, и при дальнейшем увеличении температуры остается неизменным. Видно, что эффект при полях магнитного насыщения в закаленных сплавах  $Ni_3Fe$  без примеси и с примесью 3% Ta соответственно на  $9 \cdot 10^{-6}$  и  $3 \cdot 10^{-6}$  больше, чем в отожженном состоянии. У сплавов же с примесью 6 и 9% Ta подобное различие не наблюдается.

Рис. 2 показывает зависимость относительного изменения продольного термомагнитного эффекта при полях магнитного насыщения  $\frac{\Delta E_S}{\Delta T}$  от разности температур спаев  $T_2 - T_1$ . Кривые пересекают ось абсцисс в точках, соответствующих значениям температур  $\theta' = \theta - T_1$ . Отсюда определены точки Кюри по Бронлю [7] для исследованных нами сплавов. Точки Кюри для сплава  $Ni_3Fe$  и сплава с 3% Ta в отожженном состоянии несколько больше, чем в закаленном. Следует отметить, что некоторые кривые рис. 2 переходят в отрицательную область, что, по-видимому, объясняется влиянием парапроцесса.

На рис. 3 представлена зависимость величины термомагнитного эффекта при полях магнитного насыщения и точек Кюри исследованных сплавов от состава в закаленном и отожженном состояниях, найденные экспериментально и вычисленные по формулам (1) и (2). Термомагнитный эффект обращается в нуль вблизи состава с 12% Ta, а точка Кюри вблизи состава с 39% Ta. Видно отклонение хода кривых зависимости термомагнитного эффекта от состава от линейного закона вблизи состава с 3% Ta как в отожженном, так и закаленном состояниях. Таким образом, сплав  $Ni_3Fe$  сохраняет еще свое упорядоченное свойство при добавке 3% Ta. На сплавах же с 6 до 9% Ta этого не наблюдается и для них формулы (1) и (2) хорошо выполняются.

Точки Кюри чистого сплава  $Ni_3Fe$  и сплава с примесью 3% Ta также имеют различные значения в закаленном и отожженном состояниях. Однако в закаленном состоянии в отличие от отожженного зависимость точек Кюри от состава для всех исследованных нами сплавов носит линейный характер и хорошо согласуется с формулами (2) и (3).

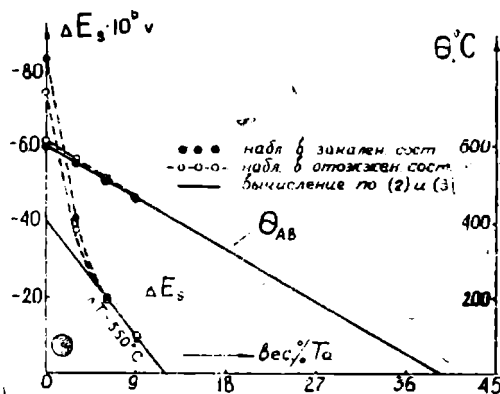


Рис. 3. Зависимость величины продольного четного термомагнитного эффекта Томсона—Бахметьева  $\Delta E_S$  и точки Кюри при полях магнитного насыщения от состава легирующего элемента Ta на основе сплава  $Ni_3Fe$ .

## Выводы

1. Исследовано влияние примеси тантала на температурную зависимость продольного четного термомагнитного эффекта Томсона—Бахметьева в сплаве  $Ni_3Fe$ .

2. Величины термомагнитного эффекта и точек Кюри падают с увеличением содержания тантала в сплаве  $Ni_3Fe$ .

3. Из температурной зависимости термомагнитного эффекта определены точки Кюри для исследованных сплавов.

4. Величины продольного четного термомагнитного эффекта и точки Кюри при полях магнитного насыщения в зависимости от состава отклоняются от линейного закона для чистого сплава  $Ni_3Fe$  и сплава с примесью 3% тантала, как упорядочивающие сплавы.

В закаленном состоянии для значений точек Кюри всех исследованных сплавов линейный закон выполняется и по нашим наблюдениям и вычислениям по формулам (2) и (3).

5. Сплав  $Ni_3Fe$  сохраняет свои упорядоченные свойства до 3%-ного содержания тантала в нем.

Туркменский государственный университет  
им. А. М. Горького

Поступило  
19 января 1965 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аннаев Р. Г. — Тезисы докладов на Всесоюзном совещании по ферромагнетизму и антиферромагнетизму, Л., 1961.

2. Аннаев Р. Г. — Тр. Туркменского сельскохозяйственного института, т. XI, 1962.

3. Акуллов Н. С. — Ферромагнетизм, ГИТТЛ, 1939.

4. Wept I. — Physica 18, № 2, 1951.

5. Антопов И. В. — Известия высших учебных заведений. Физика, № 5, 1961.

6. Аннаев Р. Г. — Тр. Первой межвузовской конференции по современной технике диэлектриков и полупроводников, Л., 1957.

7. Broili H. — Ann. d. Phys. v. 14, 1932.

С. МАМАЕВ  
А. НАЗАРОВ  
Ч. ДОВЛЕТМУРАДОВ  
М. СЕРГИНОВ

## МОНОКРИСТАЛЛЫ $CdSnAs_2$ И ИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Высокое значение подвижности электронов ( $\mu_n = 22\,000$  см<sup>2</sup>/в·сек) при ширине запрещенной зоны  $\Delta E = 0,26$  эв ставит соединение  $CdSnAs_2$  в один ряд с соединением  $InAs$ , которое в настоящее время успешно применяется в полупроводниковой технике (генераторы Холла, измерители токов, инфракрасные приемники). Целью работы являлось получение методом зонной перекристаллизации монокристаллов  $CdSnAs_2$  с низкой концентрацией носителей тока и исследование их электрических свойств в зависимости от температуры. Образцы  $CdSnAs_2$  синтезированы обычным методом сплавления стехиометрических навесок в откаченных (до  $10^{-3}$  мм. рт. ст.) и запаянных кварцевых ампулах. Во избежание растрескивания ампулы исходные материалы погружались в кварцевый стаканчик, который вместе с веществом вставлялся в кварцевую ампулу. Навеска составляла 30—40 граммов. Взвешивание отдельных компонентов соединения велось с точностью до  $10^{-4}$  граммов. Синтез проводился в печи марки ШП-1 медленным охлаждением с применением вибрационного перемешивания расплава при нагревании и охлаждении. После синтеза образцы представляли собой плотные крупнозернистые поликристаллические слитки.

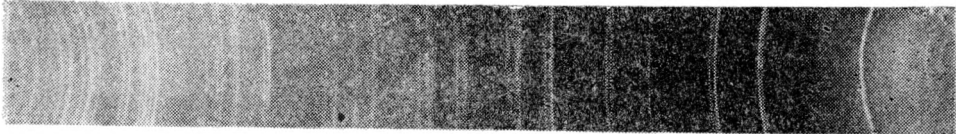


Рис. 1. Рентгенограмма соединения  $CdSnAs_2$ .

Микроструктурный анализ и измерения микротвердости показали, что полученные сплавы  $CdSnAs_2$  были гомогенными. Синтез сплавов  $CdSnAs_2$  как без применения, так и с применением вибрационного перемешивания показал, что последнее способствует получению гомогенных и однородных образцов, пригодных для электрических измерений. Синтезированные поликристаллические образцы  $CdSnAs_2$  по знаку термоэдс и эффекта Холла при комнатной температуре имели электронный тип проводимости. Дебаеграмма синтезированного  $CdSnAs_2$  показывала наличие лишь одной фазы—фазы стехиометрического состава  $CdSnAs_2$ , обладающей халькопиритной структурой с параметрами решетки  $a = 6,092\text{Å}$  и  $c/2 = 5,961\text{Å}$  (рис. 1).

Поликристаллические образцы имели концентрацию носителей тока  $\sim 10^{18}$  см<sup>-3</sup>.

С целью получения монокристаллов с низкой концентрацией посторонних примесей применена зонная перекристаллизация соединения CdSnAs<sub>2</sub>. Полученный слиток CdSnAs<sub>2</sub> весом 30—40 граммов размельчался с соблюдением необходимой чистоты, погружался в тщательно очищенную кварцевую ампулу, которая откачивалась на вакуумной установке до 10<sup>-3</sup> мм. рт. ст., а затем заполнялась спектрально чистым аргоном. Метод зонной перекристаллизации CdSnAs<sub>2</sub> несколько отличается от метода, предложенного Бумгардом [6]. В нашем случае ампула с веществом заполнялась аргоном при давлении около 1 атм, что уменьшало длину свободного пробега молекул легколетучего компонента и воспрепятствовало диссоциации последней. Чтобы частично предотвратить возникновение термических напряжений во время роста кристалла и конденсации паров легколетучей компоненты в холодных частях ампулы, использован дополнительный подогреватель, и ампула с веществом в течение всего процесса зонной перекристаллизации находилась в дополнительной печи. Температура, создаваемая печами дополнительного обогрева, была около 400°C. Повышение температуры дополнительного обогрева приводило к уменьшению продольного температурного градиента и, следовательно, к уменьшению термических напряжений.

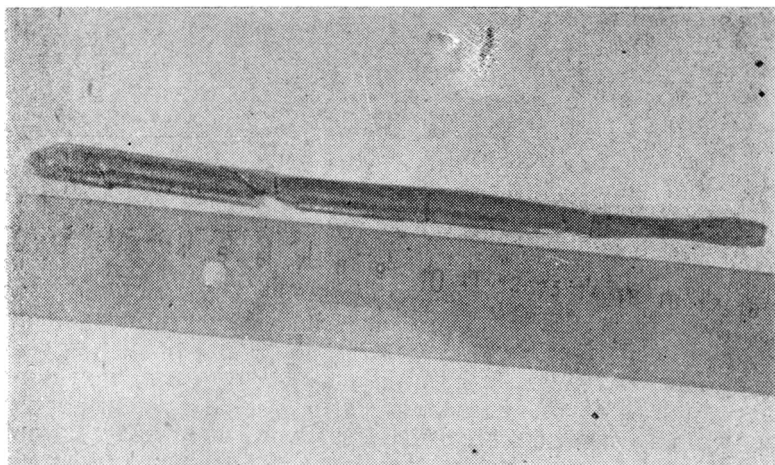


Рис. 2. Слиток монокристалла CdSnAs<sub>2</sub>.

Расплавленная зона создавалась при помощи нагревателя сопротивления в виде кольца шириной от 5—10 мм и перемещалась при помощи мотора РД-09 с редуктором, позволяющим менять скорость движения расплавленной зоны. Число проходов зоны менялось от 14 до 20. Как показали опыты, при скорости движения расплавленной зоны 6 мм/час процесс очистки материала протекал неэффективно, что, вероятно, было обусловлено высокими скоростями диффузии примесных атомов в твердой фазе. Поэтому применены большие скорости движения расплавленной зоны (37,5 мм/час), что позволило сократить время, затрачиваемое на один проход зоны, и уменьшить таким образом отрицательное влияние процессов диффузии.

Многokратной зонной перекристаллизацией с применением комбинированной скорости перемещения расплавленной зоны (20 проходов

в 37,5 мм/час и 1 проход в 6 мм/час) получены монокристаллы  $\text{CdSnAs}_2$  с поперечным сечением  $\sim 0,25 \text{ см}^2$  и длиной 5—6 см. Концентрация примеси в полученном монокристалле  $\text{CdSnAs}_2$  при комнатной температуре (согласно измерениям коэффициента Холла  $R$ ) равнялась  $2,3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ . Слиток монокристалла  $\text{CdSnAs}_2$  показан на рис. 2. Слитки подвергались рентгеноструктурному анализу (метод Лауэ)\*. Съемка лауэграмм кристалла  $\text{CdSnAs}_2$  проводилась на  $M_{\alpha}$ -излучения в камере РК ОП на прохождение. Лауэграмма монокристалла  $\text{CdSnAs}_2$ , полученного после многократной зонной перекристаллизации, показана на рис. 3.

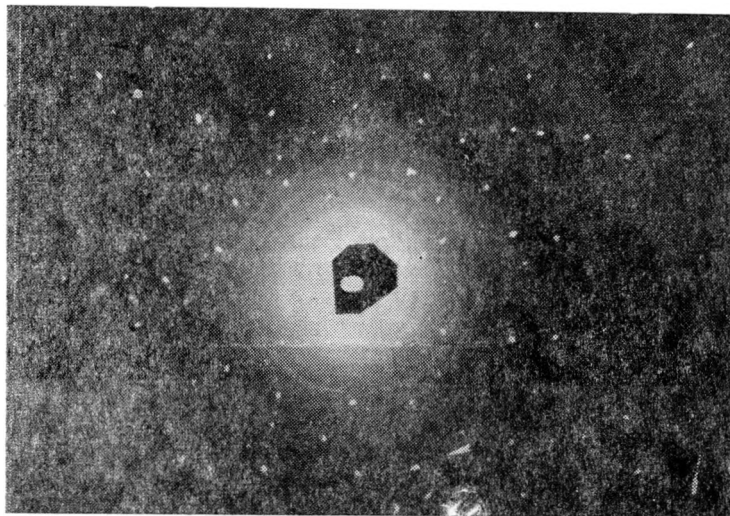


Рис. 3. Лауэграмма монокристалла  $\text{CdSnAs}_2$ .

Как видно из рис. 3, четкость пятен и их расположение на лауэграмме свидетельствует о монокристалличности  $\text{CdSnAs}_2$ . Измерения концентрации носителей тока по длине монокристаллического слитка показали, что примеси в слитке концентрируются в его начале и конце. Это, по-видимому, свидетельствует о наличии в слитке примесей с  $K > 1$  и  $K < 1$ . По знаку термоэдс и коэффициента Холла при комнатной температуре слиток монокристалла  $\text{CdSnAs}_2$  обладал дырочным типом проводимости в отличие от поликристалла  $\text{CdSnAs}_2$ , который до зонной перекристаллизации при комнатной температуре имел проводимость  $n$ -типа.

### Результаты измерений и их обсуждение

В интервале температур 90—800°К измерены электропроводность и эффект Холла на монокристаллических образцах  $\text{CdSnAs}_2$ , полученных методом многократной зонной перекристаллизации. Измерения проведены обычным компенсационным методом на постоянном токе\*\*. В качестве измерительных зондов применялась платиновая проволока  $\varnothing 0,05 \text{ мм}$ , которая приваривалась к образцу с помощью разряда конденсатора; при этом получались омические невыпрямляющие контакты. Измерения проводились в вакууме порядка  $10^{-3} \text{ мм. рт. ст.}$  Низкие температуры в процессе измерений достигались при помощи сухого льда, и температура изменялась за счет изменения уровня жидкости:

\* Съемка лауэграмм произведена А. Ашировым.

\*\* Электрические измерения проведены А. Алланазаровым.

в дуаре, а высокие температуры — с помощью печи с бифилярной обмоткой.

Образцы для электрических измерений вырезались из средней части слитка. По знаку термоэдс и коэффициента Холла в области примесной проводимости образцы обладали проводимостью  $p$ -типа. По значению коэффициента Холла исследованные образцы при  $T=200^\circ\text{K}$  имели концентрацию носителей тока  $p=2,3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$  и  $\mu_p=316 \text{ см}^2/\text{в сек}$ . Следует отметить, что синтезированное поликристаллическое соединенное  $\text{CdSnAs}_2$  до зонной перекристаллизации обладало концентрацией носителей тока  $\sim 10^{18} \text{ см}^{-3}$  и проводимостью  $n$ -типа. Монокристаллы  $\text{CdSnAs}_2$ , полученные зонной перекристаллизацией, по знаку термоэдс и коэффициента Холла при  $T=200^\circ\text{K}$  обладали проводимостью  $p$ -типа и концентрацией носителей тока на порядок меньше, чем в поликристаллическом  $\text{CdSnAs}_2$ , полученном обычным методом синтеза. Таким образом, характерным для полученных зонной перекристаллизацией монокристаллов  $\text{CdSnAs}_2$  является изменение типа проводимости от  $n$ -типа к  $p$ -типу. Изменение типа проводимости можно было бы

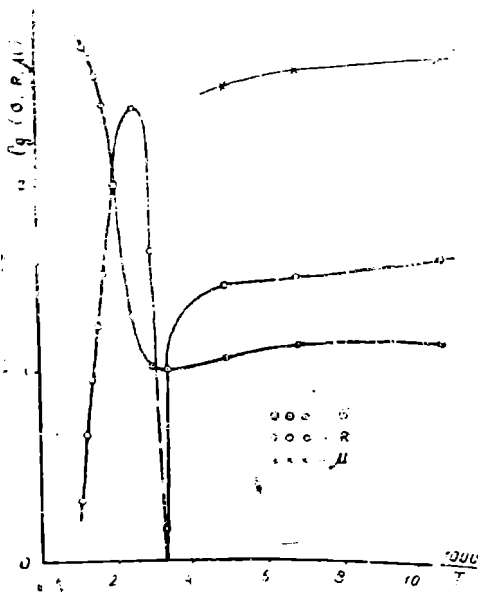


Рис. 4. Температурная зависимость коэффициента Холла, электропроводности и холловской подвижности носителей тока в монокристалле  $\text{CdSnAs}_2$   $p$ -типа.

объяснить возможным отклонением от стехиометрии, то есть избытком или недостатком одной из компонент соединения  $\text{CdSnAs}_2$ . Однако, как показали проведенные нами ранее исследования, избыток или недостаток компонентов, входящих в состав соединения  $\text{CdSnAs}_2$ , не оказывает влияния на изменение его типа проводимости. Несмотря на то, что после зонной перекристаллизации происходит очистка материала, возможно наличие посторонних примесей в исходном соединении  $\text{CdSnAs}_2$ , которые ответственны за изменение типа проводимости в этом соединении. Тем более, что имеющиеся в нашем распоряжении исходные элементы  $\text{Cd}$  и  $\text{As}$  имели низкую чистоту. На рис. 4 приведены значения электропроводности ( $\sigma$ ), коэффициента Холла ( $R$ ) и холловской подвижности дырок ( $\mu_H$ ) в монокристалле  $\text{CdSnAs}_2$  в зависимости от обратной абсолютной температуры. Как видно из рис. 4, в области низких температур электропроводность практически не зависит от температуры. По мере повышения ее примерно с  $300^\circ\text{K}$  электропроводность возрастает экспоненциально, что указывает на наступление области собственной проводимости. Следует заметить, что перед началом собственной проводимости электропроводность слегка падает, вследствие уменьшения подвижности дырок в исследованном образце  $\text{CdSnAs}_2$ . В области низких температур коэффициент Холла ( $R$ ) также практически не зависит от температуры. С ростом ее кривая  $R(T)$  начинает падать и вблизи комнатной температуры ( $300^\circ\text{K}$ ) меняет знак, а затем возрастает и достигает

изменить тип проводимости можно было бы объяснить возможным отклонением от стехиометрии, то есть избытком или недостатком одной из компонент соединения  $\text{CdSnAs}_2$ . Однако, как показали проведенные нами ранее исследования, избыток или недостаток компонентов, входящих в состав соединения  $\text{CdSnAs}_2$ , не оказывает влияния на изменение его типа проводимости.

Несмотря на то, что после зонной перекристаллизации происходит очистка материала, возможно наличие посторонних примесей в исходном соединении  $\text{CdSnAs}_2$ , которые ответственны за изменение типа проводимости в этом соединении. Тем более, что имеющиеся в нашем распоряжении исходные элементы  $\text{Cd}$  и  $\text{As}$  имели низкую чистоту.

На рис. 4 приведены значения электропроводности ( $\sigma$ ), коэффициента Холла ( $R$ ) и холловской подвижности дырок ( $\mu_H$ ) в монокристалле  $\text{CdSnAs}_2$  в зависимости от обратной абсолютной температуры.

своего максимального значения при 400°К. С дальнейшим возрастанием температуры с наступлением области собственной проводимости коэффициент Холла экспоненциально падает.

Постоянство электропроводности и коэффициента Холла в области низких температур объясняется ионизацией примеси в области примесной проводимости.

- В области собственной проводимости по формуле

$$\frac{R_{\text{собст}}}{R_{\text{прим}}} = \frac{b^2}{4(b-1)},$$

где  $R_{\text{собст}}$  — значение коэффициента Холла в области собственной проводимости;  $R_{\text{прим}}$  — значение коэффициента Холла в области примесной проводимости, определено отношение значения подвижности электрона к подвижности дырок  $\left( b = \frac{\mu_n}{\mu_p} \right)$ . Оказалось,  $b = 36$ .

По наклону прямолинейной части кривой  $\sigma(T)$  в области собственной проводимости по формуле

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\Delta E/2kT}$$

определена ширина запрещенной зоны в монокристалле  $\text{CdSnAs}_2$ ,  $\Delta E \approx 0,3$  эв.

Холловская подвижность дырок ( $\mu_p$ ) в монокристалле  $\text{CdSnAs}_2$  в области примесной проводимости ( $T = 200^\circ\text{K}$ ), вычисленная как произведение значения электропроводности на коэффициент Холла ( $R\sigma$ ), равна  $316 \text{ см}^2/\text{в. сек}$ . Значение холловской подвижности дырок в области примесной проводимости не зависит от температуры, и, начиная с  $T = 300^\circ\text{K}$ , соответствующей уменьшению значения электропроводности, наблюдается ее падение (рис. 4).

## Выводы

1. Методом зонной перекристаллизации получен монокристалл тройного соединения  $\text{CdSnAs}_2$   $p$ -типа.

2. Показано, что применение комбинирования больших и малых скоростей движения расплавленной зоны при зонной перекристаллизации способствовало получению монокристаллов  $\text{CdSnAs}_2$  с низкой концентрацией примеси.

3. Исследована температурная зависимость электропроводности, эффекта Холла в монокристалле  $\text{CdSnAs}_2$   $p$ -типа в интервале температур 90—800°К.

Физико-технический институт  
АН Туркменской ССР

Поступило  
11 января 1965 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Folberth O. G., Pfister H. — Halbleiter und Phosphore, Braunschweig, 747, 1958.
2. Goodman C. H. L. — Nature, 4, 179, 828, 1957.
3. Rosenberg J., Strauss J. — Bull. amer. physic, 5, 83, 1960.
4. Rosenberg J., Strauss J. — J. Phys. chem. Sol., 17, 278, 1961.
5. Горюнов Н. А., Мамаев С., Прочуха и В. Д. — ДАН СССР, т. 142, № 3, 1962.
6. J. Van den Boomgard — Philips. Res. Rep., 10, 319—336, 1955.

М. БЕРКЕЛИЕВ

## СУТОЧНАЯ АНОМАЛИЯ ИОНИЗАЦИИ СЛОЯ $F_2$ ИОНОСФЕРЫ

Суточный ход электронной концентрации является основной характеристикой ионосферы для данной высоты и географического пункта измерения. Для слоя  $F_2$  он особенно резко выражен по сравнению с суточным ходом для нижележащих слоев ионосферы и показывает различные аномальные явления. Одной из характерных аномалий ионизации  $F_2$  слоя является появление предполуденной аномалии. В работах [1—3] рассматривалось широтное и высотное поведение этой аномалии в зимний и летний сезоны. В данной работе приводятся некоторые усредненные характеристики распределения электронной концентрации для 10 международных магнитоспокойных дней равноденственного сезона 10 марта по 13 апреля 1958 г. и обсуждаются некоторые возможные механизмы образования предполуденной аномалии ионизации  $F_2$  слоя. На рис. 1 приведены суточные кривые электронной концентрации для фиксированных высот  $N_h$  и максимума электронной концентрации  $N_m$ . Из рисунка видно, что уже на высоте 200 км максимум ионизации приходится на 10.00. А с увеличением высоты этот максимум по сравнению с полученным значением ионизации сильно увеличивается и достигает максимального значения на высоте 240—280 км. При этом по времени он приходится на интервал 9—10 часов. На высотах выше 240—280 км максимум снова смещается на полуденные часы и для  $N_m$  он приходится на 12.00. Небольшой максимум отмечается также около 16.00 на высотах 260—300 км.

На рис. 2 приведен суточный ход полной ионизации  $n$  ниже максимума  $F_2$  слоя, усредненный для этих же дней (сплошная линия). Для сравнения приведены также суточные кривые полной ионизации для летнего (пунктирная линия) и зимнего (пунктирная с точкой) сезонов. Из рисунка видно, что максимальное значение полной ионизации для равноденственного сезона, как и для других сезонов, приходится на околополуденные часы — 12.00—14.00. Величина полной ионизации для равноденственного сезона больше, чем для других сезонов, кроме интервала 0—7.00 часов, где  $n$  для равноденственного сезона почти не отличается от летнего. При сравнении значений  $n$  для симметричных часов относительно полуденного часа для всех сезонов можно заметить, что послеполуденные значения  $n$  больше, чем предполуденные.

В работе [2] обсуждались некоторые ранее выдвинутые механизмы

для объяснения суточной аномалии ионизации  $F_2$  слоя. В последние годы для объяснения суточной и сезонной аномалий выдвинуто ряд новых механизмов. В работе [4] сделана попытка объяснить суточную аномалию ионизации  $F_2$  слоя суточным изменением плотности атмосферы. Автор показал, что на больших высотах ( $>200-300$  км в зависимости от зенитного угла солнца  $\chi$ ) скорость образования электронов  $q$  увеличивается с увеличением плотности, и он предполагает, что наблюдаемое в зоне аномалии высокое значение  $foF_2$  (в зоне  $25-40^\circ N$  маг-

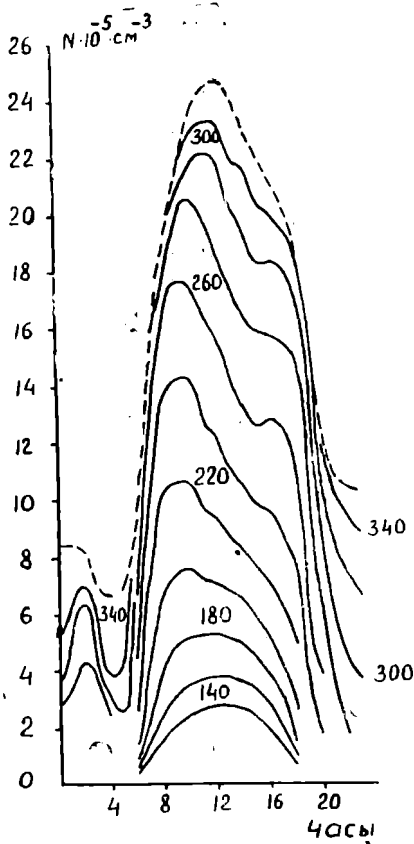


Рис. 1. Суточный ход максимума электронной концентрации  $N_m$  (пунктирная линия) и ионизации на фиксированных уровнях  $N_h$  (сплошная линия) для равноденствия 1958 г.

нитного наклонения) послеполуденный максимум ионизации может быть интерпретирован на основе этого факта, так как экспериментальные данные показывают, что суточный максимум плотности атмосферы отмечается около 14.00 [5]. Можно также отметить, что минимальное значение плотности атмосферы отмечается в утренние часы во время восхода солнца, а расчеты ав-

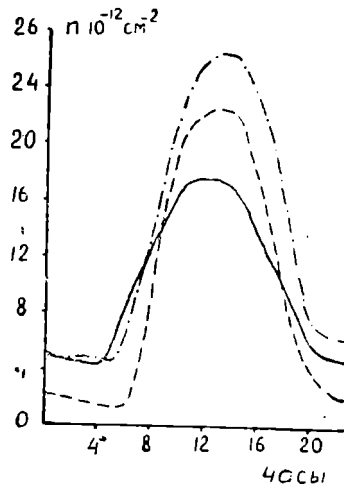
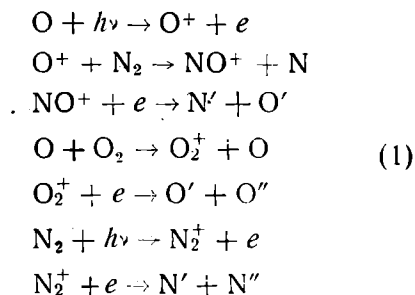


Рис. 2. Суточный ход полной ионизации нижней ионосферы ( $n$ ) для равноденствия (сплошная линия), лета (пунктирная линия) и зимы (пунктирная с точкой) 1958 г.

тора показывают, что уменьшение плотности атмосферы в утренние часы, особенно в зимние месяцы (при больших значениях  $\chi$ ), в интервале высот  $150-300$  км приводит к увеличению  $q$ . Это увеличение  $q$  может оказать соответствующий эффект в образовании предполуденной аномалии. Однако следует отметить, что в годы максимума солнечной активности на высотах  $200-300$  км широтное и суточное изменение плотности атмосферы незначительно. В то время как суточные максимумы ионизации на различных широтах для разных сезонов приходятся на разные часы суток, то это дает возможность предположить, что эффект данного механизма при образовании суточной аномалии не будет существенным.

В работах [7--10] для объяснения суточной и сезонной аномалий ионизации  $F_2$  слоя учитывается высотное изменение относительного содержания основных ионизуемых компонент атомарного кислорода и молекулярного азота. Как известно, основные фотоионизационные процессы с участием этих компонент происходят по следующей схеме:



Из работ [7--10] можно отметить, что если отношение  $[\text{O}]:[\text{N}_2]$  большое, то основное ионизирующее излучение пойдет на ионизацию  $\text{O}^+$ , тогда как нейтрализация электронов на основе этих реакций произойдет сравнительно медленно. Если же это отношение малое, то кроме того, что существенная доля излучения расходуется на ионизацию  $\text{N}_2$ , но и процесс нейтрализации также ускорится. Таким образом, как скорость образования электронов  $q$ , так и процесс нейтрализации сильно зависят от отношения  $[\text{O}]:[\text{N}_2]$ .

Во время восхода Солнца, когда максимум  $q$  происходит в  $F_2$  слое, увеличение  $[\text{O}]:[\text{N}_2]$  приведет к быстрому увеличению  $q$ , тогда как нейтрализация электронов произойдет сравнительно медленно. Указанное явление может оказать определенный эффект на образование предполуденной аномалии ионизации  $F_2$  слоя. Для объяснения экспериментально наблюдаемого быстрого роста электронной концентрации в зимнее время по сравнению с летним на основе данного механизма Ришбет [7, 8] предполагает, что уровень диффузионного разделения летом должен находиться на больших высотах по сравнению с зимой. Это явление Райт [10] объясняет продолжительностью освещенного времени суток и короткой темной ночью в летнее время. Однако к настоящему времени, когда недостаточно хорошо известно высотное изменение  $[\text{O}]:[\text{N}_2]$  для различных сезонов и широт в  $F$  области, данный механизм остается только качественной попыткой при объяснении аномалии ионизации  $F_2$  слоя.

В образовании предполуденной аномалии ионизации  $F_2$  слоя определенную роль может сыграть также механизм, выдвинутый В. М. Поляковым [11], для объяснения сезонной аномалии ионизации на средних широтах. Он показал, что в зимнее время в первую половину дня рост электронной концентрации идет в условиях, далеких от фотохимического равновесия при малом содержании молекулярных ионов, следовательно, и при малом значении линейного коэффициента рекомбинации. Это обстоятельство может привести к быстрому увеличению ионизации в утренние часы и может сыграть соответствующую роль в образовании предполуденной аномалии. Летом, вследствие непродолжительности темного времени суток, рост ионизации начинается при большой концентрации молекулярных ионов, следовательно, и при большом значении линейного коэффициента рекомбинации. Поэтому рост электронной концентрации летом идет более замедленным темпом, чем зимой. Автор считает, что указанное различие роста ионизации летом и зимой может служить причиной сезонной аномалии.

В связи с данным механизмом можно отметить, что зимой, в период,

Значения  $v_x \partial N / \partial x$ ;  $v_y \partial N / \partial y$ ,  $\partial N / \partial z$  для различных

Сезоны		Время					
		6	7	8	9	10	11
Лето	$\partial N / \partial z$ , см <sup>-4</sup>	0.04	0.03	0.05	0.05	0.07	0.07
	$v_x \partial N / \partial x$ , см <sup>-3</sup> ·сек <sup>-1</sup>	-45.67	-15.50	5.85	2.50	5.10	-1.91
	$v_y \partial N / \partial y$ , см <sup>-3</sup> ·сек <sup>-1</sup>	-0.03	-0.05	0	0.08	0.01	0.31
Зима	$\partial N / \partial z$	0.01	0.05	0.03	0.15	0.14	0.15
	$v_x \partial N / \partial x$		-48.59	17.40	-36.85	-28.21	63.92
	$v_y \partial N / \partial y$	0.07	0.30	0.55	0.28	0.69	0.39
Равно-денствие	$\partial N / \partial z$	0.07	0.05	0.05	0.07	0.13	0.15
	$v_x \partial N / \partial x$		-22.12	-13.16	-27.81	-7.50	30.26
	$v_y \partial N / \partial y$	0.05	0.03	0.33	0.08	0.09	0.09

когда максимум ионизации на широтах порядка 50—55°N приходится на полуденные часы, на широте 30—40°N он отмечается около 10.00, хотя продолжительность темного времени суток во втором случае меньше, чем в первом, и, следовательно, остаточные молекулярные ионы могут быть больше, чем в первом. Это смещение максимума на ранние часы на низких широтах В. М. Поляков объясняет тем, что образование молекулярных ионов там идет быстрее ( $\cos \chi$  больше), и рост ионизации прекращается раньше, чем на более высоких широтах. Однако сравнение значений  $f_oF_2$  для зимних месяцев для станций, различающихся по широте меньше чем на 10°, показывает, что характер кривой  $f_oF_2$  для двух станций в околополуденные часы резко отличается. Для низкоширотной станции после максимума в 10.00  $f_oF_2$  резко уменьшается до 12.00 с последующим небольшим увеличением до 14.00, тогда как для другой станции  $f_oF_2$  показывает плавный максимум с 12.00. Этот факт наводит на мысль, что указанный механизм хотя может быть очень важным при объяснении сезонной аномалии, тем не менее для образования предполуденной аномалии необходимо участие еще и других процессов.

Как указывается в работах [1—3], важную роль при образовании предполуденной аномалии ионизации  $F_2$  слоя может играть снос ионизации, производимый западным дрейфом ионизации в утренние часы. Действительно, сопоставление суточного хода восточно-западной составляющей скорости дрейфа для различных широт (рис. 1 в работе [12]) с суточным ходом  $f_oF_2$  для этих же широт показывает, что предполуденная аномалия  $f_oF_2$  явно наблюдается для тех станций, для которых в дневное время, особенно в первую половину дня, отмечается западный дрейф ионизации.

Если написать уравнение баланса ионизации в виде

$$\frac{dN}{dt} = q - \beta N - \text{div}(\vec{v}, NV), \quad (2)$$

то, раскрывая последний член, можно переписать его в следующем виде:

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} = q - \beta N - \vec{V} \text{grad} N - N \text{div} \vec{V} = q - \beta N - v_x \frac{\partial N}{\partial x} - v_y \frac{\partial N}{\partial y} - \\ - v_z \frac{\partial N}{\partial z} - N \left( \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right). \end{aligned}$$

сезонов для уровня 280 км

(в час.)								
12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.08	0.08	0.08	0.09	0.08	0.06	0.07	0.07	0.07
- 3.24	2.20	8.28	0.10	- 1.20	- 4.92	-10.74	-23.07	
- 0.23	- 0.04	- 0.20	- 0.57	- 0.89	- 0.39	0.01	0.22	0.15
0.12	0.13	0.13	0.13	0.12	0.12	0.18	0.10	0.07
80.00	36.97	- 0.15	- 4.19	7.91	-113.85	-50.18	- 3.59	-19.04
0.32	0.66	0.39	0.35	0.16	0.17	0.28	0.84	0.14
0.15	0.16	0.15	0.18	0.15	0.15	0.15	0.20	0.14
39.93	13.68	23.49	2.50	- 1.30	- 9.39	- 80.49	-68.62	-56.35
0.01	0.01	- 0.31	- 0.49	- 0.08	- 0.06	0.17	0.46	0.27

Пренебрегая последним членом правой части, можно переписать его в таком виде

$$\frac{dN}{dt} = (q - \beta N) - v_x \frac{\partial N}{\partial x} - v_y \frac{\partial N}{\partial y} - v_z \frac{\partial N}{\partial z} \quad (3)$$

Из членов правой части (3) главную роль в формировании  $N(t)$  — кривой будет играть  $(q - \beta N)$ . Однако в образовании некоторых аномалий важную роль будут играть и другие члены. На таблице приведены значения  $\partial N/\partial z$ ,  $v_x \partial N/\partial x$  и  $v_y \partial N/\partial y$ , взятые из экспериментальных данных для Ашхабада.  $\partial N/\partial z$  рассчитывается непосредственно из  $N(h)$ -профилей,  $\partial N/\partial x$  рассчитано из  $N(t)$ -кривой, приравнивая его к выражению  $[\Omega(R+h) \cos \varphi]^{-1} \partial N/\partial t$ , где  $\Omega$  — угловая скорость земли;  $R$  — радиус земли;  $h$  — высота ионосферы над поверхностью земли;  $\varphi$  — широта. Значения  $\partial N/\partial y$  рассчитываются, используя карты для долгосрочного радиопрогноза [13], так как отклонения наблюдаемого от прогнозируемого для широты Ашхабада в дневное время не превышают 10% [14].  $\partial N/\partial z$  и  $\partial N/\partial x$  берется для уровня 280 км;  $v_x$  и  $v_y$  — соответственно восточно-западная и северо-южная составляющие скорости дрейфа неоднородностей над Ашхабадом.

Из таблицы видно, что влиянием  $v_y \partial N/\partial y$  на  $dN/dt$  можно пренебречь, в то время как эффект  $v_x \partial N/\partial x$  на  $dN/dt$  будет более существенным. В ветви роста  $N(t)$ -кривой  $v_x \partial N/\partial x$  увеличивает  $dN/dt$  для всех сезонов. Это происходит летом, зимой и в равноденствие соответственно до 8, 10 и 10 часов. А после этих часов  $v_x \partial N/\partial x$  ускоряет уменьшение  $dN/dt$ .

Из таблицы видно, что зимой в эти часы суток величина  $v_x \partial N/\partial x$  достигает порядка 40—80 см<sup>-3</sup> сек<sup>-1</sup>. Указанное обстоятельство наряду с тем, что может способствовать образованию предполуденной аномалии ионизации, может оказать также соответствующий эффект к резкому уменьшению ее сразу же после этого максимума в околополуденные часы. Особенно резко это уменьшение происходит на экваториальных широтах. По-видимому, это обусловлено тем, что на экваториальных широтах, с одной стороны, В—З составляющая скорости дрейфа в околополуденные часы полностью направлена на запад и имеет большую величину (порядка 80—100 м/сек), а, с другой стороны, вертикальная скорость дрейфа направлена вверх.

Для оценки относительного вклада  $v_x \partial N/\partial x$  в формирование  $N(t)$ -кривой необходимо сравнить его с разностью  $(q - \beta N)$ . Однако

достоверного такого сравнения нельзя сделать, ввиду отсутствия надежных данных относительно скорости образования электронов и члена, учитывающего нейтрализацию электронов. В ряде работ для данного уровня (280 км) величина  $q$  берется порядка 500 пар/см<sup>3</sup> сек и ниже [7, 15, 16].

Если рассчитать  $\beta$  по формуле [17]

$$\beta = 10^{-4} \exp\left(\frac{300 - h}{50}\right) \text{ сек}^{-1},$$

то  $(q - \beta N)$  для полуденного часа в равноденственный сезон в годы максимума будет порядка 215 см<sup>-3</sup> сек<sup>-1</sup> и ниже.  $v_x \partial N / \partial x$  величиной порядка 40 см<sup>-3</sup> сек<sup>-1</sup> будет составлять 20% и выше от значения  $(q - \beta N)$ , что, конечно, существенно при быстром увеличении или уменьшении  $dN/dt$ .

Большую роль играет также последний член в уравнении (3), то есть  $v_z \partial N / \partial z$ . В таблице приведены только значения  $\partial N / \partial z$  для различных сезонов. Результаты различных авторов показывают [16, 18], что для низкоширотных станций до геомагнитной широты порядка 35°N скорость вертикального дрейфа в дневное время положительная, то есть направлена вверх и по величине почти на порядок меньше, чем восточно-западная составляющая скорости дрейфа. Так как  $\partial N / \partial z$  ниже максимума  $F$  области всегда положительно, то член  $v_x \partial N / \partial x$  в дневное время вызывает уменьшение  $dN/dt$ .

## Выводы

1. В равноденственный сезон предполуденный максимум ионизации в ходе  $N_h$  отмечается около 08.00—10.00 в интервале высот 200—280 км. А суточный максимум полной ионизации  $n$  приходится на 12.00—14.00.

2. Определенную роль при образовании предполуденного максимума ионизации могут играть процессы, связанные с изменением плотности атмосферы, изменением относительного содержания [O] и [N<sub>2</sub>] и изменением концентрации молекулярных ионов.

3. В образовании предполуденного максимума ионизации важную роль играет также снос ионизации, производимый западным дрейфом в утренние часы. Кроме того, резкому проявлению этого максимума, возможно, способствует также уменьшение ионизации под действием западного и вертикально вверх направленного дрейфа в околополуденные часы.

Автор глубоко признателен Н. М. Ерофееву за постоянное внимание к работе и В. М. Полякову за ценные замечания и советы.

Отдел геофизики и сейсмологии  
АН Туркменской ССР

Поступило  
2 марта 1965 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Беркелнев М. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 6, 15, 1963.
2. Беркелнев М. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 4, 105, 1964.
3. Беркелнев М. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 2, 167, 1965.
4. Иванов-Холодный Г. С. — Геомагнетизм и аэронавигация, т. 2, № 4, 674, 1962.
5. Михневич В. В. — Сб. Искусственные спутники земли, вып. 17, 31, 1963.
6. Кинг-Хилл Д. — Искусственные спутники и научные исследования. Изд-во ИЛ, 1963.

7. Rishbeth H., Setty C. S. G. K. — *I. Atm. and Terr. Phys.*, vol. 20, № 4, 263, 1961.
8. Rishbeth H. — *The Electron Density Prof. in the Ionosph. and Exosph.* Pergamon Press. 185, 1962.
9. Поляков В. М. — *Сб. Исследования по геомагнетизму и аэрономии. Изд-во АН СССР*, 60, 1963.
10. Wright I. W. — *Proc. Internat. Confer. on the Ionosph.*, London 1962 y. 19, 1963.
11. Поляков В. М. — *Геомагнетизм и аэрономия*, т. 3, № 5, 868, 1963.
12. Казимировский Э. С. — *Геомагнетизм и аэрономия*, т. 3, № 5, 902, 1963.
13. Месячный прогноз распространения радиоволн, январь № 1 (169), март № 3 (171), июль № 7 (175), *ИЗМИР АН СССР*, 1959.
14. Беркелнев М., Ерофеев Н. М. и др. — *Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН*, № 3, 92, 1961; № 4, 106, 1961; № 6, 107, 1961; № 4, 21, 1962.
15. Watanabe K., Hinteregger H. E. — *I. Geoph. Res.*, vol. 67, № 3, 999, 1962.
16. Chandra S., Gibbons I. I., Schmerling E. R. — *I. Geoph. Res.*, vol. 65, № 4, 1159, 1960.
17. Ratcliffe I. A. — *I. Atm. and Terr. Phys.*, vol. 8, № 4/5, 260, 1956.
18. Maeda K. I., Sato T. — *Proceeding IRE*, vol. 47, № 2, 232, 1959.

У. И. ИЛЬСОВ

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИНОАППАРАТУРЫ В НАБЛЮДЕНИЯХ СОЛНЦА\*

Условия кинематографирования изменений  
мелких деталей фотосферы Солнца

За 1963—1964 гг. с киносъёмочными аппаратами КС-50, СКС-1М и Аймо нами было проведено кинематографирование изменений мелких деталей солнечной фотосферы. В связи с этим, целесообразно привести некоторые необходимые характеристики, при которых произведена киносъёмка, так как от этих характеристик зависит качество получаемых исследовательских фильмов.

*Оптическая схема установки для киносъёмки Солнца.* При киносъёмке деталей фотосферы объективы кинокамер заменялись кассегреновской системой горизонтального солнечного телескопа (ГСТ) отдела Физики Солнца ГАО АН СССР (рис. 1).

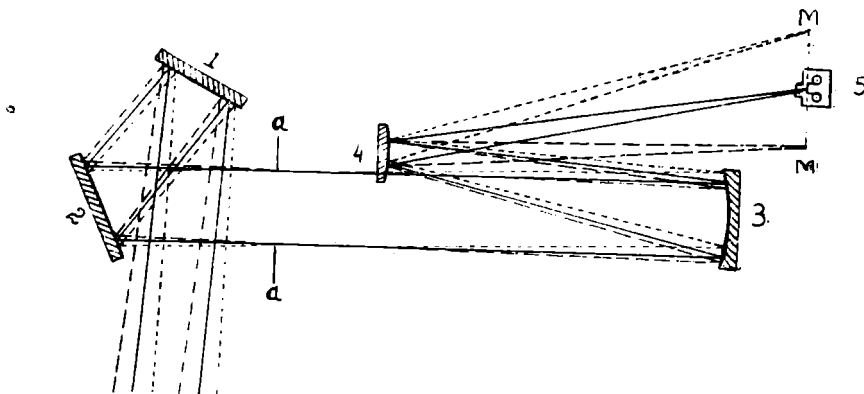


Рис. 1. Оптическая схема установки для киносъёмки Солнца. 1 — Целостат; 2 — дополнительное зеркало; 3 — главное (сферическое) зеркало; 4 — гиперболическое зеркало; 5 — киносъёмочная камера; аа — входное отверстие ГСТ, задиафрагмированное на 250 мм; ММ — фокальная плоскость, в которой изображение фотосферы получается диаметром 600 мм.

\* Доложено на Пленуме Комиссии по исследованию Солнца АН СССР во Львовском университете 30 сентября 1964 г.

Эквивалентное фокусное расстояние и относительное отверстие. Среднему значению видимого углового диаметра Солнца  $\psi = 32'$ , соответствует среднее значение диаметра изображения Солнца  $W = 600$  мм, поэтому эквивалентное фокусное расстояние нашей системы определялось по формуле:

$$F_3 = \frac{W}{2 \operatorname{tg} \frac{\psi}{2}} . \quad (1)$$

Вычисление, произведенное согласно (1), показывает, что  $F_3 = 65\,217$  мм.

Руководствуясь работой [1] при кинематографировании, мы диафрагмировали входной зрачок ГСТ до 250 мм, чтобы исключить влияние на снимки деформации краев целостного зеркала. Соответственно с этим по формуле (1) определялось относительное отверстие системы:

$$A = \frac{D}{F_3} = 1:261 , \quad (2)$$

где  $D$  — входное отверстие системы.

*Кинематографическая разрешающая сила.* Для кассегреновской системы радиус дифракционного кружка определялся на основании [3] по формуле:

$$r = 1,2197 \frac{\lambda F_3}{D} , \quad (3)$$

где  $\lambda$  — длина световой волны.

В случае киносъемки длина волны максимальной спектральной чувствительности позитивной киноплёнки МЗ составляет  $\lambda = 4 \cdot 10^{-4}$  мм, тогда по формуле (3) получаем  $r = 0,127$  мм.

Учитывая формулу (3) и взяв радиус фотографического рассеяния для позитивной киноплёнки равным  $15 \mu$ , при  $\lambda = 0,400 \mu$ , на основании [3] получаем формулу

$$P_k = \left[ \frac{3100}{F_3} + \frac{100}{D} \right] \text{ (сек. дуги)} , \quad (4)$$

где  $P_k$  — кинематографическая разрешающая сила. Как видно из (4),  $P_k$  состоит из двух слагаемых: первое слагаемое суммы обусловлено фотографическим рассеянием киноплёнки в отсутствие дифракции и его численное значение составляет  $0,05$ ; второе слагаемое суммы получается из-за дифракции и равно  $0,4$ . Отсюда имеем:  $P_k = 0,45$ . Это значение  $P_k$  интересно сопоставить с визуальной разрешающей силой ГСТ, определяемой по формуле

$$P_v = \frac{112}{D} = 0,48 . \quad (5)$$

Разделив выражение (4) на (5), получаем

$$\frac{P_k}{P_v} = \frac{0,45}{0,48} = 0,94 . \quad (6)$$

Как видно из соотношения (6), теоретическая кинематографическая разрешающая сила конкурирует с визуальной разрешающей силой, что очень важно при кинематографировании деталей фотосферы. Иначе говоря, почти все детали, видимые на глаз во время наблюдения, должны быть видны и на киноплёнке.

*Дефокусировка системы.* Определим предельное допустимое смещение фокальной плоскости, то есть дефокусировку.

Дефокусировка возникает из-за того, что изображение точки в плоскости киноплёнки представляет собой кружок рассеяния с диаметром  $d$ . При этом  $d$  виден из центра объектива под углом  $\beta$ , определяемым из соотношения

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{d}{2x},$$

где  $x = F_3 - \Delta F$ ; следовательно, для дефокусировки получается следующее выражение:

$$\Delta F = \frac{F_3}{D} d \quad (7)$$

Из (7) видно, что при постоянном относительном фокусном расстоянии, то есть

$$\frac{F_3}{D} = \nu = \text{const.},$$

дефокусировка прямо пропорциональна диаметру кружка рассеяния. Поэтому, задав численное значение  $d$ , можно найти величину  $\pm \Delta F$ .

Удвоенное значение абсолютной величины дефокусировки определяет глубину резкости изображения, то есть

$$\xi = 2\Delta F. \quad (8)$$

Точное значение дефокусировки нам понадобилось в связи с совмещением с наибольшей точностью плоскости киноплёнки с фокальной плоскостью. Оказалось, что, согласно выражению (7), для этих целей не требуется слишком большая точность.

*Контрастность киноплёнки.* Известно, что контрастность киноплёнки характеризуется коэффициентом контрастности или гаммой, определяемой по формуле:

$$\operatorname{tg} z = \gamma, \quad (9)$$

где  $z$  — угол наклона характеристической кривой к оси абсцисс.

Кинематографирование мелких деталей фотосферы требует применения высококонтрастной и мелкозернистой киноплёнки. Мы выбрали позитивную мелкозернистую киноплёнку МЗ. Для определения максимальной гаммы мы практически провели сенситометрические испытания МЗ в двух проявителях (Чибисова и П-1). Результаты показали, что максимальный коэффициент контрастности на этой киноплёнке получается в проявителе П-1 при трехминутном проявлении при температуре 20°C. Получено:  $\lambda = 2,4$ .

Резюмируя вышеизложенное приходим к выводу, что качество получаемых при этих условиях исследовательских фильмов удовлетворяет требованиям задачи киносъёмки деталей солнечной фотосферы.

#### Некоторые усовершенствования деталей киноаппаратуры

Интересы гелиофизики требуют, наряду с другими методами в исследовании Солнца, также применения и метода кинематографии. Однако для кинематографирования Солнца специальная киноаппаратура промышленностью не выпускается. Поэтому приходится пользоваться имеющейся в наличии обычной киноаппаратурой, что связано с рядом

затруднений. В связи с этим пришлось переделывать, усовершенствовать и заново делать некоторые кинодетали. При киносъемках Солнца мы использовали следующие киносъемочные аппараты:

а) обычная 35-миллиметровая кинокамера КС-50 с частотой киносъемки от 4 до 32 кадр/сек;

б) скоростная кинокамера СКС-1М для 16-миллиметровой киноплетки. Частота киносъемки СКС-1М от 150 до 4000 кадр/сек;

в) ручная киносъемочная 35-миллиметровая камера «Еуэто» (Аймо) фирмы Белл-Хауэлл (США). Частота киносъемки кинокамеры Аймо от 4 до 24 кадр/сек.

*Замена obtюратора и выдержка.* Согласно [4] obtюратор киносъемочной камеры является механизмом, предназначенным для пропускания светового потока, идущего от киносъемочного объектива к экспозиционному окну в период покоя киноплетки в фильмовом канале, и для перекрывания светового потока в период передвижения пленки. Отсюда видно, что obtюратор играет роль затвора. Obtюраторы примененных нами обычных кинокамер представляют собой однолопастные дисковые obtюраторы с постоянно открытой щелью. Число оборотов дискового obtюратора равно числу снимаемых кадров в секунду, то есть частоте киносъемки. Выдержку киносъемки можно определить, вычисляя количество света ( $E$ ), попадающего на киноплетку. Для этого случая в работе [5] дается следующее уравнение:

$$E = \frac{1}{2V} \int_0^{2b} [\rho(\sigma - S) + Sh] dh = \frac{1}{V} \rho^3 \pi, \quad (10)$$

где  $2\rho$  — диаметр проекции объектива на obtюратор;  $b$  — длина дуги щели;  $S$  — длина хорды, ее стягивающей;  $h$  — высота дуги;  $V$  — скорость вращения диска.

Для вращающегося однолопастного дискового obtюратора получаем следующее выражение:

$$t = \frac{\varphi}{360 \cdot n}, \quad (11)$$

где  $t$  — выдержка;  $\varphi$  — угол открытия obtюратора;  $n$  — частота киносъемки в кадр/сек. Обычно для каждой кинокамеры  $\varphi$  является постоянной величиной, например для обычных кинокамер КС-50 и Аймо  $\varphi = 160^\circ$ . Поэтому для каждого аппарата

$$\varepsilon = \frac{\varphi}{360} \text{ const}, \quad (12)$$

где  $\varepsilon$  — коэффициент obtюрации. Учитывая (12), перепишем (11):

$$t = \varepsilon \frac{1}{n}. \quad (13)$$

Как видно из (13), чтобы изменить выдержку, надо изменить  $n$ . Однако когда частота киносъемки  $n$  задана, тогда величину экспозиции можно регулировать двумя способами: либо диафрагмированием входного отверстия ГСТ, либо заменой коэффициента obtюрации  $\varepsilon$ .

Коэффициент  $\varepsilon$  можно заменить только путем замены заводского obtюратора с заданным  $\varphi$ . В соответствии с этим мы заменили obtюраторы кинокамер КС-50 и Аймо для предельной частоты киносъемки. Например, при  $n=32$  кадр/сек и  $\varphi=160^\circ$  при заводском obtюраторе получается минимальная выдержка — 0,01 сек. Чтобы получить выдержку

ку в 0,001 сек, мы заменили заводской обтюратор камеры КС-50 обтюрато-ром со щелью, равной  $\varphi = 11^{\circ},52$ . Тогда, согласно (12),  $\varepsilon = 0,032$ ; для камеры Аймо раньше при  $n=24$  кадр/сек  $\varphi = 160^{\circ}$  получалось  $t=0,02$  сек. А теперь, после замены его на обтюратор с  $\varphi=9^{\circ}$ , получаем выдержку в 0,001 сек.

Уменьшение выдержки киносъемки до 0,001 сек связано с тем, что, руководствуясь работой [2], мы в ходе киносъемки значительно умень-шили замывание изображения деталей фотосферы, вследствие атмос-ферного дрожания.

Выдержка в СКС-1М регулируется сложнее, чем у обычных кино-камер. Чтобы представить себе порядок величины выдержки в СКС-1М, аналогично формуле (11), напомним выражение

$$t = \frac{\alpha \cdot N}{360 \cdot n}, \quad (14)$$

где  $\alpha$  — угол компенсации подобен углу открытия  $\varphi$  в дисковом обтю-раторе;  $N$  — число граней компенсационной призмы (в нашем случае  $N=4$ ).

Для СКС-1М  $\varepsilon$  также постоянна:

$$\varepsilon = \frac{\alpha \cdot N}{360} = \text{const}, \quad (15)$$

При  $\alpha = 18^{\circ}$  из (15) получаем  $\varepsilon = 0,2$ . Таким образом, подставляя (15) в формулу (14), имеем

$$t = \varepsilon \frac{1}{n}. \quad (16)$$

Сопоставляя (13) и (16), видим, что они по форме совпадают, то есть выдержка и в обычных кинокамерах и в скоростной кинокамере обрат-но пропорциональна частоте киносъемки.

Таблица 1

$V$	$n$	$t$	$\tau$	$V$	$n$	$t$	$\tau$
28	150	$\frac{1}{750}$	30	45	900	$\frac{1}{4500}$	6,0
29	200	$\frac{1}{1000}$	25	47	1000	$\frac{1}{5000}$	5,0
30	250	$\frac{1}{1250}$	20	60	1500	$\frac{1}{7500}$	3,3
31	300	$\frac{1}{1500}$	18	75	2000	$\frac{1}{10000}$	2,9
33	400	$\frac{1}{2000}$	14	9	2500	$\frac{1}{12500}$	2,5
35	500	$\frac{1}{2500}$	10	110	3000	$\frac{1}{15000}$	2,0
36	600	$\frac{1}{3000}$	9	120	3500	$\frac{1}{17500}$	1,5
39	700	$\frac{1}{3500}$	8	127	4000	$\frac{1}{20000}$	1,25
41	800	$\frac{1}{4000}$	7	—	—	—	—

Для работы с СКС-1М необходимо для ориентировки иметь следующую таблицу (табл. 1), где дается зависимость между четырьмя величинами:  $t$ ,  $n$ ,  $V$ ,  $\tau$ . Здесь  $V$  — напряженность переменного тока в вольтах;  $\tau$  — продолжительность транспортировки 30-метровой киноплёнки в секундах.

Усовершенствование СКС-1М. Ввиду того, что частота киносъёмки в СКС-1М неравномерна, усовершенствование заключалось в том, что мы сделали к нему новый отметчик времени. Выдержки, приведенные в табл. 1, дают только порядок величин. Для того, чтобы точно узнать выдержку любого произвольно взятого кинокадра и чтобы точно определить частоту киносъёмки, мы пользовались новым отметчиком времени (рис. 2), пригодным для киноплёнки любой светочувствительности.

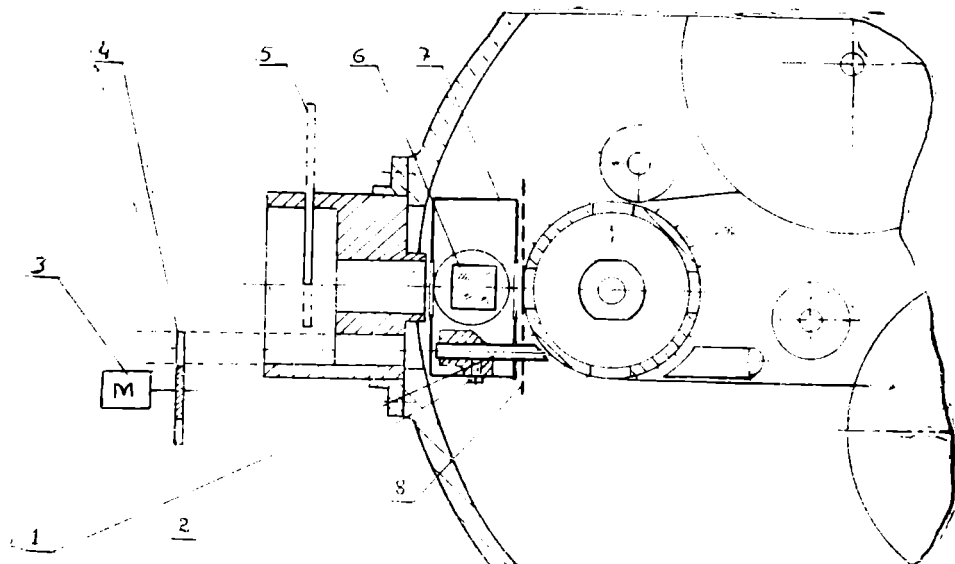


Рис. 2. Усовершенствованная часть СКС-1М. 1 — Светопроводная трубка с диафрагмой 0,8 мм; 2 — винт для крепления и регулировки светопроводной трубки; 3 — синхронный электродвигатель Г-31; 4 — дисковый obturator; 5 — паз на тубусе для установки различных светофильтров, а также ступенчатого ослабителя; 6 — компенсационная призма; 7 — коробка компенсационной призмы; 8 — фокальная плоскость и плоскость киноплёнки

Суть отметчика времени заключается в следующем. Ввиду того, что при скоростном кинематографировании Солнца объектив кинокамеры СКС-1М удаляется и заменяется кассегреновской системой ГСТ, вместо объектива СКС-1М установлен тубус.

На стороне объекта съёмки (изображения Солнца диаметром 600 мм) у тубуса имеются два отверстия: большое отверстие служит для кадрового окна СКС-1М, а маленькое, совместно со светопроводной трубкой, выполняет функции светопровода от объекта киносъёмки. Кроме того тубус защищает камеру от постороннего света и облегчает установку ступенчатого ослабителя, а также светофильтров с помощью паза. В коробке компенсационной призмы с помощью специального зажима установлена металлическая трубка 1, несущая на конце диафрагму диаметром 0,8 мм. Расстояние между диафрагмой трубки и плоскостью киноплёнки составляет 1,5 мм. Такое расположение трубки

не мешает зарядке аппарата и непрерывной транспортировке киноплёнки. При этом положение светопроводной трубки по отношению к краю киноплёнки регулируется винтом 2. Таким образом, винт 2 позволяет установить трубку так, чтобы световая отметка получилась на плёнке вдоль перфорации или на краю киноплёнки. Сходящийся узкий световой пучок, идущий к светопроводной трубке, прерывается диском обтюратором 4, насаженным на вал синхронного электродвигателя (тип Г-31). Двигатель Г-31 предназначен для привода механизмов с постоянной скоростью. Г-31 достигает синхронности через 10 сек после пуска. Скорость вращения двигателя составляет 3000 об/мин (мощность на валу 4 вт). В ходе работы обтюратора синхронный электродвигатель Г-31 включается в сеть переменного тока через стабилизатор напряжения СН-300. Обтюраторы изготовлялись из легкого дюралюминия. В центре каждого обтюратора имеется втулка с винтом, рассчитанная на вал Г-31. Это упрощает смену обтюраторов. Набор обтюраторов сделан так, чтобы частота перекрывания обтюратором пучка лучей Солнца, идущего к светопроводной трубке, получилась от 150 до 1000 герц. Таким образом, в трехлопастном обтюраторе получается частота световой отметки 150 герц, а при 20-лопастном обтюраторе частота световой отметки составляет 1000 герц.

Так как объектив СКС-1М заменен, согласно рис. 1, касегреновской системой ГСТ, то в этом случае происходит небольшое смещение фокальной плоскости, показанной на рис. 3, где  $\omega$  — апертурный угол;  $l$  — толщина компенсационной призмы;  $P$  — киноплёнка;  $MM$  — фокальная плоскость;  $\Delta F'$  — смещение фокальной плоскости, которое определяется следующим выражением:

$$\Delta F' = \frac{l(n-1)}{n} \approx \frac{1}{3} l, \quad (17)$$

где  $n$  — показатель преломления материала призмы. При скоростной киносъемке деталей солнечной фотосферы численное значение  $\Delta F'$  пренебрежимо мало по сравнению с большой глубиной резкости изображения данной системы ГСТ.

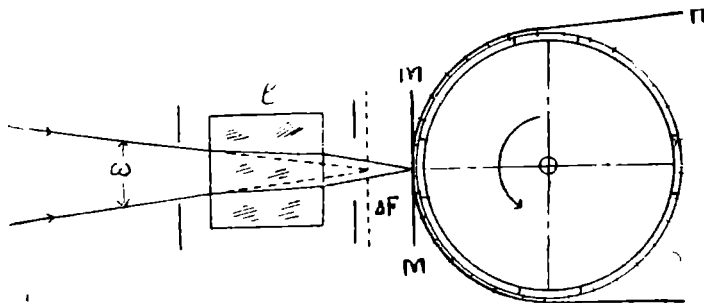


Рис. 3. Смещение фокальной плоскости.

Следует отметить, что для временных измерений быстротекающих процессов в камере СКС-1М имеется заводской отметчик времени, в качестве которого служит неоновая лампа МН-7, которая при питании переменным током с частотой 50 герц дает 100 вспышек в секунду. Этот отметчик времени пригоден только тогда, когда в кинокамере применяется высокочувствительная негативная киноплёнка.

При скоростной и высокоскоростной киносъемке мелких деталей на поверхности Солнца с целью получения высококонтрастного фильма

применяются мелкозернистые позитивные киноплёнки МЗ с низкой светочувствительностью (порядка 0,8 ед. ГОСТ).

Позитивная киноплёнка МЗ наиболее чувствительна к фиолетовой области спектра и не чувствительна к красной области. Неоновая же лампа МН-7 даёт красное свечение. Следовательно, при работе с позитивной киноплёнкой и с другими низкочувствительными киноплёнками отметчик времени завода-изготовителя становится непригодным. Этот пробел выполняет наш новый отметчик времени, пригодный для киноплёнок любой светочувствительности.

Следовательно, новый отметчик времени со светопроводной трубкой для скоростного кинематографирования Солнца в белом свете с 16-миллиметровой кинокамерой СКС-1М устраняет все недостатки существующего отметчика времени (неоновая лампа МН-7) и отличается от него следующими свойствами:

1. Отметка времени получается и на низкочувствительных и на высокочувствительных киноплёнках.

2. В качестве источника света для отметки используется естественный свет Солнца и не требуется искусственного источника света.

3. Частота отметки времени не является фиксированной и меняется в довольно большом интервале—от 150 до 1000 герц. При этом, увеличивая число лопастей обтюратора или скорость вращения синхронного электродвигателя, можно достичь частоты отметки времени до 2000 герц.

Таким образом, диапазон отметки времени от 150 до 1000 герц вполне удовлетворяет задаче, поставленной перед скоростным кинематографированием Солнца в интегральном свете.

Институт физики Земли  
АН Туркменской ССР

Поступило  
4 января 1965 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Крат В. А. — Журн. Научн. и прикл. фотографии и кинематографии, т. 1, вып. 4, 302—309, 1956.
2. Крат В. А. — Тр. совещания по исследованию мерцания звезд, М., 1959, стр. 216—218.
3. Максutow Д. Д. — Астрономическая оптика, Гостехиздат, М.—Л., 1946.
4. Голод И. С. — Киносъёмочная аппаратура, Госкиноиздат, М., 1951.
5. Иванов Г. М. — Киноаппаратура. Справочная книга, оптико-механика, 354, ОНТИ, М.—Л., 1936.

С. Р. СЕРГИЕНКО  
А. А. ПЕТРОВА  
Е. В. ЧИРОВА  
В. А. ГАРБАЛИНСКИЙ  
К. Р. АТАМЕРЕДОВА

## ХАРАКТЕРИСТИКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СОСТАВА ГАЗОВЫХ КОНДЕНСАТОВ СРЕДНЕЙ АЗИИ\*

Основным объектом исследования являлись конденсаты газового месторождения Центральных Кара-Кумов. При этом преследовалась цель возможно более полно изучить индивидуальный углеводородный состав конденсатов, отобранных из разных скважин оконтуренной газовой залежи.

Конденсаты составляют от 1,5 до 3,0% на газ. Это довольно высокое содержание жидких углеводородов, поэтому изучение их как ценного потенциального химического сырья представляет большой практический интерес для быстро развивающейся нефтехимической промышленности страны.

Образцы конденсатов для исследования отобраны из скважин № 42, 153 Зеагли-Дарвазинской площади, скважины № 2 газового месторождения Кушка и скважины № 117 месторождения Газли. После освобождения конденсатов от ароматических углеводородов, они разгонялись на 10-градусные фракции, которые исследовались методом комбинационного рассеяния света.

Для достижения более полного разделения углеводородных смесей, подлежащих исследованию методом комбинационного рассеяния света, применялся комплекс методов, включающий фракционную перегонку, избирательную каталитическую дегидрогенизацию циклогексановых углеводородов до бензолных и хроматографическое разделение смесей на основные группы углеводородов.

Как видно из данных, приведенных в табл. 1 и 2, основную часть конденсатов из скважин № 42, 153 Зеагли-Дарвазинской площади и скважины № 117 месторождения Газли составляют парафиновые углеводороды. Среди парафиновых углеводородов преобладают неразветвленные и малоразветвленные структуры (преимущественно монозамещенные) с боковыми группами, главным образом, в положении 2 и 3.

Содержание гексаметиленовых углеводородов в конденсатах Зеагли-Дарвазинской площади достаточно высокое и колеблется от 10 до 30%, причем основную долю гексагидроароматических углеводородов составляют метилциклогексан (40—45%) и циклогексан (5—20%). Двухзамещенные представлены в основном 1,3-диметилциклогексаном.

\* Работа доложена на XVI Всесоюзном совещании по спектроскопии в Москве 28 января — 2 февраля 1965 г.

Таблица 1

Месторождение	Номера скважин	Циклогексаны		Углеводород	Циклопентаны		Углеводород	n-парафины		i-парафины			
		Выход, %	на конденса- тат		Выход, %	на конденса- тат		Выход, %	на конденса- тат				
											на цикло- гексаны	на цикло- пентаны	на n- пара- фины
Зсагли-Дарвазинское (Центральные Кара-Кумы)	42	Циклогексан	5,66	20,0	метициклопентан	2,65	24,9	n-гексан	3,00	22,0	2-метилпентан	1,22	6,8
		Метициклогексан	11,43	40,4	1,1-диметицикло- пентан	1,35	12,7	n-гептан	5,35	39,3	3-метилпентан	0,95	5,3
		1,1-диметицикло- гексан	0,79	1,0	1,1,2-триметицик- лопентан	1,02	9,6	n-октан	3,23	23,7	2-метилгексан	1,72	9,6
		1-1,3-диметицик- логексан	1,25	4,4	1-1,3-диметицик- лопентан	0,31	3,0	n-декаш	2,05	15,0	3-метилгексан	0,94	5,2
		1-1,3-диметицик- логексан	2,35	8,3	этициклопентан	0,16	1,5			2,2-диметилпентан	0,18	1,0	
		1-1,4-диметицик- логексан	0,47	1,7	1,1,2-триметицик- лопентан	0,41	3,9			2,4-диметилпентан	0,54	3,0	
		этициклогексан	2,92	10,3	1,1,3-триметицик- лопентан	0,43	4,0			3,3-диметилпентан	0,22	1,2	
		1,1,3-триметицик- логексан	0,48	1,7	с, г, с-1, 2, 4-три- метициклопентан	0,41	3,9			2-метилгептан	1,06	5,9	
		1-1-метил-4-этил- циклогексан	1,17	4,1	n-пропицикло- пентан	0,76	7,1			2,4-диметилгексан	1,53	8,5	
		n-пропицикло- гексан	1,14	4,0	с, г, с-1, 4-диметил-2- этициклопентан	1,21	11,6			2,5-диметилгексан	0,3	2,4	
		1-метил-1-пропил- циклогексан	0,45	1,6	1-1-метил-2-н. бу- тициклопентан	1,92	17,8			3,3-диметилгексан	0,53	3,0	
		изобутициклогек- сан	0,64	2,5						n-нонан 2-метилоктан 3-метилоктан 4-метилоктан	5,21	29,3	
Всего 12	28,25	100,0	11	10,66	100,0	5	13,63	100,0	3,4-диметилгептан 2,3,5-триметилгек- сан	1,45	8,1		
										1,90	10,7		
										17,91	100,0		

Месторождение	Номера скважин	Циклогексаны		Циклопентаны			Н. парафины			<i>i</i> -парафины			
		Углеводород	Выход, %		Углеводород	Выход, %		Углеводород	Выход, %		Углеводород	Выход, %	
			на конденсат	на циклогексаны		на конденсат	на циклопентаны		на конденсат	на <i>n</i> -парафины		на конденсат	на <i>i</i> -парафины
Земли-Дарвазинское (Центральные Кара-Кумы)	153	Циклогексан	0,50	4,8	метилциклопентан	0,18	3,0	<i>n</i> -гептан	0,92	50,0	2-метилгексан	0,79	3,1
		Метилциклогексан	4,77	45,6	1,1-диметилциклопентан	0,57	9,5	<i>n</i> -октан	0,91	50,0	3-метилгексан		
		1,1-диметилциклогексан	0,61	5,9	2,4-диметилциклопентан	0,43	7,2				2,2-диметилпентан	0,18	0,7
		<i>t</i> -1,2-диметилциклогексан	0,95	9,1	<i>t</i> -1,3-диметилциклопентан	0,79	13,2				2,3-диметилпентан	0,35	1,4
		<i>c</i> -1,3-диметилциклогексан	1,11	11,6	<i>c</i> -1,2-диметилциклопентан	1,04	17,4				2,4-диметилпентан	0,18	0,7
		<i>t</i> -1,4-диметилциклогексан	0,81	7,8	<i>t</i> -1,2-диметилциклопентан						3-этилпентан	0,55	2,1
		<i>c</i> -1,2-диметилциклогексан	0,34	3,3	1, 1, 3-триметилциклопентан	0,13	2,2				<i>n</i> -октан	3,93	15,2
		этилциклогексан	1,29	11,9	изопропилциклопентан	0,61	10,2				2-метилгептан		
		1, 1, 3-триметилциклогексан	следы	—		0,61	10,2				3-метилгептан		
		<i>c</i> -1, 3, 5-триметилциклогексан	следы	—	<i>c, t, c</i> -1, 2, 3-триметилциклопентан	0,20	3,4				2,4-диметилгексан	0,11	0,4
					<i>c, t, c</i> -1, 2, 4-триметилциклопентан								2,5-диметилгексан
					<i>c, c, t</i> -1, 2, 4-триметилциклопентан						3,4-диметилгексан	1,72	5,8
			<i>t</i> -1-метил-3-этилциклопентан	0,81	13,5				3-метил-3-этилпентан	0,12	0,5		
									<i>n</i> -нонан	13,61	52,8		
									2-метилоктан				
									3-метилоктан				
									4-метилоктан				

				<i>c, c, t</i> -1,4-диметил-2 этилциклопентан	1,19	20,4				2,2-диметилгептан 2,5-диметилгептан 2,6-диметилгептан 3,5-диметилгептан 3,4-диметилгептан -метил-4-этилгексан	7,09	25,8
				<i>c, t, c</i> -1,4-диметил-2 этилциклопентан								
	Всего 10	10,48	100,0	14	5,95	100,0	2	1,83	100,0	22	28,75	100,0
	Циклогексан	1,27	17,4	Метилциклопентан	0,57	13,7	н. гексан	0,94	12,1			
	Метилциклогексан	0,47	6,4	1,1-диметилциклопентан	0,11	2,7	н. гептан	0,75	9,7	2-метилпентан	0,61	7,7
	1,1-диметилциклогексан	0,20	2,8	<i>t</i> -1,2-диметилциклопентан	0,39	9,5	н. октан	2,61	33,6	3-метилпентан	0,25	3,1
	<i>t</i> -1,2-диметилциклогексан	0,51	6,9	<i>t</i> -1,3-диметилциклопентан	0,47	11,3	н. нонан	1,79	23,0	2-метилгексан	0,84	10,4
117	<i>c</i> -1,3-диметилциклогексан	0,93	12,8	этилциклопентан	0,18	4,4	н. декан	1,68	21,6	3-метилгексан	0,36	4,5
	<i>t</i> -1,4-диметилциклогексан	0,27	3,6	1,1,3-триметилциклопентан	0,02	0,5				2,4-диметилпентан	0,14	1,8
	этилциклогексан	0,90	12,4	<i>c, t, c</i> -1, 2, 4-триметилциклопентан	0,36	8,7				3,3-диметилпентан	0,17	2,1
	1,1,3-триметилциклогексан	0,64	8,7	<i>c, c, t</i> -1,4-диметил-2-этилциклопентан	0,23	5,5				2-метилгептан	0,73	9,1
	1-метил-1-этилциклогексан	0,29	3,9	<i>t</i> -1-метил-3-этилциклопентан	0,53	12,8				4-метилгептан	0,45	5,6
	<i>t</i> -1-метил-4-этилциклогексан	0,54	7,4	<i>c</i> -1-метил-2-этилциклопентан	0,16	3,9				2,2-диметилгексан	0,01	0,2
	<i>c</i> -1,3,5-триметилциклогексан	0,05	0,7	Г-метил-3-н. пропициклопентан	1,12	27,0				2,3-диметилгексан	0,46	5,7
	изопропилциклогексан	0,49	6,6							2,4-диметилгексан	0,39	4,8
	н. пропициклогексан	0,74	10,4							2-метилоктан	0,41	5,1
										3-метилоктан	0,87	10,3
										4-метилоктан	0,18	2,3
										2,4-диметилгептан	0,40	5,0
										2,5-диметилгептан	0,06	0,8
										3,4-диметилгептан	1,16	14,3
										3,5-диметилгептан	0,27	3,4
										3-метил-3-этилгексан	0,10	1,3
										2,4-диметил-3-этилпентан	0,23	2,5
	Всего 13	7,30	100,0	11	4,14	100,0	5	7,77	100,0	20	8,09	100,0

**Групповой углеводородный состав газовых конденсатов  
Центральных Кара-Кумов, Газли**

Число С-атомов	Группа углеводородов	Содержание в конденсате, %		
		скважина № 42	скважина № 153	скважина № 117
C <sub>6</sub>	Парафиновые	5,17	—	1,80
	Циклопентановые	2,65	0,18	0,57
	Циклогексановые	5,66	0,50	1,27
C <sub>7</sub>	Парафиновые	8,95	2,97	2,26
	Циклопентановые	2,84	2,83	1,15
	Циклогексановые	11,43	4,77	0,47
C <sub>8</sub>	Парафиновые	6,78	6,91	4,65
	Циклопентановые	2,01	1,75	1,07
	Циклогексановые	7,28	5,21	2,81
C <sub>9</sub>	Парафиновые	8,59	20,70	5,47
	Циклопентановые	1,24	1,19	1,35
	Циклогексановые	2,79	следи	2,75
C <sub>10</sub>	Парафиновые	2,05	—	1,68
	Циклопентановые	1,92	—	—
	Циклогексановые	1,09	—	—
Суммарно —C <sub>6</sub> — —C <sub>10</sub>	Парафиновые	31,54	30,58	15,86
	Циклопентановые	10,66	5,95	4,14
	Циклогексановые	28,25	10,48	7,30

Таблица 3

**Содержание ароматических углеводородов в бензиновой части конденсатов**

Число С-атомов	Углеводороды	Скважина № 2, Кушка   Скважина № 117, Газли			
		Содержание углеводородов, %			
		на сумму аромати- ческих уг- леводоро- дов	на конден- сат	на сумму аромати- ческих уг- леводоро- дов	на конден- сат
C <sub>6</sub>	Бензол	0,7	0,14	—	—
C <sub>7</sub>	Метилбензол	6,3	1,23	11,16	2,60
C <sub>8</sub>	О-ксилол	1,5	0,29	3,25	0,76
	М-ксилол	8,0	1,57	12,50	2,92
	П-ксилол	2,9	0,57	5,25	1,22
	Этилбензол	2,6	0,51	2,75	0,64
				1,16	0,26
C <sub>9</sub>	1-метил-2-этилбензол	0,7	0,14	—	—
	1-метил-3-этилбензол	2,0	0,39	2,36	0,05
	1-метил-4-этилбензол	1,3	0,25	1,77	0,41
	1,2,3-триметилбензол	—	—	1,51	0,35
	1,2,4-триметилбензол	3,4	0,67	7,44	1,74
	1,3,5-триметилбензол	2,0	0,39	4,73	1,11
	н. пропилбензол	1,8	0,35	2,23	0,52
C <sub>10</sub>	1,3-диэтилбензол	—	—	1,85	0,43
	1-метил-3-н. пропилбенз.	0,6	0,12	1,86	0,43
	1-метил-4-н. пропилбенз.	0,2	0,04	0,52	0,12
	1-метил-4-изопропилбенз.	—	—	0,27	0,06
	1,2-диметил-4-этилбензол	0,2	0,04	0,63	0,15
	1,3-диметил-2-этилбензол	0,1	0,02	0,31	0,07
	1,3-диметил-4-этилбензол	0,5	0,10	0,88	0,20
	1,4-диметил-5-этилбензол	0,9	0,18	1,10	0,25
	1,4-диметил-2-этилбензол	0,3	0,02	0,57	0,13
	н. бутилбензол	0,8	0,16	1,98	0,46
C <sub>6</sub> —C <sub>10</sub> 40	20 углеводородов 22 углеводорода	36,8	7,22	66,08	15,38

В отличие от конденсатов Центральных Кара-Кумов газовый конденсат месторождения Газли характеризуется меньшим содержанием циклогексановых углеводородов на конденсат. Циклогексан и его монозамещенные (метил-, этил-, пропил-циклогексаны) составляют около 50% на сумму циклогексановых углеводородов. Двухзамещенные циклогексана, как и в случае Зеагли-Дарвазинской площади, представлены в основном 1,3-диметилциклогексаном.

Содержание циклопентановых углеводородов в конденсатах Центральных Кара-Кумов сравнительно невелико (6—10%), а в конденсате месторождения Газли еще ниже (4%). Основная доля циклопентановых углеводородов приходится на метилциклопентан (13—25%) и диметилциклопентаны, преимущественно 1,3-дизамещенные. В конденсате месторождения Газли 1,3-дизамещенные циклопентана составляют более 50% на сумму циклопентановых углеводородов.

Ароматические углеводороды конденсатов скважин № 42, 153 из-за малого количества (0,6%) на конденсат детально не исследовались.

Углеводородный состав ароматической части конденсатов месторождений Газли и Кушка (табл. 3) характеризуется высоким содержанием метилбензола и м-ксилола, составляющих суммарно от 3 до 6% на конденсат. Другие изомеры ксилола содержатся в конденсатах в значительно меньших, чем м-ксилол, количествах. Интересно отметить, что у более высокомолекулярных гомологов бензола ( $C_9$  и выше), как правило, заместителями в бензольном кольце являются неразветвленные парафиновые цепочки. Содержание двухзамещенных бензола в 2 раза больше, чем монозамещенных и трехзамещенных.

Институт химии  
АН Туркменской ССР

Поступило  
8 апреля 1965 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ландсберг Г. С., Казанский, Б. А., Бажулин П. А., Буланова Г. Ф., Либерман А. Л., Михайлова Е. А., Платэ А. Ф., Стерин Х. Е., Сушинский М. М., Тарасова Г. А., Ухолин С. А. — Определение индивидуального углеводородного состава бензинов прямойгонки комбинированным методом. Изд. АН СССР, М., 1959.
2. Сергиенко С. Р., Атамередова К. Р., Петрова А. А., Чирова Е. В. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 5, 1962.
3. Сергиенко С. Р., Атамередова К. Р., Гарбалинский В. А., Курбанова Г. К., Чирова Е. В., Петрова А. А. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 4, 1964.
4. Сергиенко С. Р., Атамередова К. Р., Петрова А. А., Чирова Е. В. — Сб. Нефтехимия. Изд. АН ТССР, Ашхабад, 1963.

Г. А. МУРАДОВА  
А. Г. КОРОТКИЙ  
С. Р. СЕРГИЕНКО  
Б. А. ТАИМОВА  
В. А. ГАРБАЛИНСКИЙ  
А. А. ОВЕЗОВА

## О СТРУКТУРЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ЗАПАДНОТУРКМЕНСКИХ НЕФТЕЙ\*

Исследование проводилось с целью выяснения структуры высококипящих углеводородов наиболее перспективных в промышленном отношении месторождений нефтей Западной Туркмении (Котур-Тепе, Алигул и морские). Нефти этих месторождений и в особенности их высокомолекулярная часть (выше 300°C) мало или совсем не исследованы. Между тем эти нефти в силу низкой смолистости и почти полного отсутствия сернистых соединений являются весьма ценным исходным материалом не только для производства высококачественных нефтепродуктов, но и как сырье для нефтехимических производств.

Дифференциация основных структурных групп углеводородов осуществлялась с использованием фракционной перегонки, хроматографии и избирательной жидкофазной каталитической дегидрогенизации. Химическое строение полученных при помощи вышеперечисленных методов сравнительно однородных групп высокомолекулярных углеводородов определялось затем с использованием методов поглощения в инфракрасной и ультрафиолетовой областях спектра:

Исследованы предельные и ароматические углеводороды, выделенные из пятидесятиградусных высококипящих фракций (300—350°, 350—400°, 400—450°C) и из остатка выше 450° трех нефтей (котуртепинской, алигульской и морской). Для установления количественного содержания гексагидроароматических углеводородов и определения соотношения циклопентановых и циклогексановых колец в молекуле предельных углеводородов исследованы также парафино-циклопарафиновые и ароматические углеводороды, выделенные из этих фракций после избирательной каталитической дегидрогенизации содержащихся в них предельных углеводородов.

Инфракрасные спектры снимались на спектрофотометре ИКС-14 с призмой NaCl для неразбавленных (чистых) фракций. Спектральная ширина щели прибора определена по полосе пиридина 1147 см<sup>-1</sup> и не превышала 7 см<sup>-1</sup> для всех имеющихся приборов ИКС-14. При качественных измерениях в области больших длин волн рассеянный свет устранялся с помощью стеклянной заслонки. Ультрафиолетовые спектры погло-










\* Работа доложена на XVI Всесоюзном совещании по спектроскопии в Москве 28 января - 2 февраля 1965 г.

шения ароматических углеводородов сняты на спектрофотометре СФ-4. Образцы исследовались в виде растворов в этиловом спирте и изооктане.

Фракции изученных нами нефтей характеризуются относительно невысоким содержанием ароматических углеводородов (от 10 до 30%). А содержание твердых предельных углеводородов колеблется в широких пределах (от 10 до 50%).

Инфракрасные спектры парафино-циклопарафиновых углеводородов исходных и выделенных из дегидрогенизатов схожи между собой. Это является прямым свидетельством того, что содержание шестичленных (циклогексановых) колец в молекулах предельных углеводородов незначительно, и что среди циклических элементов структуры этого класса гибридных молекул предельных углеводородов большая доля приходится на циклопентановые кольца. Это положение подтверждается как результатами расчета структурного группового состава, так и данными, полученными при определении количества циклогексановых колец спектральным методом (табл. 1). Последняя операция состоит из определения содержания числа бензольных колец в моноциклоароматических углеводородах, выделенных из дегидрогенизатов, и последующего расчета числа циклогексановых колец в исходных фракциях.

Таблица 1

Фракция, °С		Содержание циклопарафиновых колец в молекуле предельных углеводородов								
		Месторождение нефти								
		морская			Алигул			Котур-Тепе		
спектральный	структурно-групповой		спектральный	структурно-групповой		спектральный	структурно-групповой			
										
300—350	0,1	0,1	0,6	0,1	0,1	0,7	0,1	0,1	1,0	
350—400	0,2	0,4	0,6	—**	0,4	0,9	0,2	0,3	1,2	
400—450	0,2	0,2	1,2	0,1	0,7*	1,0	0,3	0,4	1,5	
выше 450	—**	—**	—**	0,2	0,5*	2,0	0,2	0,6*	2,4	

\* Количество циклогексановых структур завышено по сравнению со спектральными данными, так как структурно-групповой анализ предполагает и декалиновые структуры.

\*\* Отсутствие достаточного количества исследуемого вещества для проведения количественных измерений.

Предельные углеводороды изученных нефтей содержат в основном одинаковые структурные элементы:  $\text{CH}_2$  группы в парафиновых цепях,  $\text{CH}_3$  группы и циклопентановые кольца (а в исходных и циклогексановые). Парафиновые цепи представлены длинными цепочками типа  $(\text{CH}_2)_n, n \geq 4$  (интенсивные полосы  $\sim 720$  и  $\sim 1303 \text{ см}^{-1}$ ) и короткими цепочками, содержащими 1—2 атома углерода. В спектрах некоторых образцов на полосе  $\sim 720 \text{ см}^{-1}$  проявляется плечо  $\sim 734 \text{ см}^{-1}$ , которое можно отнести к цепочке, состоящей из трех углеродных атомов.

Изучение инфракрасных и ультрафиолетовых спектров поглощения моноциклоароматических углеводородов, выделенных из дегидрогенизатов, позволило установить наиболее вероятное количество и положение заместителей в циклогексановом кольце в исходных предельных углеводородах [1, 2, 3]. Так, в парафино-циклопарафиновых углеводородах

изученных нефтей в преобладающем количестве содержатся 1, 3, 5-, 1, 2, 4-трёхзамещённые и монозамещённые циклогексана. Имеются также 1,3-дизамещённые. Весьма возможно, присутствие дизамещённых циклогексана типа 1, 4-. Данные по инфракрасным и ультрафиолетовым спектрам поглощения хорошо согласуются и дополняют друг друга. В частности, помимо вышеназванных структур, определенных методом инфракрасной спектроскопии, ультрафиолетовые спектры поглощения моноциклоароматических углеводородов дают возможность предположить наличие некоторых тетразамещённых циклогексана. Заместителями в гексагидроароматическом кольце служат парафиновые цепи и циклопентановые кольца. Сложных разветвлений типа изопропильного или гем-диметильного в парафиновой цепочке не обнаруживается. С повышением температуры выкипания фракций для изученных нефтей увеличивается доля длинных парафиновых цепочек нормального строения. В предельной части нефти морской и алигульской содержится больше парафинов нормального строения, нежели в котуртепинской. Это установлено путем качественного сравнения интенсивностей соответствующих полос и путем количественного определения числа метиленных и метильных групп в парафиновых цепях (табл. 2).

Таблица 2

Содержание алифатических  $\text{CH}_2$  и  $\text{CH}_3$  групп на молекулу предельных углеводородов

Фракция, °С	$\text{CH}_2$ группы			$\text{CH}_3$ группы			$\text{CH}_2/\text{CH}_3$		
	Морская	Алигул	Котур-Тепе	Морская	Алигул	Котур-Тепе	Морская	Алигул	Котур-Тепе
300—350	9,7	10,1	5,4	3,1	2,9	5,4	0,3	0,3	1,0
350—400	12,5	12,3	8,4	3,6	3,4	7,0	0,3	0,3	0,8
400—450	17,5	13,8	9,7	3,8	3,3	8,2	0,2	0,2	0,8
выше 450	37,8	25,9	13,9	8,0	6,6	9,6	0,2	0,2	0,7

Для проведения количественных измерений предварительно сняты спектры эталонных веществ, каковыми нам служили модельные углеводороды гибридного строения. Определены интегральный коэффициент погашения и одновременно коэффициент погашения в максимуме для полос  $\sim 1380 \text{ см}^{-1}$  ( $\text{CH}_3$  группы) и  $\sim 720 \text{ см}^{-1}$  ( $\text{CH}_2$  группы в цепи, содержащей не менее четырех метиленных групп). Для определения интегрального коэффициента погашения применялся метод численного интегрирования. На основании сведений, полученных на синтетических эталонных углеводородах, методом наименьших квадратов выводилось уравнение для определения весовой доли соответствующих структурных групп. В табл. 2 представлены средние величины числа групп, определенные по поглощению в максимуме полосы и по интегральному поглощению.

В молекулах предельных углеводородов соответствующих фракций морской и алигульской нефтей содержится примерно одинаковое число метиленных и метильных групп. Количество метильных групп на усредненную молекулу мало, что свидетельствует либо о небольшом количестве разветвлений у парафиновой цепочки, либо об отсутствии их вообще. Для тех же фракций котуртепинской нефти количество разветвлений в 3—4 раза больше.

Изученные моноциклоароматические углеводороды, выделенные непосредственно из фракций нефти и полученные при дегидрогенизации

предельных углеводородов, имеют близкую структуру. Изучение инфракрасных и ультрафиолетовых спектров поглощения показало, что в них присутствуют одинаковые структурные группы. Возможное перераспределение интенсивностей некоторых полос для различных образцов свидетельствует о незначительном преобладании отдельных структурных элементов. Моноциклоароматические углеводороды исследованных нефтей представляют собой гибридные структуры парафиноциклопарафиноароматического строения.

Для всех образцов определено число бензольных колец (табл. 3). В среднем на молекулу приходится около одного кольца. Исключение составляют углеводороды из фракции 300—350°C котуртепинской нефти, где по поглощению полосы  $\sim 1600 \text{ см}^{-1}$  найдено 1,8 бензольных кольца. Ультрафиолетовый спектр поглощения бензольных углеводородов из этой фракции выпадает из общей закономерности и скорее напоминает спектр бициклоароматических углеводородов.

Таблица 3

Содержание бензольных колец в моноциклоароматических углеводородах

Фракция, С°	Месторождение нефти			
	морская		Котур-Тепе	
	спектральный	по Хазельвуду	спектральный	по Хазельвуду
300—350	0,8	0,9	1,8	1,3
350—400	1,0	1,0	1,0	0,9
400—450	0,9	1,0	0,8	0,9
выше 450	0,8	1,0	1,3	1,3

Результаты, полученные спектральным методом и расчетом по Хазельвуду, довольно хорошо совпадают (за исключением одной фракции котуртепинской нефти).

Бициклоароматические углеводороды представлены в основном диалкил- и триалкилнафталинами. В очень небольших количествах обнаружены поликонденсированные структуры типа замещенных фенантрена и антрацена.

Институт химии  
АН Туркменской ССР

Поступило  
9 апреля 1965 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Применение спектроскопии в химии. ИЛ, 1959.
2. Кусаков М. М., Шиманко Н. А., Шишкина М. В. — Ультрафиолетовые спектры поглощения ароматических углеводородов. Изд. АН СССР, 1963.
3. Сергиенко С. Р. — Высокомолекулярные соединения нефти. Изд. «Химия», 1964.

М. НУРЯГДЫЕВ  
Г. С. СЕДЕЛЬНИКОВ

## ОБРАЗОВАНИЕ ГИДРОМАГНЕЗИТОВЫХ ОСАДКОВ В ЗАЛИВЕ КАРА-БОГАЗ-ГОЛ

Залив Кара-Богаз-Гол — самый крупный соляной самосадочный бассейн, в котором в настоящее время происходит формирование отложений солей. В отличие от других соляных озер, здесь процесс испарения рассола и садки солей совершается на очень большой площади. В разных местах залива существует разный гидрохимический режим, который отличается сложностью и многообразием протекающих процессов.

Второй особенностью его является то, что, когда морская вода втекает в залив, происходит ее смешение с огромной массой концентрированных рассолов. Причем это смешение происходит в интервале начиная от устья пролива до 5—10 км в глубь залива по радиусу. Эта акватория залива носит название зоны смешения. Она имеет свои особенности. Во-первых, здесь происходит кристаллизация малорастворимых солей, вносимых в залив с морской водой, которые осаждаются на дне залива в виде гипсово-карбонатных образований. Во-вторых, здесь происходит осаждение основной массы органики, поступающей с морской водой. В-третьих, твердые соляные отложения или соляные минералы в зоне смешения образуются в результате метаморфизации рассола  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , вносимого с морской водой и биометаморфизации, связанной с деятельностью сульфаторедуцирующих бактерий.

Непрерывным потоком в залив поступает в среднем  $9 \text{ км}^3$  каспийской воды в год, и с нею вносится свыше 100 млн. тонн растворимых солей. Эта масса воды разделяется на несколько потоков в дельте залива: через западный рукав дельты поступает около 50% стока, через восточный — 40 и по мелким рукавам около 10% стока. Благодаря такому распределению морской воды в заливе наблюдается два основных течения: первое направлено вдоль западного побережья с юга на север до Кара-Сукутской косы и постепенно отклоняется на северо-восток; второе течение распространяется до Омчальского полуострова и огибает его [3]. Навстречу течению морской воды и разбавленных растворов на поверхности залива наблюдается обратное течение в придонных слоях концентрированных рассолов, направленное к дельте пролива.

Таким образом, в зоне смешения происходит постоянный контакт морской воды всегда с обновленным рассолом. Осадки солей в зоне смешения получили название «белого ила». В природе, по-видимому,

нет другого месторождения, где бы происходило солеосаждение в крупных масштабах в результате смешения двух встречных потоков соляных рассолов. О химическом и минералогическом составе образующихся в зоне смешения осадков мы писали ранее [1].

На расстоянии 3 км от бара и около 1,5 км от западного берега залива имеется гряда островов, которые расположены по ходу течения западного рукава дельты. За этими островами течение замедляется и происходит отстаивание взмути, которая образуется в процессе смешения морской воды с рассолом залива. В этом месте на дне образуется ил белого цвета толщиной приблизительно 5 см, ниже начинается плотный слой черного ила. Глубина рассола над ним равняется 80 см.

Далее, между крупными каменными островами у западного берега залива в 5 км от бара имеется затон, представляющий собой почти круглое озеро, диаметром приблизительно 40 м, глубина верхнего слоя рассола около 30 см. Рассол сюда поступает из залива также между каменными островами.

Нами исследованы две пробы белого ила и равновесных с ними рассолов, отобранных по ходу течения западного рукава дельты.

Проба № 1 отобрана 18 сентября 1963 г. за первыми островами после двухнедельного шторма в заливе. В 16 часов взята проба верхнего слоя ила и придонного рассола. Температура ила была 26°C, рассола — 24, воздуха — 25°C.

Проба № 2 отобрана в тот же день из середины затона. При этом при отборе ила захватывалась половина верхнего белого ила и половина черного ила. Так же брали придонный рассол. Температура ила была 25°C, рассола — 25,3 и воздуха — 25°C.

#### Методика химического анализа

Натрий и калий определялись на пламенном фотометре со светофильтрами с использованием ограничивающих стандартов [5]. Стронций определялся на фотометре с монохроматором УМ-2 методом добавок с учетом фона. [5]. Кальций и магний в осадке определялись после осаждения  $R_2O_3$  [11], а кальций и магний — методом титрования раствором трилона «Б». Но так как в рассоле  $\frac{Mg}{Ca} > 100$ , то этот метод по отношению к кальцию не чувствителен. Поэтому использована методика, описанная А. С. Колосовым [6]. К рассолу солей кальция и магния добавляется небольшой (относительно кальция) избыток трилона «Б», который связывает весь кальций и часть магния в прочный растворимый комплекс. Основная часть магния затем осаждается в виде магний-аммоний-фосфата и после отделения осадка в фильтрате определяется кальций оксалатным методом. Бром определялся иодометрическим титрованием с применением гипохлорита кальция в качестве окислителя [7].

Карбонатная группа определялась титрованием пробы в закрытом сосуде под вакуумом [8]. Навеска анализируемого вещества переносилась в эвакуированный сосуд и титровалась сначала раствором соляной кислоты с метилоранжем, затем раствором гидрата окиси бария с фенолфталеином. По расходу титрованных растворов находилось процентное содержание в пробе  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$  и  $OH^-$ . Для проверки содержания карбонатов в илах определение велось также весовым методом, путем улавливания и взвешивания  $CO_2$  [17]. Результаты весового и объемного определения  $CO_2$ , как правило, хорошо совпадали. Затем в иле общую щелочность определяли открытым титрованием 0,1 н.  $HCl$  в присутствии метилоранжа с последующим кипячением в

Состав проб ила и рассола, отобранных из залива

Наименование	И о н ы							
	Na+	K+	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub>	ОН-
Ил отжатый, проба № 1	3,170	0,387	0,648	7,61	0,0642	5,375	11,70	1,35
Рассол, пропитывающий ил	4,462	0,426	0,0152	2,79	0,00027	5,365	0,044	—
Ил с поправкой на рассол	—	0,280	2,42	21,17	0,243	5,518	43,93	4,90
Ил отжатый, проба № 2	2,456	0,336	1,35	8,08	0,277	3,975	13,94	2,45
Рассол, пропитывающий ил	4,139	0,421	0,0225	3,14	0,00048	5,223	0,0602	—
Ил с поправкой на рассол	—	0,225	3,328	15,36	0,603	2,309	31,23	6,01

течение 5 мин., затем проба охлаждалась и дотитровывалась. При таком определении общая щелочность получается немного больше, чем при закрытом титровании. Содержание гидроксильных ионов в иле определялось по разности 0,1 н. HCl, пошедшего на общую щелочность при открытом титровании и эквивалентное количество CO<sub>2</sub>, определенное весовым методом. Фосфор определялся методом фотоколориметрирования в растворе окрашенной фосформolibденовой гетерополикислоты [12], на колориметре ФЭЕН-57. рН рассола определяли на рН-метре ЛП-58, пользуясь буферными растворами буры с рН, равной 9,24, и бифталатом калия рН, равной 3,98. Удельный вес рассолов определялся точным ареометром.

Полученные результаты химического анализа приводятся в табл. 1. Окончательный состав осадка получен после вычитания солей, внесенных с пропитывающим рассолом. Для этого необходимо было допустить, что некоторые соли из рассола не выпадают с осадком.

Известно, что хлористый натрий не кристаллизуется в зоне смешения, где рассол всегда немного разбавлен морской водой, поэтому в осадке не должно быть хлора. Это отчасти подтверждается тем, что отношение хлора в сыром иле к хлору в рассоле наименьшее из всех других элементов, кроме натрия, и оно равняется для первой пробы 0,753. В первой пробе соотношение для элемента натрия 0,710, то есть натрий, очевидно, тоже является невыпадающим компонентом. Для расчета принята средняя величина поправочного коэффициента, равная 0,731.

Во второй пробе это отношение для хлора равняется 0,569, а отношение для натрия 0,593. Для расчета принята средняя величина поправочного коэффициента, равная 0,581.

Следовательно, нами принята доля жидкой фазы в сыром осадке, в первой пробе, равной 0,731, по весу, а ила  $1 - 0,731 = 0,269$ ; во второй пробе соответственно 0,581,  $1 - 0,581 = 0,419$ . Такой большой поправочный коэффициент на пропитывающий рассол, особенно для первой пробы, объясняется, по-видимому, мелкодисперсным строением осадка и поэтому он плохо отжимался на воронке Бюхнера. Нами исследованы свежееобразованные осадки.

После вычитания жидкой фазы из осадка, состав твердого остатка был снова приведен к ста и получен окончательный результат в процентах (табл. 1).

Результаты анализа первой и второй пробы ила дают очень ценный материал о составе мути, осаждающейся в самом начале зоны смешения залива. Путем химического анализа осадка в нем наряду с главными компонентами найдены микроколичества калия, стронция и фосфора.

Кара-Богаз-Гол 18 сентября 1963 г. (вес. %)

Cl-	Br-	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Нерастворимый в HCl остаток	Сумма солей	H <sub>2</sub> O	pH	дпа.
8,71	0,0272	0,0105	0,199	1,78	41,11	58,89	—	—
11,55	0,037	0,762·10 <sup>-4</sup>	—	—	24,57	75,43	7,35	1,231
—	—	0,0396	0,756	6,76	86,02	13,98	—	—
6,723	0,0205	0,0163	0,486	5,77	45,49	54,11	—	—
11,82	0,0346	4,78·10 <sup>-4</sup>	—	—	24,75	75,25	7,20	1,220
—	—	0,0412	1,19	14,16	74,42	25,42	—	—

Для установления минералогического состава ила мы пользовались, наряду с химическим анализом, также методом иммерсионного исследования кристаллов и термографической записи кривой нагревания на пирометре Н. С. Курнакова.

Под микроскопом встречаются единичные кристаллы гипса с показателями преломления  $N_q = 1,530$ ;  $N_p = 1,520$ . Имеется небольшое количество кальцита с показателями преломления  $N_m = 1,658$  и  $N_p = 1,486$ . Основная масса обеих проб состоит из непрозрачных образований и скоплений очень мелких кристалликов, не поддающихся определению.

Результаты термографического анализа приведены на термограммах (рис. 1 и 2). Расшифровка термических эффектов проводилась на основании имеющихся литературных данных (4, 9, 18)\*.

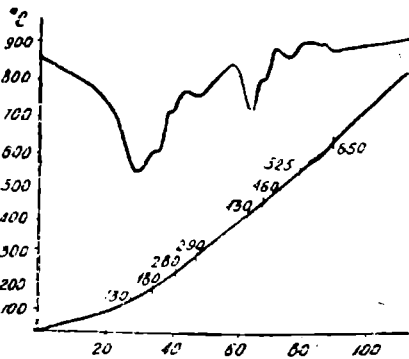


Рис. 1. Термограмма ила пробы № 1.

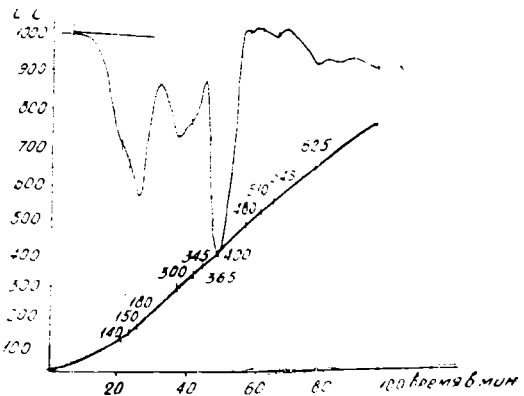


Рис. 2. Термограмма ила пробы № 2.

На термограмме ила пробы № 1 эндоэффекты при 130 и 180° соответствуют дегидратации гипса. При 220° происходит выделение воды из трехводного карбоната магния ( $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ ), первый эффект дегидратации его при 175°, по-видимому, совпадает с эффектом дегидратации гипса. Остановки при 290 и 430° характерны для гидромагнезита, а при 460° — объяснить было трудно. Эффект при 525° отвечает обезвоживанию глины, а при 650° — плавлению смеси солей, внесенных с жидкой фазой ( $2NaCl + MgSO_4$ ).

\* При записи термограмм и их расшифровке оказали большую помощь кандидат химических наук И. С. Рассонская и Н. К. Семендяева, за что авторы им приносят благодарность.

На термограмме ила пробы № 2 остановки при 140 и 180° относятся к гипсу. Экзотермический эффект при 365° отвечает перестройке кристаллической решетки гидрата в решетку безводного сульфата кальция. При 400° эффект соответствует разложению гидрата окиси магния [Mg(OH)<sub>2</sub>].

Эффекты при 345 и 480° было трудно объяснить.

При 545° эффект отвечает обезвоживанию глины. Остановка при 300° характерна для гидромагнезита, его экзотермический эффект при 510° проявляется не четко. Эффект при 625° соответствует плавлению смеси солей, внесенных с жидкой фазой (2NaCl+MgSO<sub>4</sub>).

Минералогический состав осадков приводится в табл. 2.

Все макроэлементы связывали в соли в соответствии с найденным минералогическим составом осадка. Микроэлементы выразили в виде их окислов, так как они являются включениями в осадке. Весь стронций связан в виде целестина, на основании исследования Германа (10, 19),

который установил, что если отношение в породе  $\frac{\text{Sr} \cdot 1000}{\text{Ca}} > 10$ ,

то возможно появление целестина, а если меньше 10, то стронций находится в ангидрите в виде твердого раствора. В исследованных осадках в первой пробе это отношение равно 104, а во второй — 208. Остаток сульфатного иона связан в виде гипса, а остаток кальция в виде кальцита. Остатки магния, карбонатного и гидроксильного ионов и воды связаны в виде минерала гидромагнезита переменного состава.

Таблица 2

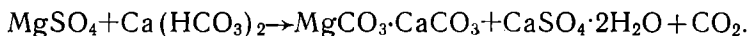
Минералогический состав ила (вес. %)

Название минералов	Пробы	
	№ 1	№ 2
Целестин (SrSO <sub>4</sub> )	0,51	1,42
Гипс (CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	9,42	2,80
Кальцит (CaCO <sub>3</sub> )	0,57	6,56
Гидромагнезит (5,04 MgCO <sub>3</sub> ·Mg(OH) <sub>2</sub> ·4,62H <sub>2</sub> O)	81,62	—
Гидромагнезит (2,57MgCO <sub>3</sub> ·Mg(OH) <sub>2</sub> ·7,81H <sub>2</sub> O)	—	73,55
Включения микроэлементов:		
K <sub>2</sub> O	0,34	0,27
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,039	0,041
Полуторные окислы R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,76	1,19
Нерастворимый остаток в HCl	6,76	14,16
Итого	100,02	99,99

В литературе [18] описан минерал гидромагнезит состава 4MgCO<sub>3</sub>·Mg(OH)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, но при этом отношение коэффициентов может меняться от 4:1:4 до 3:1:3. В нашем случае, как показала термографическая запись, имеются отчетливые указания на присутствие гидромагнезита. Но одновременно с этим в первой пробе имеется хорошо выраженный эндотермический эффект при 220°, характерный для несквегонита (MgCO<sub>3</sub>·3H<sub>2</sub>O). Во второй пробе имеется эффект при 400°, характерный для гидрата окиси магния. На основании этого можно предположить, что мы имеем здесь смесь гидромагнезита в первой пробе с несквегонитом, а во второй — с гидратом окиси магния. По-видимому, в разных местах зоны смешения залива процесс гидрокарбонизации магния идет постепенно с разной степенью полноты. Подавляющая часть осадка приходится именно на эту фазу.

Кроме того, с осадком увлекаются микроэлементы: фосфор, почти полностью, и калий. В каком виде происходит соосаждение их, пока не удалось установить и, вероятно, это должно составить предмет дальнейшего исследования.

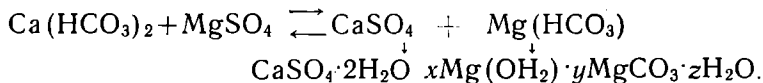
В зоне смешения залива происходит типичный процесс метаморфизации концентрированных рассолов сульфатного типа гидрокарбонатно-кальциевыми ионами каспийской воды. Этот очень интересный и распространенный в природе процесс протекает здесь во всем своем многообразии. В основном здесь осуществляется реакция Н. С. Курнакова [15]



На большом пространстве в радиусе нескольких десятков километров от пролива, на дне залива кроме доломита ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) и гипса обнаружен также кальцит, левеит ( $\text{MgSO}_4 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ ), глауберит ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$ ) и некоторые метастабильные фазы (лабильная соль  $2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), образовавшиеся в результате метаморфизации рассола.

Иначе идет процесс метаморфизации в зоне смешения вблизи от пролива и в непосредственной близости от берега северной косы.

М. Г. Валяшко и Г. К. Пельш [2] описывают, что были обнаружены в осадке основные карбонаты магния. Изучена реакция взаимодействия бикарбоната кальция с насыщенными растворами сульфатной системы. На основании этого сделан вывод, что в такой системе наибольшее развитие имеет реакция между бикарбонатом кальция и сернокислым магнием, ведущая к образованию гипса и основных карбонатов магния:

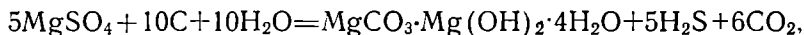


Образование основных карбонатов магния объясняют гидролизом бикарбоната магния.

Если приложить эти выводы к процессу метаморфизации рассолов залива Кара-Богаз-Гол каспийской водой в начале зоны смешения, то выводы М. Г. Валяшко и Г. К. Пельш о процессе метаморфизации справедливы в том отношении, что образование основного карбоната магния действительно имеет место в процессе метаморфизации в природных условиях. Но, как показали наши исследования, преобладающую роль над химической метаморфизацией имеет биометаморфизация, то есть деятельность бактерий, восстанавливающих сульфаты. Здесь течение медленное, вследствие чего осаждаются органические вещества, вносимые с морской водой. Образующийся тонкий ил под рассолами хорошо прогревается и создаются благоприятные условия для развития микроорганизмов, особенно бактерий, восстанавливающих сульфаты, интенсивная деятельность которых обнаруживается по сильному запаху выделяющегося сероводорода. Процесс может идти по следующей схеме:



В зоне смешения залива реакцию восстановления сульфата магния в рассоле можно представить следующим образом, с образованием гидромгнезитового осадка:



с избытком в осадке несквегонита или гидроокиси магния. В момент его образования, осадок увлекает из рассола микрокомпоненты, возможно, на своей активной, очень развитой поверхности. Предпринятая нами первая работа по изучению гидромгнезитовых осадков Кара-Богаз-Гола, естественно, не охватывает все вопросы, связанные с характеристикой этих иловых отложений сложного состава.

Исследованы два образца ила, отобранных в начале зоны смешения залива Кара-Богаз-Гол, образовавшихся в результате взаимодействия солей морской воды и концентрированного рассола. Методами химического, кристаллооптического и термографического анализа установлено, что осадок состоит из смеси гидромагнезита переменного состава, гипса, кальцита и целестина, причем основную массу осадка составляет гидромагнезит.

Предполагается, что в первой пробе наряду с гидромагнезитом присутствует несквегонит, а во второй пробе гидроокись магния. Кроме того, в осадок входят в микроколичествах элементы калий и фосфор.

В начале зоны смешения наряду с метаморфизацией рассола залива бикарбонатом кальция, вносимого морской водой, происходит биометаморфизация. Биометаморфизация соляных рассолов происходит в придонных слоях рапы и в иловой толще вследствие десульфатизации рапы микроорганизмами. В результате деятельности микробов в иловой толще появляются гидроксильные ионы и происходит выделение в осадок ионов магния из рапы.

Массовое выделение в осадок карбонатного иона  $\text{CO}_3^{-2}$  в начале зоны смешения, по-видимому, вызывается метаморфизацией рассолов бикарбонатом кальция, вносимых с морской водой, и также биометаморфизацией.

Институт общей и неорганической химии  
им. Н. С. Курнакова АН СССР

Поступило  
20 марта 1965 г.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Седельников Г. С., Нурягдыев М. — Журнал неорганической химии т. X, вып. 2, 485, 1965.
2. Валяшко М. Г., Пельш Г. К. — Тр. ВНИИГ, вып. 23, 182, 1952.
3. Буйневич Д. В., Лепешков И. Н., Седельников Г. С., Поляков В. Д., Соловьев В. К., Греков А. П., Андреева Л. А. — Сб.: Проблемы комплексного использования минеральных богатств Кара-Богаз-Гола, Ашхабад, 1959, стр. 40.
4. Берг Л. Г. — Введение в термографию. Изд. АН СССР, М., 1961, стр. 193.
5. Полуэктов Н. С. — Методы анализа по фотометрии пламени. Госхимиздат, М., 1959, стр. 116—121.
6. Колосов А. С. — Диссертация. Сибирское отделение АН СССР, Новосибирск, 1962.
7. Седельников Г. С., Лазарева А. И. — Журнал неорганической химии, т. 9, вып. 1, 196—202, 1964.
8. Седельников Г. С., Лазарева А. И. — Заводская лаборатория № 10, 1176, 1948.
9. Янатьева О. К., Рассонская И. С. — Журнал неорганической химии, т. 6, вып. 6, 1424, 1961.
10. Бурков В. В., Подпорина Е. К. — Стронций. Минералогия, геохимия и главные типы месторождений, М., 1962.
11. Понаморев А. И. — Методы химического анализа силикатных и карбонатных горных пород. Изд. АН СССР, М., 1961, стр. 375.
12. Больц Д. Ф. (редактор) — Колориметрические (фотометрические) методы определения неметаллов. Перевод с английского З. И. Подгайской. ИЛ, М., 12—14, 1963.
13. Сагайдачный А. Ф. — Введение в изучение иловых отложений соляных водоёмов. Госхимиздат, Л., 1933, стр. 94—95.
14. Ильинский В. П., Клебанов Г. С., Блюмберг Я. Б., Пельш А. Д. — Сборник работ по гидрохимии Карабугазского залива Каспийского моря. АН СССР, М.—Л., 1936, стр. 42—43.
15. Курнаков Н. С., Жемчужный С. Ф. — О метаморфизации соляных рассолов. Отчеты о деятельности Комиссии по изучению естественных производительных сил России. Изд. Академии наук Петр., № 9, 216, 1917.
16. Овчинников А. М. — Минеральные воды. Госгеолтехиздат, 2-ое изд. М., 1963, стр. 93.
17. Кольтгофф И. М., Сендэл Е. Б. — Количественный анализ. ГОНТИ. Ред. хим. лит., М., 1938, стр. 344.
18. Цветков А. И., Вальяшихина Б. П., Пилюян Г. О. — Дифференциальный термический анализ карбонатных минералов, М., 1964.
19. Негтман А. Г. — Chemie der Erde, 21, N 2, 147, 1961.

А. Е. ХЕЙФИЦ  
 А. В. АГАФОНОВ  
 Б. Т. АБАЕВА  
 Д. Я. МУЧИНСКИЙ  
 Н. А. ОКИНШЕВИЧ  
 А. С. АНДРЕЕВА

### КАТАЛИТИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ ВАКУУМНЫХ ДИСТИЛЛЯТОВ ТУРКМЕНСКИХ НЕФТЕЙ

Проведено исследование процесса каталитического крекинга вакуумных дистиллятов (470—528°C) из смеси туркменских нефтей (главным образом котур-тепинская нефть), перерабатывающихся на заводе.

Вакуумный газойль из смеси туркменских нефтей содержит мало серы (0,2%), азота (0,07%), микроэлементов (никель— менее 0,0001, ванадий 0,00003%), в нем отсутствуют кислородные и полициклические ароматические соединения, коксуемость и зольность соответственно составляют 0,10 и 0,12% (табл. 1). Такой состав сырья позволяет в течение длительного времени сохранять активность и селективность катализатора, а также увеличивать жесткость режима. После 400 часов работы катализатора на вакуумном газойле из туркменских нефтей получены показатели, равноценные показателям после 53 часов работы катализатора в идентичных условиях на вакуумном газойле ромашкинской нефти.

В качестве катализатора был применен алюмосиликатный, синтетический, молотый „вторичный“ катализатор с промышленной установки каталитического

Таблица 1

Качество вакуумного газойля из смеси туркменских нефтей	
Плотность $\rho_4^{20}$	0,8848
Фракционный состав по Богданову, % об.	
Н. К. °C	225
10%	314
30%	364
50%	392
70%	424
90%	470
до 350°	22,5
К. К., °C	496
Выход, об. %	97
Температура °C:	
застывания	+32
вспышки	150
Вязкость кинематическая, сст.	
при 50°C	15,77
при 100°C	4,76
Коксуемость, % вес.	0,10
Зольность, % вес.	0,012
Молекулярный вес	364
Элементарный состав, % вес.	
углерода	86,45
водорода	13,28
серы	0,20
азота	0,07
никеля	0,001
ванадия	0,00003
Углевродородный состав, % вес.	
метано-нафтеновые	72,8
ароматические	24,5
из них: легкие	3,1
средние	21,4
Смол	2,7
Выход, % вес.	
на мазут	56,1
на нефть	29,2

крекинга. Так как на этих установках в первую очередь крошится и выносятся свежий катализатор, то примененный катализатор имел высокую первоначальную активность (37,0) при насыпном весе без уплотнения в пределах 0,84—0,92 и с уплотнением 0,98—1,05.

### Методика проведения опытов на пилотной установке

Опыты по каталитическому крекингу вакуумного газойля проводились на пилотной непрерывно-действующей установке с кипящим слоем катализатора.

Принципиальная технологическая схема пилотной установки приведена на рис. 1.

Первичная загрузка катализатора в систему составляла 131,2 кг.

Транспорт катализатора из регенератора в реактор осуществлялся самотеком-перепуском через клапан регулятора уровня в реакторе. Количество катализатора в кипящем слое реактора поддерживалось на уровне 15 кг при весовой скорости подачи сырья — 1,0 час<sup>-1</sup> и снижалось до 11,5 кг при увеличении весовой скорости до 2,0 час<sup>-1</sup>. Этим весовым скоростям подачи сырья соответствовала часовая производительность установки — 15—21 кг.

Вместе с сырьем в реактор подавался водяной пар в количестве 4—11% на вес сырья.

При изменении производительности установки для обеспечения постоянства линейной скорости рабочей смеси соответственно изменялось количество водяного пара.

Линейная скорость смеси нефтяных и водяных паров над зеркалом кипящего слоя реактора колебалась в пределах 0,12—0,16 м/сек.

При удельных весовых скоростях подачи сырья 1,0 и 2,0 час<sup>-1</sup> фактическое время пребывания продукта в зоне реакции (в слое катализатора) соответственно составляло 5,5—7,5 сек.

Количество катализатора в кипящем слое регенератора менялось в пределах 64—79 кг. Время пребывания катализатора в регенераторе 32—46 минут. За это время кокс выжигался с катализатора до остаточного содержания его 0,02—0,06% на вес катализатора.

Температура в кипящем слое катализатора при выжиге кокса колебалась в пределах 550—620°. Степень генерации достигала 90—97% вес. от начальной закоксованности катализатора.

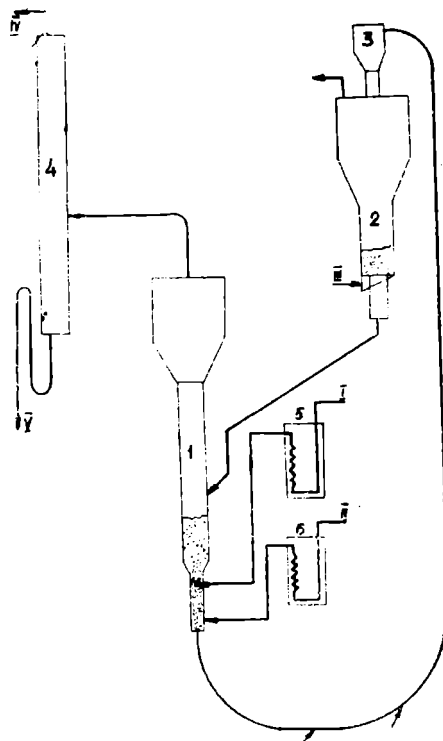


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема пилотной установки каталитического крекинга. 1 — Реактор; 2 — регенератор; 3 — бункер; 4 — ректификационная колонна; 5 — печь сырья; 6 — испаритель и подогреватель водяного пара: I — сырье; II — водяной пар; III — воздух; IV — газ, бензин, вода; V — остаток, выкипающий выше 195°C.

Показатели крекинга при работе на катализаторе, имеющем индекс активности 36,0—38,0

Загруженный в систему катализатор обкатывался в течение трех суток без сырья и 6 суток на сырье без снятия показателей; за это время через катализатор было пропущено 2066,5 кг тяжелого вакуумного газойля. После этой обработки катализатор имел индекс активности 36,6 и насыпной вес 1,02 с уплотнением.

Начиная с опыта 304 по 316 были сняты показатели по выходам продуктов крекинга в зависимости от изменения температуры от 470 до 528° при весовой скорости подачи сырья 1,0 час<sup>-1</sup> и при температурах 470—510° при весовой скорости подачи сырья 2,0 час<sup>-1</sup>. В процессе проведения этих опытов за 389 часов переработано 6359,0 кг сырья.

Индекс активности катализатора практически не изменился, он остался на уровне 37,0. Расход катализатора составлял 1% вес. на сырьё при проценте обновления катализатора — 1,81% вес.

Сохранение высокой активности катализатора может быть объяснено, как большим его обновлением, так и благоприятным составом вакуумного газойля туркменской нефти.

### Влияние температуры процесса

Изменение материального баланса крекинга под влиянием температуры реакции характеризуется данными, приведенными в табл. 2.

Повышение температуры процесса с 470 до 528° при постоянной удельной весовой скорости подачи сырья (1,0 час<sup>-1</sup>) увеличивало выход продуктов превращения сырья. Причем, если при температуре 470° она в основном обеспечивалась за счет распада высокомолекулярной части сырья (фракция выше 350°), то при более высоких температурах это происходит вследствие распада легкого газойля (начиная с 490°) и, частично, бензина (начиная с 510°).

С повышением температуры с 470 до 528° выход газа неуклонно увеличивался, достигая 38,7% вес. на сырье. Выход бензина достигает своего максимума (34,8% вес.) при 490°, а затем при дальнейшем увеличении температуры снижается (табл. 2, рис. 2).

В связи с этим, падают отношения выходов бензина к газу, одновременно повышается содержание непредельных углеводородов в бензине и газе (табл. 3 и 4 и рис. 3). Последнее, вероятно, явилось следствием того, что газообразование возрастало быстрее в сравнении со скоростью протекания реакций перераспределения водорода. Это подтверждается увеличением содержания водорода в газе (рис. 3). С повышением температуры процесса частично изменяется механизм распада, заметную роль начинают играть реакции термического разложения. На это указывает рост в составе газов фракции C<sub>2</sub> с 10 до 29% при температуре 528° (табл. 3 и рис. 4). В то же время количество непредельных в газе меняется мало — с 51 до 58% (470 и 528°).

С увеличением температуры суммарный выход фракции C<sub>4</sub> возрастает с 11,4 (при 470°) до 14,5% на вес сырья (528°), что происходит в основном за счет увеличения выхода бутиленов (с 5,0 до 8,5%) и некоторого увеличения н. бутана (с 1,0 до 1,6%), выход изобутана с ростом температуры процесса, наоборот, падает с 5,4 до 4,4% вес. на сырье (табл. 2 и рис. 5).

С повышением температуры увеличиваются выходы непредельных газообразных углеводородов, считая на сырье крекинга. Выход амиленов достигает максимума при 510° (5,8%), а затем падает до 4,5% на сырье (табл. 2 и рис. 5).

Режимы и детализированные материальные балансы в вес. % на сырье крекинга  
(вакуумный газойль из смеси туркменской нефти)

Номера опытов	304	305	306	307	310	313	314	334	337	335
Режимы опытов										
Индекс активности катализатора	37,9	38,0	36,9		35,9	35,8	37,9	31,2	32,9	31,8
Температура процесса, °C	470	488	508	528	470	489	510	470	527	484
Весовая скорость подачи сырья, час <sup>-1</sup>	1,03	1,00	0,99	1,00	1,92	1,97	1,93	0,93	1,02	2,00
Кратность циркуляции катализатора	6,8	6,5	8,0	9,5	6,0	5,8	6,0	7,5	—	6,2
Количество катализатора в реакторе, кг	15,1	15,5	15,3	14,6	11,5	11,55	11,5	15,0	15,0	10,7
Расход водяного пара, % вес. на сырье	10,3	10,1	10,6	11,0	3,7	3,7	3,7	10,9	10,4	5,6
Длительность работы катализатора, час	170,5	200,5	236,5	266,5	353,5	439	465	1170	1187	1205
Детализированный материальный баланс в вес. % на сырье										
Газы до C <sub>4</sub> включительно	19,4	24,3	30,8	38,7	17,4	21,3	27,9	14,2	31,8	16,2
в том числе:										
H <sub>2</sub>	0,07	0,11	0,16	0,24	0,07	0,09	0,10	0,17	0,23	0,14
CH <sub>4</sub>	0,69	1,39	2,77	4,34	0,90	1,50	2,49	0,65	3,26	1,08
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,56	1,16	(2,64)	4,73	0,92	1,42	2,82	0,29	3,38	1,28
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,60	0,93	1,82	2,05	0,63	1,00	1,61	0,65	2,39	1,00
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	4,26	5,35	7,12	9,17	3,58	4,75	6,53	2,88	7,52	3,34
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	1,78	2,00	2,66	3,63	1,58	1,93	2,39	1,18	2,24	1,30
изо-C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>			3,28	3,51		1,96	2,72	1,42	3,69	1,86
цис-C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>			1,19	1,01		0,93	1,08	1,02	1,53	1,21
транс-C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>			1,95	2,01	4,95	1,33	1,78	0,48	0,61	0,51
н-C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>			1,32	1,97		1,27	1,56	1,02	1,84	0,88
изо-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	5,40	(5,62)	4,46	4,43	4,30	4,29	3,76	3,57	4,24	2,63
н-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,99	1,14	1,42	1,59	0,47	0,83	1,06	0,88	0,87	0,97
Бензина фр. C <sub>5</sub> —										
— 195°	33,6	34,8	34,2	30,4	34,5	33,9	31,1	30,30	29,30	30,00
в том числе:										
сумма C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	4,40	4,34	5,79	4,50	3,59	4,22	4,12	3,16	4,12	3,12
изо-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	2,85	2,56	3,29	4,15	3,27	3,92	3,45	2,73	3,11	2,33
н-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,65	0,80	1,02	1,15	0,89	0,86	0,78	1,08	0,86	0,63
фракция 195—350°	30,0	25,3	21,2	18,5	29,9	27,5	25,4	31,40	21,7	29,50
Остаток выше 350°	12,6	11,1	9,0	8,0	14,8	13,8	12,1	20,50	13,0	21,20
Кокса	3,4	3,5	3,7	3,4	2,4	2,5	2,5	2,8	3,2	2,1
Потери	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Отношение:										
бензина к газу	1,73	1,42	1,11	0,79	1,98	1,59	1,11	2,14	0,92	1,85
бензина к коксу	9,88	9,86	9,24	8,94	14,38	13,56	12,44	10,80	9,17	14,29

С увеличением температуры процесса с 470 до 528° при постоянной удельной весовой скорости сырья значительно возрастает антидетонационная стойкость автобензинов (табл. 4, рис. 6). Если октановое число, определенное моторным методом для бензина, полученного при температуре крекинга 470°, был 82,2, то при 528° оно возросло до 84,8 единиц. Определенные исследовательским методом октановые числа соответственно составляли 93,1 и 97,2 единицы.



Качество автобензинов, отобранных из газосепаратора

Номера опытов	304	307	310	334	337	335
Октановые числа в чистом виде:						
моторным методом	82,2	84,8	81,0	82,2	82,2	80,6
исследовательским методом	93,1	97,2	93,7	94,4	94,4	94,0
Плотность, $\rho_4^{20}$	0,7375	0,7960	0,7438	0,7385	—	0,7504
Фракционный состав						
Н. К., °С	38	43	42	36	37	38
10%	61	83	70	60	72	64
30%	84	112	90	—	—	—
50%	112	137	113	108	135	114
70%	141	158	145	—	—	173
90%	180	185	180	175	185	197
К. К., °С	195	197	193	192	203	0,05
Содержание серы, % вес.	0,05	0,05	0,04	0,07	0,05	57,8
Групповой углеводородный состав, % вес.						
непредельных	40,7	51,6	46,3	44,7	60,1	20,2
ароматических	18,2	36,8	24,2	19,5	27,8	2,8
нафтеновых	7,0	2,2	4,2	5,7	0,3	19,2
парафиновых	34,1	9,4	2,3	30,1	11,8	5,0
диеновых	3,8	10,8	—	1,1	11,1	435
Упругость паров, мм рт. ст.	—	—	—	414	412	—
Индукционный период (мин):						
в чистом виде	—	1,0	37,5	—	—	—
с 0,01% параоксидифениламина	—	—	295	385	—	225
с 0,065% фенольного ингибитора	385	—	255	—	—	—
с 0,10% фенольного ингибитора	—	335	355	600	115	185
Фактических смол, мг/100 мл бензина	10,8	—	4,3	9,8	12,0	9,2

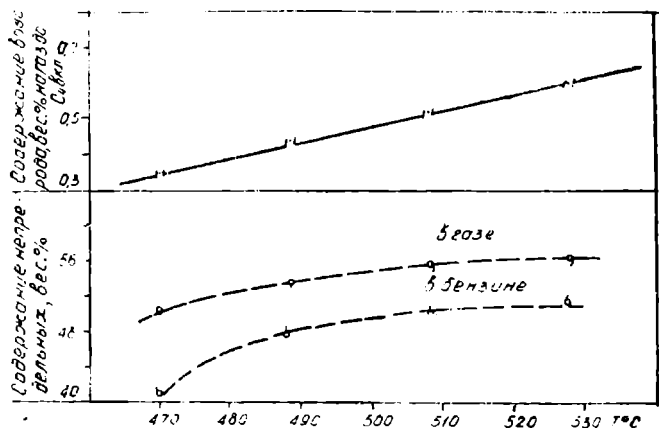


Рис. 3. Изменение содержания непредельных углеводородов в бензине и углеводородном газе в зависимости от температуры крекинга.

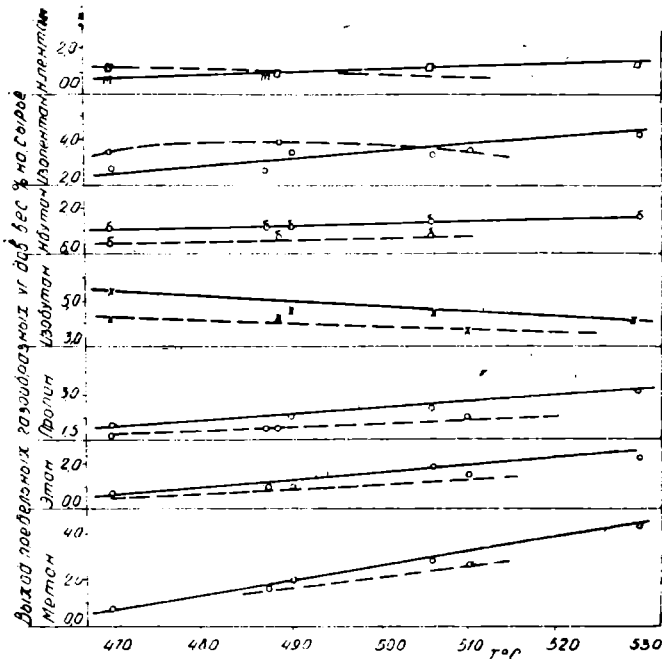


Рис. 4. Влияние температуры процесса на выходы газообразных предельных углеводородов, полученных при крекинге вакуумного газойля туркменской нефти в присутствии синтетического молотого катализатора 36,5—37,5. Весовая скорость подачи сырья — 1,0 час<sup>-1</sup>; — 2,0 час<sup>-1</sup>.

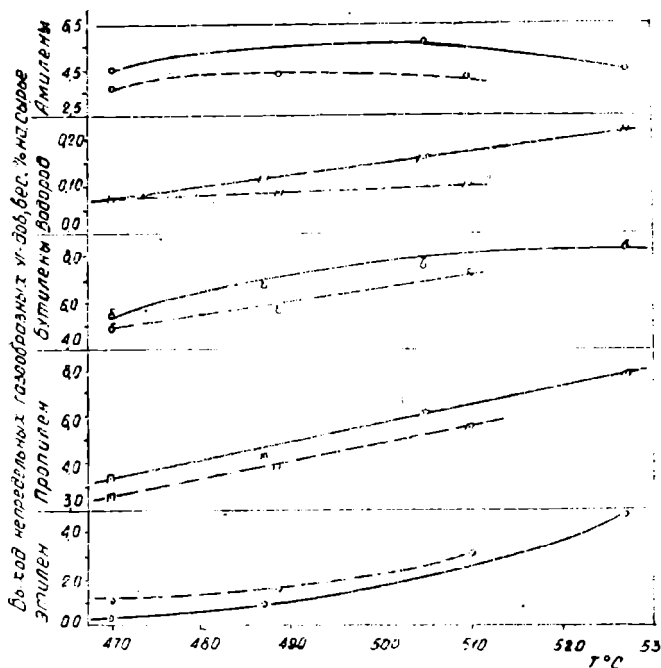


Рис. 5. Влияние температуры процесса на выходы газообразных непредельных углеводородов, полученных при крекинге вакуумного газойля туркменской нефти в присутствии синтетического молотого катализатора 36,5—37,5. Индекс активности катализатора — 1,0 час<sup>-1</sup>; — 2,0 час<sup>-1</sup>.

Качество легкого каталитического газойля

Номера опытов	304	307	310	334	337	335
Цетановое число	35	28	36	37,0	32,0	41,0
Плотность, $\rho_{4}^{20}$	0,8922	0,9191	0,8872	0,8849	0,8978	0,8835
Фракционный состав:						
Н. К., °С	236	227	219	228	235	239
10%	249	241	241	246	250	257
30%	266	259	268	265	269	274
50%	289	287	289	290	289	297
70%	314	303	315	314	315	318
90%	338	335	338	339	340	338
К. К., °С	350	350	350	350	350	350
Молекулярный вес (криоскопический метод)	202	201	205	232	234	237
Температура, °С:						
застывания	0	-7	-2	-3	-10	-5
вспышки	104	96	100	106	108	109
Содержание серы, % вес.	0,25	0,42	0,19	0,24	0,37	0,13
Вязкость кинематическая	6,21	5,41	6,16	6,25	5,88	5,98
Коксуемость 10% остатка, % вес.	0,14	0,18	0,13	0,05	—	0,15
Йодное число	17,8	39,9	22,6	19,3	39,2	25,4
Объемный % сульфурующихся	47,5	65,0	45,0	54,0	54,0	45,5

Таблица 6

Качество тяжелого каталитического газойля (остатка выше 350°)

Номера опытов	304	307	310	334	337	335
Плотность, $\rho_{4}^{20}$	0,9275	1,0081	0,9212	0,9083	0,9527	0,9174
Фракционный состав по Богданову, % об.						
Н. К., °С	352	351	351	361	353	360
10%	368	368	364	374	369	376
30%	389	387	376	388	383	394
50%	393	405	388	412	399	402
70%	406	438	419	443	421	419
90%	439	—	448	481	500	462
Выкипает до 500°, %	97	82	97	97	89	94
Содержание серы, % вес.	0,31	0,43	0,19	0,20	0,18	0,21
Температура застывания, °С	38,0	26	35	+36	+31	+37
Коксуемость, % вес.	2,4	13,1	2,1	1,2	7,5	2,2

Упругость паров бензина ниже норм, требуемых ГОСТ'ом (420 мм).

Бензины каталитического крекинга содержат от 0,04 до 0,08% серы и 5—11,0 мг/100 мл фактических смол; индукционные периоды этого бензина низкие. Даже при применении 0,10% фенольного ингибитора индукционный период (355 минут) бензина ниже нормы ГОСТ'а. Последнее, очевидно, объясняется наличием в бензине реакционно-способных диеновых углеводородов, количество которых достигает 10,8% на бензин высокотемпературного режима.

Несмотря на отсутствие в бензине каталитического крекинга сернистых соединений, наличие диеновых углеводородов и низкий индукционный период могут потребовать применения специальных методов об-

лагораживания (например селективная гидроочистка). Однако применение эффективного ингибитора и смешение с прямоточными бензинами, по-видимому, позволит использовать бензины каталитического крекинга без специального облагораживания.

Возможно часть бензина направлять на каталитическую очистку на алюмосиликатном катализаторе.

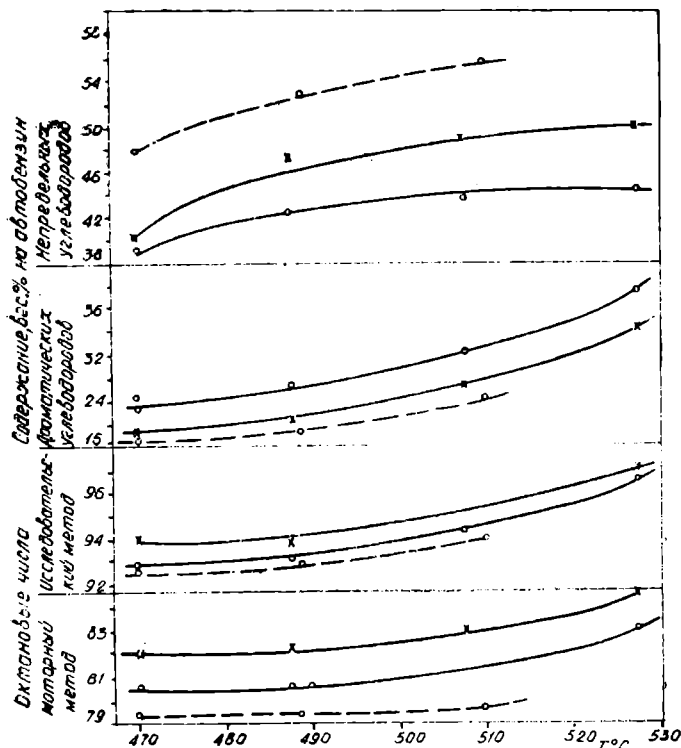


Рис 6. Влияние температур процесса на качество автобензина, полученного при крекинге вакуумного газойля туркменской нефти в присутствии синтетического молотого катализатора. Индекс активности катализатора 36,5—37,5. Весовая скорость подачи сырья: — 1,0 час<sup>-1</sup>; - - - 2,0 час<sup>-1</sup>. х — бензин из газосепаратора (первично отогнанный); о — бензин из аппарата ЦИАТИМ-58 (вторично перегнанный).

Легкие каталитические газойли (табл. 5), полученные в более мягких условиях процесса (оп. 304, 305), могут быть успешно использованы в качестве компонента дизельного топлива, так как они содержат не более 0,25% серы, обладают низкой коксуетемостью 0,14—0,15% и имеют удовлетворительные цетановые числа — 35—38. Газойли высокотемпературного крекинга благодаря высокому содержанию ароматических углеводородов могут быть применены в качестве сырья при производстве специальных топлив и других продуктов. Тяжелые газойли (табл. 6) могут использоваться в качестве рисайкла в самом процессе каталитического крекинга или направляться в сырье для термического крекинга.

#### Влияние удельной весовой скорости подачи сырья

Увеличение весовой скорости подачи сырья 1,0 до 2,0 час<sup>-1</sup> (табл. 2,

рис. 3) при данной температуре приводит к снижению общей глубины превращения сырья за счет падения выходов газа, кокса и при более высоких температурах бензина; выходы газойлей при больших весовых скоростях подачи сырья более высокие; при большей скорости подачи сырья наблюдаются благоприятные соотношения выходов бензина к газу и бензина к коксу. Выход кокса на сырье даже при температуре 510° не превышал 2,5% (табл. 2).

Сопоставительные данные по качеству автобензинов, полученных при различных весовых скоростях подачи сырья, приведены в табл. 4 и на рис. 6.

Бензины, полученные при крекинге на более высоких весовых скоростях подачи сырья (2,0 час<sup>-1</sup>) менее ароматизированы, содержат больше непредельных углеводородов, октановые числа их на 1—2 пункта ниже при определении моторным методом и на 0,3—0,4 пункта—исследовательским методом.

С увеличением весовой скорости подачи сырья улучшаются цетановые числа дизельных фракций; относительно высокое цетановое число (36), низкая коксуемость (0,13) и малое содержание серы (0,19%) облегчает использование их в качестве компонентов дизельного топлива (табл. 5).

#### Показатели крекинга при работе на катализаторе с индексом активности 31—32°

Для выяснения показателей процесса на катализаторе с равновесной активностью индекс активности катализатора искусственно снижен до 31—32 путем переработки на пилотной установке в течение 608 часов 11 989 кг сернистого тяжелого сырья при расходе катализатора 0,35% на переработанное сырье.

Вторая серия опытов (оп. 334, 337, 335) проведена на катализаторе с индексом активности 31—32, который устойчиво держался на этом уровне в течение четырех суток, в период которых переработано 1562,5 кг сырья. В процессе ведения опытов не производилось догрузки свежего катализатора, следовательно, процент обновления равнялся 0, а расход катализатора составлял 0,07% вес. на сырье.

В табл. 2—6 приведены материальные балансы и качество полученных продуктов крекинга.

При сопоставлении основных показателей, полученных при крекинге вакуумного газойля из смеси туркменских нефтей на синтетическом молотом, «вторичном» катализаторе с индексами активности 36—37 и 31—32 (табл. 2—6), прежде всего следует отметить, что в равных режимных условиях процесса не менее активном катализаторе суммарный выход продуктов крекинга значительно ниже. Это снижение в основном происходит за счет выхода бензина, газа и кокса, выходы легкого газойля на низкоактивном катализаторе выше. Октановые числа бензинов близки, цетановые числа газойлей выше на 2—4 пункта.

В бензине высокотемпературного крекинга (оп. 337) содержится бензола — 0,7%, метилбензола — 5,5, ксилолов — 10,0, из них пара-ксилола — 2,3, мета-ксилола — 5,0, ортоксилола — 2,8%, этилбензол не обнаружен.

#### Выводы

1. Получены экспериментальные показатели процесса каталитического крекинга вакуумного газойля (фр. 240—496°), выделенного из смеси туркменских нефтей.

2. Установлено, что оптимальные выходы бензина на катализаторе с индексом активности 36—37 могут быть получены при температуре процесса 470° и весовых скоростях подачи сырья 2,0 час<sup>-1</sup>. При этом выход бензина с октановым числом 81,0/93,7 составляет 34,5 вес. % на сырье, легкого газойля — 30%, газа до C<sub>4</sub>—17,4%, большую часть которого составляют непредельные углеводороды (54,3%).

3. Показано, что при снижении индекса активности катализатора до 31—32 применением более жестких режимов процесса без снижения производительности установки можно достигнуть выходы основных продуктов, близких к выходам, получаемым на активном катализаторе, составляющих для бензина с октановым числом — 81/94 — 30,0%, легкого газойля с цетановым числом 41—29,5% и углеводородного газа 16,2 вес. %, состоящего на 56% вес. из непредельных углеводородов.

4. Осуществление высокотемпературных режимов процесса позволяет, при выходе 30 вес. % бензина с октановым числом 82—84/97,0, поднять выход газа, богатого непредельными углеводородами, (58%) до 32—38 вес. %, что достигается без существенного возрастания коксообразования.

5. На катализаторе с равновесным индексом активности 31—32 перевод процесса каталитического крекинга с топливного режима (470°C) на «газовый» режим (527°C) позволяет увеличить выход газа с 14,2 до 31,8% на сырье. При этом выход этилена возрастает с 0,29 до 3,38%, пропилена с 2,88 до 7,52% и сумма бутиленов с 3,94 до 7,67%.

6. Типовые установки каталитического крекинга рассчитаны на полную мощность при условии выхода кокса, не превышающего 4,5%. При переработке вакуумного газойля из туркменских нефтей эти установки смогут работать на жестких режимах без снижения проектной производительности, а работа на топливном режиме, по-видимому, превысит проектную производительность.

Красноводский  
нефтеперерабатывающий завод

Поступило  
31 июля 1964 г.

А. Л. НАЗАРОВА

## О РАСЧЛЕНЕНИИ СРЕДНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИИ ТУАРКЫРА

Расчленение среднеюрских угленосных отложений на ряд литологических свит впервые сделано В. А. Захаревичем. В дальнейшем новые стратиграфические схемы предложены В. С. Курбатовым и др. [4], К. К. Машрыковым [6], З. Е. Барановой и др. [1].

Мы придерживаемся стратиграфической схемы средней юры, предложенной К. К. Машрыковым, который в основу расчленения положил ритмичное строение угленосной толщи и литологические особенности слагающих ее пород. К. Машрыков в среднеюрских отложениях снизу вверх выделяет нижнюю угленосную, среднюю угленосную, верхнюю угленосную, песчаниковую и кафаклинскую свиты.

Отложения нижней угленосной свиты залегают на размытой поверхности нижней юры или резким несогласием на палеозойских и триасовых породах. Нижняя часть свиты (песчано-алевролитовая) представлена крупно- или разнозернистыми песчаниками, которые вверх по разрезу постепенно сменяются тонкослойными песчаниками с известковым цементом, алевролитами, неотсортированными породами и глинами, причем соотношения этих литологических разностей в различных разрезах неодинаковы. Отложения верхней (алевролитоглинистой) части свиты постепенно сменяют подстилающие породы. Они представлены в основном глинами алевролитами и в меньшей степени неотсортированными породами, песчаниками, известняками и углями.

Отложения средней угленосной свиты залегают в общем согласно на подстилающих породах, хотя в некоторых местах, например в Учтагане, между ними наблюдаются местные размыты. Эта свита представлена комплексом мелкозернистых песчаников, алевролитов, глин и карбонатных пород. Наибольшие суммарные мощности почти во всех разрезах имеют плохо отсортированные алевролиты и глины. Первые из них всегда содержат значительную примесь глинистого материала (до 30%), а в глинах повсеместно присутствует песчано-алевролитовый материал (до 20—30%).

В верхней угленосной свите преобладают глинисто-алевролитовые породы, преимущественно темно-серого цвета, с тонкой слоистостью. К нижней части свиты приурочены прослои угля.

На верхней угленосной толще с размывом залегают песчаниковая свита, подошву которой слагают плохо отсортированные, ожелезненные гравелиты, нередко заключающие обломки кремневых стволов де-

ривьев. Вверх по разрезу они переходят в средне и хорошо отсортированные песчаники, которые выше становятся более глинистыми и известковыми. Далее следует пласт среднезернистого средне отсортированного песчаника, который вверх по разрезу резко сменяется алевролитами. Алевролитовые породы с разрывом сменяются верхней пачкой массивных песчаников, сходных по строению с нижней песчаниковой пачкой. Выше песчаниковой следует кафаклинская свита, которая начинается алевролитами.

В целом породы кафаклинской свиты характеризуются пестрой окраской и состоят из чередующихся темно-серых углистых глин, алевролитов и песчаников и прослоя угля.

Нами изучен характер зерен кварца и некоторых тяжелых минералов среднеюрских пород в разрезе Две-Даш (примерно в 4-х км к северу от поселка Кизыл-Кия) по методике Г. Г. Леммлейна и В. С. Князева [5].

Исследование зерен обломочного кварца фракции 0,5—0,25 мм проводилось под бинокляром МБС-2 в иммерсионной жидкости. Подсчитывалось общее содержание кварца и процентное содержание каждого его типа по отношению ко всему количеству кварца, принятому за 100%. Всего изучено 23 образца.

Кварц в основной своей массе представлен плохо окатанными, угловатыми и полуокатанными зернами. Хорошо окатанные зерна присутствуют значительно реже. Поверхность большинства песчинок чистая, блестящая, но присутствует значительное количество зерен, испещренных царапинами. Исходя из характера включений, указанные авторы [5] выделяют 8 типов кварца: трещиноватый, с крупными включениями, с игольчатыми включениями, полупрозрачный, непрозрачный, кварц без включений, опалесцирующий и регенерированный кварц.

Кварц с крупными включениями нами разделяется на типы: кварц с кристаллическими включениями и кварц с включениями жидкости и

Таблица 1

Процентное содержание различных типов кварца

Свита	Номера образцов	Трещиноватый	С кристаллическими включениями	Игольчатый	Непрозрачный	Полупрозрачный	Без включений	Опалесцирующий	Регенерация	Включения жидкости и газа
Песчаниковая	231	16,2	10,8	5,4	—	10,8	10,8	—	—	46,0
	228	28,0	—	4,0	12,0	10,0	8,0	—	—	38,0
	222	31,5	2,7	2,7	2,7	11,0	5,5	—	—	43,8
	220	35,6	—	2,2	4,4	6,7	—	—	—	51,1
	218	21,0	7,1	—	10,5	10,5	8,3	—	—	42,1
	217	33,3	5,9	—	3,9	17,6	10,0	—	—	29,4
	216	40,0	4,4	2,2	4,5	6,7	6,7	—	2,2	33,3
	213	47,0	—	2,9	4,8	9,5	4,8	—	—	30,9
	206	26,9	3,8	—	—	11,5	7,7	—	—	50,0
	205	25,5	6,4	2,7	17,3	11,8	12,7	—	—	23,6
	202	46,1	9,2	5,1	5,7	7,1	4,2	—	—	22,6
Верхняя угленосная	198	40,6	6,2	3,1	12,5	6,3	—	—	—	31,2
	192	54,2	7,4	3,2	1,1	9,6	1,1	—	—	23,4
Средняя угленосная	186	31,3	6,9	11,8	3,0	17,6	3,0	—	—	26,5
	178	35,0	4,0	4,8	7,1	23,8	2,5	—	—	23,0
	177	42,9	5,6	14,3	2,9	8,6	2,9	—	—	22,8
	175	36,0	4,0	4,0	—	24,0	8,0	—	—	24,0
	157	36,6	9,8	9,8	2,4	14,6	9,8	—	—	17,0
	136	41,0	7,7	2,6	10,2	7,7	7,7	—	—	23,0
Нижняя угленосная	125	42,1	5,1	2,9	17,2	24,1	3,4	—	—	5,2
	121	43,7	5,3	14,0	6,4	21,8	5,4	1,3	—	2,1
	111	40,6	13,5	7,3	11,5	19,8	4,8	—	—	2,5
	105	22,7	31,1	9,1	13,3	23,8	—	—	—	—

Из табл. 2 видно, что присутствует 7 типов кварца и отсутствует опалесцирующий и регенерированный тип кварца. Значительно преобладают прозрачные зерна (79%) над мутными (21%). В группу мутных зерен входят полупрозрачный кварц и непрозрачный, в группу прозрачных — все остальные. Главенствующую роль играют кварц трещиноватый (37,5%) и кварц с включениями жидкости и газа (26,1%). Среднее содержание полупрозрачного составляет 14,1%, непрозрачного — 6,9%, кварца без включений — 5,4%, с игольчатыми — 5,2% и кристаллическими включениями — 4,4%.

При наличии общих черт в соотношении отдельных типов кварца каждого изученного образца наблюдаются заметные количественные изменения в их содержании при переходе от песчаников к глинам. В этом направлении наблюдается уменьшение трещиноватого кварца (рис. 1, I), кварца с кристаллическими включениями (II) и игольчатого кварца (III), наряду с этим происходит увеличение содержания кварца с включениями жидкости и газа (IV) и кварца без включений (VI).

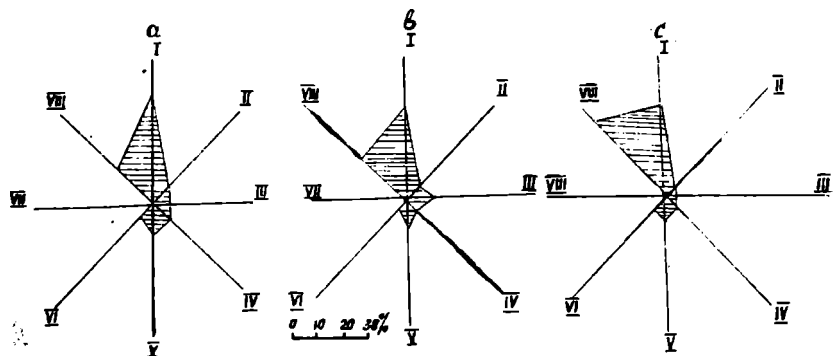


Рис. 1. Суммарное соотношение типов кварца по гранулометрическому составу. I — Трещиноватый; II — с кристаллическими включениями; III — с игольчатыми включениями; IV — непрозрачный; V — полупрозрачный; VI — без включений; VII — опалесцирующий; VIII — с включениями жидкости и газа.

Анализ содержания отдельных типов кварца по разрезу среднеюрских отложений Дуге-Даш (рис. 2) позволяет отметить сходный характер поведения кривых для ряда их типов. Так, однонаправленные изменения наблюдаются в содержании кварца с игольчатыми и кристаллическими включениями, с одной стороны, непрозрачного и полупрозрачного — с другой. Далее на границе средней и верхней угленосных свит происходит резкое изменение в содержании почти всех типов кварца. Вследствие этого характеристика среднего содержания типов кварца существенно иная для верхней части разреза по сравнению с его нижней частью.

Для верхней части разреза характерно: пониженное содержание кварца с кристаллическими включениями (4,6%), игольчатыми (2,6%) и полупрозрачного (10,0%) по сравнению с нижней, в которой содержание этих типов кварца соответственно составляет 9,4%, 8,1 и 18,7%. В то же время в верхней части резко возрастает содержание кварца с включениями жидкости и газа (от 14,8 до 35,8%) и в меньшей степени кварца без включений (с 4,8 до 6,2%). Эти различия нижней и верхней частей разреза хорошо видны на звездчатых диаграммах (рис. 3).

Общее постоянство в соотношении типов кварца, отсутствие каких-либо резких качественных скачков указывает на то, что поступление обломочного кварца в течние всего периода осадконакопления юрских

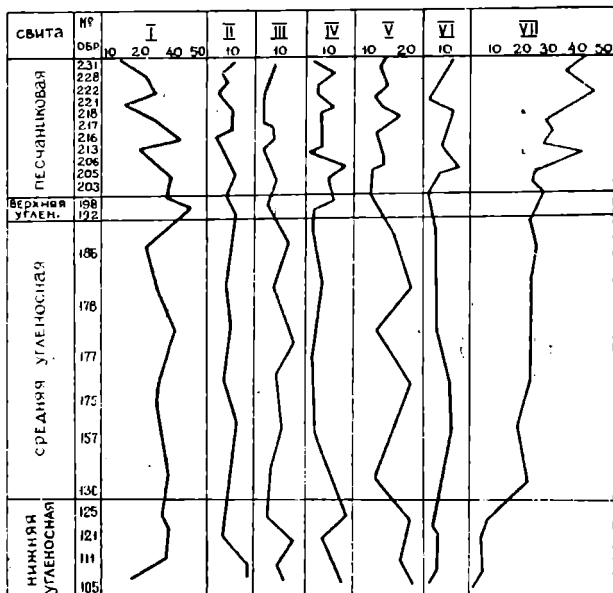


Рис. 2. Кривые содержания типов кварца по разрезу. Обозначения I—VIII—те же, что и на рис. 1. Свиты: 1—нижняя угленосная; 2—средняя угленосная; 3—верхняя угленосная; 4—песчаниковая.

отложений в данном районе шло из одной и той же области минерального питания. Незначительные, но все же довольно заметные и закономерные изменения в содержании отдельных типов кварца по разрезу говорят об изменениях в области минерального питания. По всей вероятности, в различные периоды осадконакопления юрских отложений область минерального питания характеризовалась различным уровнем эрозионного среза.

В разрезе Две-Даш, помимо кварца, изучены некоторые тиломорф-

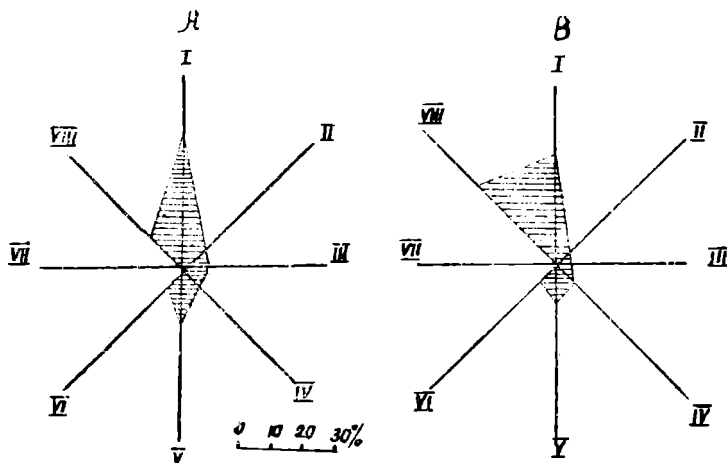


Рис. 3. Суммарное соотношение типов кварца. Части разреза: А — нижняя; В — верхняя; I—VIII—то же, что и на рис. 1.

ные особенности ряда минералов тяжелой фракции (турмалина, циркона и гранатов).

Турмалин, который широко распространен во всех образцах, представлен главным образом окатанной и призматической формой. Призматические зерна иногда заканчиваются гранями тригональной пирамиды, но чаще имеют неправильный излом. В некоторых зернах отмечалось зональное строение, штриховка, параллельная длинной оси кристалла, и различные включения. Наиболее интересным при изучении турмалина является изменение цвета и плеохроизма.

система	отдел	ярус	свита	литологический характер	мощность в метрах	типоморфные особенности кварца и тяжелых минералов			
						кварц	тур-малин	циркон	гранаты
Ю р с к а я	Ю р с к а я	Ю р с к а я	песчаниковая	песчаниковая	230	кварц	тур-малин	циркон	гранаты
					1130	кварц	тур-малин	циркон	гранаты
					270	кварц	тур-малин	циркон	гранаты
а о л е н	а о л е н	а о л е н	средняя угленосная	угленосная	266.0	кварц	тур-малин	циркон	гранаты
					157.8	кварц	тур-малин	циркон	гранаты

Рис. 4. Расчленение среднеюрских отложений Туаркыра по типам кварца и типоморфным особенностям тяжелых минералов.

цветных цирконов, совпадающая с кафаклинской свитой. Для циркона характерны главным образом призматические окатанные зерна с пирамидально ограниченными концами и реже обломки неправильной формы. Очень часто наблюдаются разнообразные включения. Много зерен с зональным строением.

Широко распространены по всему разрезу зерна гранатов. Они представлены в основном окатанными и неправильными угловатыми обломками. По характеру поверхности в разрезе выделяются две разновидности: гранаты с гладкой и рельефной поверхностью. По окраске преобладающими являются бесцветные зерна, встречаются также розовые и желтые гранаты. Окрашенные зерна гранатов имеют, как правило, безрельфную, гладкую поверхность.

По окраске турмалина удалось выделить (рис. 4) следующие зоны (снизу вверх): зона с преобладанием бурых и темно-бурых турмалинов, совпадающая с нижней угленосной свитой, зона с преобладанием бурых, зеленых и сине-зеленых зерен, примерно совпадающая со средней угленосной свитой, и выше — зона с преобладанием бутольно-зеленых и зеленых кристаллов.

По цвету циркона выделено три зоны (снизу вверх): нижняя зона бесцветных цирконов, примерно совпадающая с нижней угленосной свитой, зона преобладания розовых и желтых цирконов, охватывающая среднюю и верхнюю угленосные и песчаниковую свиты, верхняя зона бесцветных гранатов.

Соотношение в содержании разноокрашенных гранатов позволило выделить в разрезе четыре зоны (снизу вверх): зона бесцветных зерен граната, которая примерно соответствует нижней угленосной свите; зона бесцветных, реже розовых гранатов, совпадающая со средней угленосной свитой; зона розовых, реже желтых и бесцветных зерен гранатов, включающая верхнюю угленосную и песчаниковую свиты; для самой верхней свиты средней юры — кафаклинской — характерны бесцветные, редко розовые зерна гранатов, которые выделяются в четвертую зону.

Таким образом, по типоморфным особенностям кварца и некоторых минералов тяжелой фракции мы разделили весь разрез среднеюрских отложений на 4 зоны (сверху вниз): 1. Нижняя зона, совпадающая с нижней угленосной свитой, характеризуется повышенным содержанием кварца с игольчатыми и кристаллическими включениями и полупрозрачного с уменьшенным содержанием кварца с включением жидкости и газа и без включений, преобладанием бурых и темно-бурых зерен турмалина, наличием бесцветных и розовых зерен циркона и гранатов. 2. Зона, совпадающая со средней угленосной свитой по характеру кварца аналогична нижней зоне, но отличается от всех других зон характеристикой минералов тяжелой фракции. Для турмалина здесь отмечается преобладание бурой, зеленой, сине-зеленой окраски. Циркон в основной своей массе розовый, желтый, реже бесцветный. Зерна гранатов преимущественно бесцветные, иногда розовые. 3. Зона, включающая верхнюю угленосную и песчаниковую свиты, характеризуется пониженным содержанием кварца с кристаллическими включениями, игольчатыми и полупрозрачного; повышенным содержанием кварца с включением жидкости и газа и без включений; преобладанием турмалина с бутылочно-зеленой и зеленой окраской; наличием в основном розовых, реже желтых и бесцветных гранатов. Характер же циркона сохраняется таким же, как и в предыдущей зоне. 4. Кафаклинская свита, с которой совпадает выделенная нами четвертая зона, отличается бесцветными зернами циркона и гранатов, редко гранаты розовые. Типоморфные особенности кварца и турмалина аналогичны третьей зоне.

### Выводы

Исследование типов кварца и типоморфных особенностей турмалина, циркона и гранатов позволило выделить минералогические коррелятивы для разделения однотонной среднеюрской терригенной толщи на ряд минералогических зон. Дополненные количественной характеристикой содержания минералов тяжелой фракции они могут послужить основой для корреляции разрезов скважин соседних районов, разбуриваемых в связи с поисками на нефть и газ как для нижней, так и для верхней части разреза.

Московский Ордена Трудового Красного Знамени  
Институт нефтехимической и газовой промышленности  
им. И. М. Губкина

Поступило  
7 апреля 1965 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Баранова З. Е., Буракова А. Т., Бекасова Н. Б. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 88, вып. 13, 1963.
2. Князев В. С. — В сб. Материалы по петрографии и микропалеонтологии продуктивной толщи Азербайджана, Изд-во АН СССР, М., 1958.
3. Князев В. С. — Известия АН СССР, сер. геол., № 4, 1951.
4. Курбатов В. С., Крымгольц Г. Я. — Геология СССР, т. XXII, 1957.
5. Леммлейн Г. Г., Князев В. С. — Известия АН СССР, сер. геол., № 4, 1951.
6. Машрыков К. — Тр. Лаборатории геологии угля АН СССР, т. VII, 1957.
7. Цепелев Н. С. — Известия АН СССР, № 1, 11, 1958.

К. КУЛИЕВ

## ЛИТОФАЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ТУРКМЕНИИ

С юрскими отложениями в Западной части Средней Азии и сопредельных с ней районов связаны промышленные скопления газа, нефти и высокие перспективы нефтегазоносности.

Наибольшие возможности выявления промышленных залежей нефти и газа связываются и с юрскими отложениями Центральной и Северо-Восточной Туркмении, где юрские отложения погребены мощным чехлом более молодых отложений мезо-кайнозоя.

В последние годы эти отложения в пределах указанной территории вскрыты буровыми скважинами в районах Серного Завода, Дарвазы, Тахта, Дарган-Ата, Султан-Санджара, Фараба, Наразыма, Керки-Дага, Байрам-Али, Майской и в др.

Из юрских отложений в районе Фараба, Байрам-Али, Шараплы и др. получены фонтаны газа и притоки нефти. Многочисленные нефтегазопроявления отмечены также в ряде других разведочных площадей. Поэтому изучение литологического состава осадков, фации и условий осадконакопления юрских отложений указанных районов имеет большое значение для правильного определения региональных зон нефтегазонакоплений.

Нами исследовался керновый материал разведочных скважин, вскрывших юру в перечисленных выше районах, с целью изучения вещественного состава, структурных особенностей пород, а также для выяснения фациальных условий образования отложений. Образцы подвергались микроскопическому, гранулометрическому и химическому анализам. Часть образцов глинистых пород исследована методом термического и рентгенометрического анализа.

Общий облик разрезов юры исследованных районов позволяет отнести их к двум фациально-литологическим областям, отличавшимся по условиям осадконакопления в юрском периоде.

Для Наразымского, Фарабского и Дарганатинского районов характерно существенное развитие верхнеюрских карбонатных осадков келловей-оксфорда и сульфатно-галогенных пород кимеридж-титона, типичное для обнажений юго-западных отрогов Гиссара, в частности Кугитангского района [3].

Юрские отложения Дарвазы, Серного Завода [2] и Тахты облада-

ют строением, сходным со строением юрского разреза Туаркырских обнажений (в Тахта, однако, отсутствуют отложения верхней юры).

Некоторым отклонением от Кугитангского и Туаркырского типов разрезов является разрез Султан Санджара [1]. Здесь верхнеюрские отложения отсутствуют. Отложения нижней и средней юры имеют до 1700 м, что довольно необычно для лейаса и доггера Туркмении. При этом нижний отдел вскрыт скважиной не полностью. Все это затрудняет отнесение Султансанджарского разреза к двум упомянутым областям.

*Грубообломочные породы* встречаются в основном в разрезах скважин Серного Завода, Дарвазы и Фараба. В небольшом количестве они отмечаются в разрезе Султансанджарской скважины и Тахта. Среди грубообломочных пород в наибольшем количестве встречаются гравелиты и мелкогалечные конгломераты. Они наблюдаются в виде переслаивания с прослоями песчано-алевролитовых, смешанных пород и характеризуются серым, зеленовато-серым цветом с буроватыми оттенками, плохой отсортированностью обломочного материала, преимущественно полимиктовым составом. Основная масса обломочного материала пород представлена угловато окатанными обломками (размером 0,5—2,0 см) кварца, полевых шпатов, обломками розового графита и эффузивных пород.

Цементирующим материалом служат в основном глинистые и железисто-глинистые вещества.

*Песчано-алевролитовые породы* пользуются широким распространением. Они составляют основную часть разрезов площадей Дарваза, Серный Завод, Тахта и значительную часть разрезов Питнякской группы структур. Песчаники светло-серого, зеленовато-серого цвета, плохо отсортированы и слабо сцементированы. Отдельные образцы окрашены в коричнево-бурю окраску. На поверхности наслоения пород отмечается обильное содержание слюдястых минералов и обуглившихся растительных остатков. Последние часто придают породе тонкую, слабо выраженную слоистость. По данным гранулометрического анализа пород [1, рис. 1], песчаники характеризуются весьма слабой отсортированностью обломочного материала. Большей частью они принадлежат в основном крупнозернистым или разнозернистым—мелко-, среднезернистым разновидностям. Алевролитовые породы, по внешним признакам и по составу, совершенно аналогичны песчаным породам. Карбонатность песчано-алевролитовых пород небольшая. Среднее содержание ее в образцах как обычно не превышает 5—6%.

По составу обломочного материала рассматриваемые породы принадлежат в основном полимиктовым разновидностям. Основная масса обломочного материала представлена кварцем (25—50%), полевыми шпатами (15—25%), обломками кварцита, кремнистых и эффузивных пород (20—70%) и слюдястыми минералами (до 10—20%).

Полевые шпаты представлены в основном ортоклазом и единичными зернами решетчатого микроклина и полисинтетически сдвойникованных плагиоклазов кислого ряда. Зерна ортоклаза в значительной мере затронуты процессами пелитизации, хлоритизации и кальцитизации, а зерна плагиоклаза — процессами серицитизации.

Слюдястые минералы присутствуют почти во всех проанализированных образцах. В ряде образцов составляют основную часть обломочного материала. Представлены они в основном пластинками биотита с характерным плеохроизмом, изменяющимся от бесцветного или бледно-желтого до темно-зеленовато-бурого цвета. Встречаются пластинки бесцветного мусковита, с высоким показателем двупреломления. Изменение биотита обуславливается гидратацией, разбуханием и обесцвечива-

нием его пластинок. Освободившееся железо при обесцвечивании пластинок фиксируется в виде кристалликов и стяжений пирита или гидроксидов железа. Очень часто встречаются пластинки с чередующимися пакетами бледно-зеленого хлорита, бесцветного мусковита и хлорита. Хлоритизация нередко захватывает значительную часть пластинок биотита.

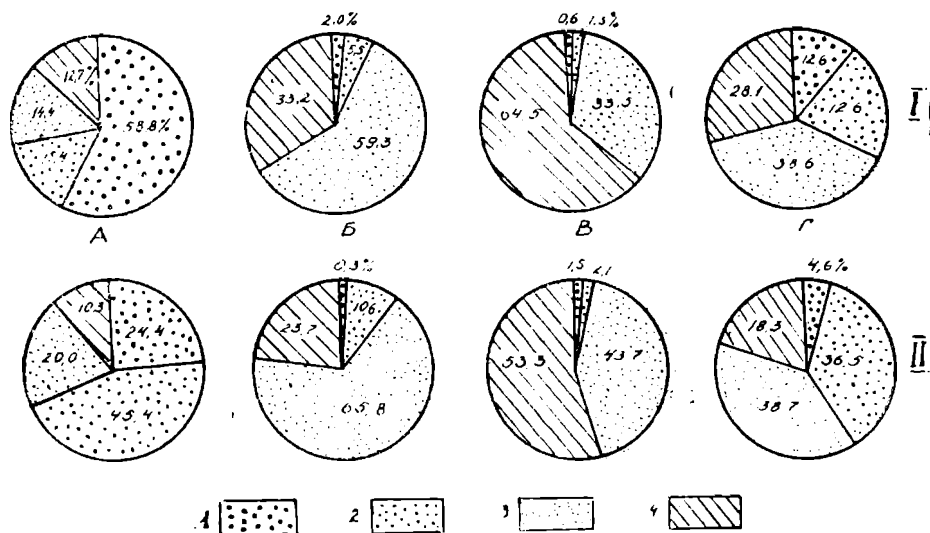


Рис. 1. Средний гранулометрический состав основных типов пород юрских отложений Центральной и Северо-Восточной Туркмении. I — Низовья р. Аму-Дарьи (Тахта, Султан Санджар); II — Центральные Кара-Кумы (Серный завод, Дарваза). А—Песчаные породы; Б—алевролитовые породы; В—глинистые породы; Г—смешанные породы. 1—Фракция > 0,2 мм; 2—0,25—0,1; 3—0,1—0,01; 4—< 0,01 мм.

Кремнистые обломки мелкоагрегатного строения с небольшими двупреломлениями. В обломках эффузивных пород отмечаются микролиты полевых шпатов. В некоторых обломках наблюдаются обычные выделения серицита и хлорита. Хлорит почти всегда представлен пеннином.

В составе тяжелой фракции пород наиболее распространенные циркон, турмалин, рутил, гранаты, минералы группы эпидота, хлорит, пикотит и роговая обманка. Из чернорудных минералов встречаются зерна (кристаллы) магнетита, ильменита и пирита.

В ряде образцов содержание граната со ступенчатой поверхностью составляет примерно 50—70% тяжелой фракции.

Кварц — наиболее распространенный минерал обломочного материала рассматриваемых пород. Зерна обычно бесцветные, прозрачные, с нормальным облачным или мозаичным погасанием. Отдельные зерна в той или иной степени корродированы карбонатным веществом. Аутигенные минералы представлены пиритом, кальцитом, ангидритом и сидеритом.

Глинистые породы, так же как песчано-алевролитовые, имеют широкое распространение. Наибольшее содержание их в разрезе Султан санджарской скважины. Обычно они наблюдаются в виде переслаивания с песчаниками и алевролитами или в виде самостоятельных горизонтов. Представлены в основном темно-серыми, зеленовато-серыми плотными аргиллитоподобными разностями. В разрезе скважин Фараба и Наразыма глинистые породы составляют известковистую разность.

Имеют в большей части микрослонстую, сланцеватую текстуру и алевро-пелитовую или пелитовую структуру.

Под микроскопом основная масса пород представляет собой тонкошуйчатые, высоко дупреломляющие в зеленовато-желтых и оранжевых тонах глинистые материалы. Все разновидности глинистых пород в том или ином количестве содержат примеси песчано-алевритового материала (рис. 1) и темного органического вещества. Некоторые образцы хорошо отсортированные. Примеси обломочного материала представлены угловатыми зернами кварца, реже полевых шпатов и обломков кремнистых пород.

На характерных термических кривых (рис. 2) отчетливо наблюдаются два эндотермических эффекта. Первый — в интервале 100—110°C, связанный с выделением свободной воды, второй — в интервале 550—600°C, связанный с выделением конституционной воды. Результаты термического и рентгенометрического исследования указывают на гидрослоистый состав преобладающей основной массы глинистых пород. В химическом составе пород характерными компонентами являются:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 3,5—6,24%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —3,76—7,08;  $\text{TiO}_2$  — следы;  $\text{CaO}$  — 0,54—1,19;  $\text{MgO}$  — 0,78—1,28;  $\text{FeO}$  — 2,53—2,9%;  $\text{H}_2\text{O}$  — 0,96—1,60; Нераств. ост. — 76,40—88,82;  $\text{P}_2\text{O}_5$ —9,42—13,92;  $\text{CO}_2$ —0—0,11;  $\text{CaCO}_3$  — 0,96—2,2;  $\text{MgCO}_3$  — 5,5—2,44%.

*Смешанные породы* выделяются на основании гранулометрического анализа пород. Они охватывают такие разности пород, в которых процентное содержание песчаной, алевритовой и глинистой фракций в отдельности не превышает 50%. В изученных разрезах скважин смешанные породы встречаются в большом количестве. Наибольшее содержание их отмечается в разрезах Султансанджарской скважины, Тахта, Дарвазы и Серного Завода. По составу обломочного материала, цементирующего вещества и другим признакам они совершенно аналогичны песчано-алевролитовым породам.

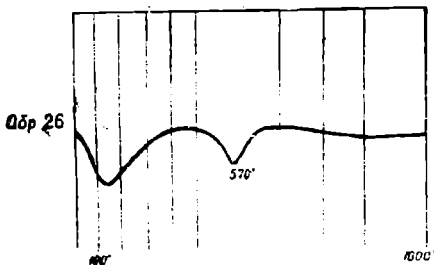


Рис. 2. Характерная термическая кривая глинистых пород юрских отложений площади Тахта. Сква. № 5, обр. 16.

*Карбонатными породами*, как указывалось, сложена значительная часть разрезов юры скважин Фараба, Наразыма и Дарганаты и самая верхняя часть разрезов Серного Завода и Дарвазы. Представлены карбонатные породы преимущественно известняками и мергелем.

Известняки пелитоморфные, глинистые со значительной примесью песчано-алевритового материала. Количество нерастворимого остатка обычно составляет около 30%. В нем отмечены сильно корродированные зерна кварца, полевых шпатов, обломки пород; из аксессуарных минералов — циркон, турмалин и другие рудные и нерудные минералы. Основная масса пород представлена тонкозернистым кальцитом. В отдельных участках пород, в результате перекристаллизации, наблюдаются крупнозернистые разности кальцита. Встречаются окремненные участки пород.

Мергели зеленовато-серого, зеленовато-темного цвета, очень плотные, с небольшой примесью обломочного материала и органического вещества. Под микроскопом основная масса пород представлена кальцитом, в смеси с глинистым веществом. Примесь обломочного материала нередко составляет примерно 5—10% общего объема пород.

*Хемогенными (сульфатно-галогенными) породами* представлены верхи разрезов юры Дарганата, Фараба и Наразыма. Они образуют толщу, сложенную в верхней половине разреза соленосными, в нижней половине разреза гипсо-ангидритовыми породами. Соли обычно розового цвета, плотные. Гипсы встречаются как в виде сахарно-белых, рыхлых или плотных, так и в виде прозрачных кристаллических разновидностей. Ангидриты плотные, серого, грязно-серого цвета. Под микроскопом они представляют однообразную, крупно раскристаллизованную массу, с высокой перламутровой (кальцитовой) интерференционной окраской. Примеси глинистого вещества часто придают породе дымчатую окраску.

*Угли* присутствуют в виде включений в составе песчано-алевролитовых и глинистых пород, реже в виде небольших прослоек. Они встречены в разрезах Серного Завода, Дарвазы, Тахта, Султан Санджара и Фараба.

Обломочные породы, в отличие от пород Кугитанского и Туаркырского районов, характеризуются весьма плохой отсортированностью обломочного материала, слабой сцементированностью, обильным содержанием полевых шпатов и слюдястых минералов.

В фациальном отношении исследуемые отложения представлены в основном комплексами трех основных типов фаций—континентальных, прибрежно-континентальных и морских, преимущественно мелководных отложений. Судя по характерным литогенетическим признакам пород, в пределах ниже-среднеюрских отложений исследуемой территории могут быть выделены: фации грубообломочно-песчаных осадков склона, фации субаквальных — песчано-глинистых осадков (ближе неопределенные), фации песчано-глинистых осадков прибрежной равнины, фации озерно-болотных отложений и фации песчано-глинистых осадков мелководья. Среди верхнеюрских отложений выделяются глинистые фации мелководного бассейна, карбонатные фации открытого моря и соленосные фации лагунного бассейна.

К фации грубообломочно-песчаных осадков склона относится толща плохо отсортированных грубозернистых пород, гравелитов, конгломератов и песчаников, вскрытых в основании разрезов Фараба, Дарвазы и Серного Завода. Наибольшая мощность их вскрыта в разрезе Фарабской площади, где она составляет свыше 200 м.

Песчано-глинистые отложения, залегающие между толщами известняков и грубообломочных пород в разрезе Фараба, выделяются как фации прибрежной равнины или прибрежного бассейна. Темная окраска пород, богатая насыщенность их органическим веществом и наличие пирита свидетельствуют о восстановительной среде осадконакопления.

Континентальные субаквальные фации охватывают значительную часть отложений разреза Султансанджарской разведочной площади. Они далее распространяются в сторону Тахтинской площади. На континентальное происхождение этих отложений прежде всего указывает содержание в составе пород углистого вещества и растительных остатков.

Песчано-глинистые отложения, слагающие верхнюю часть разреза Султансанджарской и вскрытую часть Тахтинской скважин, а также разрезов Дарвазы и Серного Завода принадлежат осадкам пологих склонов или обширной равнины.

Фации застойных водоемов и торфяных болот, представленные в основном углистыми породами и прослойками угля, встречаются в виде отдельных линз среди отложений прибрежной равнины.

## В ы в о д ы

Осадконакопление начала юрского периода в пределах исследуемого района происходило в низинах рельефа палеозойских массивов. После заполнения этих впадин терригенными образованиями рассматриваемая территория превращается в обширную континентальную равнину с отдельными озерами, застойными водоемами. Условия тепло-го влажного климата способствуют пышному развитию растительного покрова.

В конце средней юры наступают преимущественно морские условия осадконакопления.

По петрографическому составу пород можно судить, что источниками обломочного материала являлись палеозойские массивы. Особенно большую роль в этом отношении играли Султан-Уиз-Даг, Кызылкумский свод и, по-видимому, Центральное Каракумское поднятие. Разрушению подвергались в основном кислые интрузивные и эффузивные породы.

Институт геологии  
ГГК СССР

Поступило  
22 марта 1964 г.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бабасев А. Г. — ДАН УзССР, № 4, 1959.
2. Гавриэлянец Г. А. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 4, 88, 1962.
3. Кулиев К., Богословский В. К. — Вопросы геологии Туркмении. Изд. АН ТССР, 1963.

А. И. ПРОСКУРҚО

### О ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД ТУРКМЕНИИ И ЗАПАДНОГО УЗБЕКИСТАНА

Общие вопросы петрогенеза и металлогении по отдельным регионам выяснены рядом советских исследователей, например, по Камчатке и Уралу А. И. Заварицким и Д. С. Коржинским; Кавказу Г. Д. Афанасьевым; Казахстану В. С. Коптевым-Дворниковым, а также зарубежными учеными.

Они выявили закономерные явления в образовании комплексов магматических пород и положение рудного пояса в ходе их становления.

Породы в различных геологических условиях формируются в сложной физико-химической обстановке. В одних условиях преобладает гравитационная дифференциация, в других важную роль играет ликвация, газовый перенос, смешение магм, метасоматический процесс, ассимиляция и т. д.

Металлогения магматических пород Туркмении остается до сих пор не изученной. Ни одного рудного месторождения (кроме Кугитангтау — не в пределах платформы) не выявлено, а тем более генетической связи с тем или иным магматическим комплексом. Вследствие этого нет возможности в одинаковой степени осветить металлогеническую характеристику каждого комплекса.

В данной статье мы охарактеризуем основные геохимические особенности магматических пород и металлогеническую специализацию магм на основании анализа распределения малых элементов, входящих в состав породообразующих и акцессорных минералов.

По материалам предварительного анализа металлогенической специализации магмы трудно согласиться с тем, что все магматические породы Туркмении практически безрудны.

Для изучения распределения малых элементов в породах различных комплексов проведены спектральные анализы пород и отдельных минералов в лабораториях УГиОН при СМ ТССР и Институтах геологии АН ТССР и АН ТаджССР.

Некоторые элементы (Ni, Co, Ti, Sn, Pb, Zn, Zr, Ba, TR) в различных количествах присутствуют почти во всех магматических породах. Например, повышенное содержание никеля (0,01%) в трахидолеритах Дарвазы и диоритах Кубатау. В последних в сотых долях процента находятся V и Sn. Кобальта в диоритах — 0,1%. Титан содержится почти

во всех породах от десятых долей до 1% (диориты). Ванадий в сотых долях процента присутствует в базальтах Бадхыза, диоритах, трахидолеритах, габброидах Фараба и спилитах Дарвазы, хром—в базальтах и габбро. Свинец и цинк содержатся в сотых долях процента в гранитах Карши, Кубатау, в конгломератах Фараба и биотитовых гранитах Кульджуктау, причем цинк преобладает над свинцом. В биотитовых гранитах Кульджуктау в сотых долях процента находятся кадмий и торий, а редкие земли—Yb, Ce—содержатся в десятых долях процента. Резкие колебания ряда элементов характерны для мало измененных первичных пород. Это выдвигает весьма важную задачу выявления закономерного их распределения по отдельным минералам. Необходимо отметить, что металлогеническая специализация магмы зависит, прежде всего, от количества вхождения их в порообразующие минералы, то есть минералы-носители. Одним из факторов, способствующих концентрации или рассеиванию редких элементов, является кристаллохимический, который определяет возможности и количество вхождения редких элементов в состав порообразующих и акцессорных минералов. Благоприятные структуры минерала-носителя для изоморфного вхождения редких элементов способствуют рассеиванию последних, что препятствует их накоплению в виде собственных минералов.

По геохимическому и кристаллохимическому родству (сходству R<sub>i</sub>, особенности структуры и др.) они тесно связаны с петрогенными элементами (бериллий, галлий с алюминием, германий с кремнеземом, стронций, редкие земли с кальцием). В таких порообразующих минералах (носителях или концентраторах малых элементов), как в биотите, амфиболе, пироксене, плагиоклазе, может рассеиваться значительное количество элементов-примесей.

Придерживаясь классификации Н. В. Таусона [3], кратко охарактеризуем редкие элементы магматических пород района исследования.

*Группа рассеянных элементов* (Ni, Co, Ti, Cr, V, Be, Ga, Ge; Sr; Ba) распространена в минералах неравномерно. Так, группа железа Ni, Co, Ti, Cr, V, примыкающая к группе железа рассеянных элементов, характерна лишь для пород повышенной основности. Никель концентрируется в десятых долях процента в пироксенах, титано-магнетите и магнетите и даже цирконе (габбро района Шах-Адам). В тысячных долях процента он входит в различные темноцветные и другие порообразующие, а также акцессорные минералы. Совершенно аналогично ведут себя кобальт, хром и ванадий. Несколько завышенное (до 1%) содержание кобальта в титано-магнетите габбро района Шах-Адам, кобальтпирите и сфене диорита Кубатау. В магнетите и кобальтпирите кобальт замещает закисное железо.

Никель, хром и ванадий в темноцветных минералах образуют больше изоморфных замещений, чем кобальт. Никель изоморфно замещает магний и закисное железо, так как магний и никель имеют одинаковые радиусы ионов (0,78), а закисное железо—близкий радиус иона (0,83 Å) и химически родственно никелю.

Хром и ванадий должны замещать окисное железо ( $R=0,64\text{Å}$ ;  $0,65\text{Å}$  и  $0,67\text{Å}$  соответственно). В сфене диоритов Кубатау кобальт образует субмикроскопические выделения собственного минерала, так как темные минеральные включения нами наблюдались в сфене образца № 117а, а спектральным анализом подтверждается присутствие кобальта.

В какой форме никель содержится в цирконе—не ясно, так как механических примесей не наблюдается; циркон бесцветный или слабо-розового цвета. По-видимому, никель замещает цирконий, потому что радиус иона циркония  $0,87\text{Å}$ , а никеля  $0,78\text{Å}$ .

Что же касается титана, то он, кроме пород более основных, характерен для сфен-, циркон- и ильменитсодержащих гранитоидов. До 1% и более титан содержится в пироксене габбро-долеритов, трахидолеритов, амфиболовом габбро, а также в биотите гранитов Кульджуктау, Кубатау, Дарвазы и в хлорите гранитов Дарджа и спилитов Дарвазы. Десятые доли процента титана содержатся в магнетите. Какой-либо определенной закономерности в колебании содержания титана в магнетите не выяснено. Повышенное содержание его в титано-магнетите диабазов Фараба, Ташкудука, габбро Кугитангтау и дайках Красноводска, а по сравнению с гранитоидами, в более основных породах содержание титана в магнетите несколько больше.

Бериллий, по данным А. И. Беуса [1], находится в тесной связи слетучими компонентами, в частности, с фтором. Это находит свое место в гранитоидах Кульджуктау, где он задерживается в небольшом количестве в биотите, флогопите (0,01%). Такое же количество бериллия присутствует в сфене данных гранитов и в тысячных долях процента — в цирконе.

Вообще бериллий не характерен для магматических пород Туркмении. Его ничтожная доля (около 0,001%) рассеивается в пироксене, амфиболе, хлорите, плагиоклазе и других минералах. Самостоятельного минерала бериллий не образует.

Галий и германий, как указывает Н. В. Таусон [3], геохимически тесно связаны с алюмосиликатами, как с минералами-носителями; концентраторами являются пироксен, амфибол, биотит и др. Галий, изоморфно замещающий алюминий, а германий — кремнезем, рассеиваются в пороодообразующих минералах.

Спектральным анализом галий отмечается в сотых долях процента в биотитовых гранитах Кульджуктау и в марганцево-рудной брекчии красных гранитов Кубатау. В ничтожном количестве (0,001%) он присутствует в сфене, цирконе и сфалерите гранитов Кульджуктау, а также в различных темнокветных и бесцветных пороодообразующих минералах различных магматических пород Туркмении.

Таким образом, некоторая концентрация галия характерна для гранитоидов позднегерцинского цикла магматизма, в частности, для биотитовых гранитов Кульджуктау.

Для германия и особенно для сфалерита характерна концентрация минералов гидротермального происхождения. Германий в магматических породах Туркмении присутствует в ничтожном количестве (0,001%) в биотите и микроклине гранитов Кульджуктау, в магнетите диоритов Кубатау, а также в постмагматических минералах — эпидоте, галените и в марганцево-рудной брекчии красных гранитов Кубатау. В титансодержащий магнетит диоритов Кубатау германий, по-видимому, вошел благодаря близости структурных особенностей  $\text{GeO}_2$  и  $\text{TiO}_2$ . Ионный радиус германия равен 0,44Å, что затрудняет вхождение его в решетку магнетита ( $\text{Ri, Fe}^{+3}=0,67\text{Å}$ , а  $\text{Ri, Fe}^{+2}=0,83\text{Å}$ ). Однако в стерильных от титана пробах магнетита, по данным А. Кулиева, имеется повышенное содержание германия.

Высокое содержание германия в магнетите необъяснимо изоморфным замещением, в связи с большой разницей в величинах радиусов ионов. По-видимому, в Кугитанге германий находится в других соединениях  $\text{GeO}_2$  или  $\text{GeS}$ , или аморфного рассеивания.

Стронций и барий. Барий — широко распространенный элемент в различных магматических породах Туркмении и по данным спектрального анализа явно преобладает над стронцием как в породах в целом, так и в отдельных минералах.

Высокое содержание (до 1%) бария отмечается в пироксенах габбро-долеритов и трахидолеритов Дарвазы и в биотите гранитов Серного Завода (скважина № 16). От 0,1 до 1% бария обнаружено в цирконе Красноводска, Дарвазы, Кульджуктау. Возможно, часть зерен барита была принята за бесцветный циркон, так как большая разница в величинах радиусов ионов (0,87—циркония и 1,43—бария) исключает их изоморфные замещения.

Сотые доли процента бария содержатся в амфиболе и хлорите диоритов Кубатау, в биотите и плагиоклазе гранитов Карши, в плагиоклазе габброидов Красноводска, в биотите и флогопите гранитов Кульджуктау, в хлорите туфоконгломератов Фараба. Характерно, что барий входит (около 0,01%) в состав различных акцессорных минералов, в том числе в сфен серых гранитов Кульджуктау, в магнетит гранитов и диоритов Кубатау (скважины № 117, 119), циркон туфа кварцевого порфира Дарвазы (скважина № 13) и в кобальтпирит диоритов Кубатау, а также марганцевородную брекчию красных гранитов Кубатау.

*Группа акцессорных (малых) элементов Y, Zr, Hf, Th, TR* находится в изоморфной примеси в акцессорных и породообразующих минералах различных магматических пород. Однако распределение их в отдельных комплексах крайне неравномерно.

Известно, что редкие земли накапливаются в остаточном расплаве. Это находит свое подтверждение и в магматических породах Туркмении. Так, в породах завершающей фазы магматической деятельности позднегерцинского цикла они образуют в отдельных случаях собственные минералы ортит и ксенотим (граниты Дарджа, скважина № 179), или изоморфно входят в сфен, циркон, апатит и другие акцессорные минералы. В породообразующих минералах пород повышенной основности, например в амфиболе, лантан преобладает (0,01%) над иттриевой группой (0,001%). В большинстве же пород повышенной основности в амфиболе и пироксене редкие земли почти совершенно отсутствуют.

Церий-лантановая группа редких земель явно преобладает (до 1%) над иттриевой группой в флогопите гранитов Кульджуктау, в хлорите гранитов и кварцевых диоритов Кубатау. В сотых долях процента эта группа содержится в марганцевородной брекчии красных гранитов Кубатау. Что же касается иттриевой группы, то она более характерна для плагиоклазов гранита Карши (0,01%), в то время как цериевая группа в более древних гранитах совершенно отсутствует. То же самое наблюдается и в барите Карши, а также в апатите биотитовых гранитов и диоритов района Шах-Адам и конгломератов Фараба, в магнетите конгломератов спилита и в пирите биотитовых гранитов Дарвазы (скважина № 17).

В сфене гранитов Кульджуктау обе группы редких земель присутствуют в равных количествах (0,1%). Наличие полного изоморфизма Е. И. Семенов [2] объединяет в комплексный класс редких земель.

По данным спектрального анализа различных магматических пород Туркмении намечается преобладание иттриевой группы в породах более ранних циклов завершающих фаз магматической деятельности, а цериевой группы — в породах более поздних циклов, но также завершающих фаз магматизма.

Иттриевая группа входит в состав циркона, независимо от времени формирования породы, в то время как цериевая группа в цирконе совершенно отсутствует. По-видимому, иттербий изоморфно замещает цирконий, так как разница в величинах радиусов ионов не превышает 15% (0,86 — циркония и 1,00 — иттербия).

Лантан и церий имеют соответственно величины радиусов ионов 1,22Å и 1,18Å, в связи с чем они могут изоморфно замещать калий и

кальций в амфиболе, флогопите и хлорите. Иттрий и иттербий имеют величины радиусов ионов соответственно 1,06Å и 1,00Å, в связи с чем они могут изоморфно замещать натрий и кальций в плагиоклазе, кальций в апатите и сфене.

Торий (0,01%) присутствует лишь в цирконе и сфене серых гранитов Кульджуктау, а также в ортитах гранитов Дарджа (0,1%). Сонахождение тория с ортитом и сфеном в гранитах Туркмении вполне закономерно, так как торий (Ri-1, 1Å) связан с элементами цериевой группы в кальциевых минералах. По гранитам, в целом, района Кульджуктау спектральные анализы дают сотые доли процента тория. Таким образом, биотитовые граниты Кульджуктау можно отнести к ториевому типу гранитов, где носителем его являются плагиоклаз и слюда, а концентратом—акцессорные минералы.

Цирконий и гафний. Размещение циркония в различных породах и минералах различное. Кроме собственного минерала циркона, цирконий и гафний входят в изоморфную примесь в темноцветные породообразующие минералы: пироксен (габбро Красноводска), биотит, флогопит (гранитоиды Кульджуктау), хлорит и хлоритизированный биотит—различных гранитоидов и спилитов, лабрадор—основных эффузивов Бадхыза, микроклин и плагиоклаз—гранитоидов Кульджуктау, а также в акцессорные минералы: апатит, сфен, ксенотим, ортит, магнетит, ильменит.

Следует подчеркнуть, что наиболее богаты данной группой граниты района Кульджуктау.

Ниобий в виде самостоятельного минерала колумбита в протолочках магматических пород Туркмении не обнаружен. Он изоморфно входит в состав биотита и флогопита гранитов Кульджуктау, хлорита и ильменита гранитов Дарджа, то есть в граниты последних фаз позднегерцинского цикла магматизма.

*Рудные элементы* (Pb, Zn, As, Bi, Cu, Mo, Cd, Sn, Mo) магматических пород Туркмении находятся в рассеянном состоянии. Главная форма существования их в виде изоморфных примесей породообразующих и акцессорных минералов. В подчиненном количестве рудные элементы образуют микроскопические выделения собственных минералов.

Наиболее характерными рудными элементами являются медь, свинец и цинк. Распространение этих элементов как в различных породах, так и в минералах крайне неравномерно.

Медь входит в ничтожном количестве (0,001%) в виде изоморфной примеси в темноцветные минералы пироксен, амфибол и хлорит основных интрузивных и эффузивных пород, в биотит гранитов Кульджуктау и Кубатау. Примерно такое же содержание меди в основном плагиоклазе базальтоидов Бадхыза и габбро Красноводска, олигоклазе и микроклине розовых гранитов Кульджуктау. Медь входит в решетку акцессорных минералов: циркона (0,001%), магнетита (0,005%), сфена (0,001%), гранитов Кульджуктау, диоритов Кубатау и в решетку апатита (0,01%) гранитов и диоритов района Шах-Адам.

Субмикроскопические выделения халькопирита встречаются в зернах кварца кварцевых порфиров и липарито-дацитов Дарвазы (скважины № 4, 13). В виде рудной вкрапленности единичных зерен халькопирит встречен в протолочках гранитов скважин № 2, 16, 179, в катаклазированных гранитах Карши (скважина № 1), габбро Фараба, Туаркыра, в спилитах Фараба, Каганской группы поднятий и в дайковом комплексе основных и кислых пород Красноводска. Наибольшее его количество (до 0,15% от массы породы) встречается совместно с пиритом в трахи-

долеритах и габбро-долеритах Дарвазы (скважина № 37). В эпигенетической форме молекулярных ( $\text{CuO?}$ ) соединений медь находится в марганцеворудной брекчии красных гранитов Кубатау. Спектральный анализ дает содержание меди свыше 1%.

Свинец, совместно с цинком и подчиненным количеством серебра и кадмия, встречается в десятых долях процента в цирконе гранитов Кульджуктау. В сотых долях процента он входит в состав биотита, плагиоклаза и микроклина данных гранитов. Арсеникум в сотых долях процента находится в слюде гранитов Кульджуктау, а также, совместно с висмутом, в сфене, цирконе гранитов и в магнетите диоритов Кубатау. В виде микроскопических выделений собственного минерала галенита и сфалерита свинец и цинк встречаются в туфоконгломерате Фараба, дайках кварцевых порфиров Шах-Адама, дацитах Карадага, гранитах Кульджуктау и Кубатау.

Молибден отмечен спектральным анализом в сотых долях процента лишь в марганцево-рудной брекчии гранитов верхнекарбонового возраста района Кубатау.

Олово обычно не образует самостоятельных минералов в магматических породах Туркмении. Единичные зерна касситерита встречены в гранитах Кубатау (скважина № 117, глубина 351 м). В изоморфной примеси олово в тысячных долях процента присутствует в кобальтпирите, магнетите диоритов (скважина № 117), биотите, флогопите, хлорите, сфене и цирконе гранитов Кульджуктау.

Необходимо отметить, что биотит и флогопит позднегерцинских гранитов являются концентраторами редких элементов, включая цирконий, неодим, барий, редкие земли. Носителями некоторых элементов, например, циркония, свинца, цинка, бария и др., являются полевые шпаты данных гранитов. Кроме того, в аксессуарных минералах гранитов Кульджуктау, в частности, в сфене, цирконе, концентрируются также редкие элементы. По насыщенности магмы малыми элементами близко к гранитам Кульджуктау находятся граниты и диориты верхнекарбонового возраста района Кубатау и Каганской группы поднятий. Таким образом, наиболее обогащенная металлогенической специализацией является магма, за счет которой сформировался верхнекарбоновый комплекс пород.

Сульфидные минералы, в состав которых входит сера (элемент летучий при высоких температурах), встречаются в собственно магматических породах в ничтожном количестве. Они находятся в состоянии почти полного рассеивания, не образуя концентрации. Очевидно, это связано с тем, что гранитоиды Дарвазы и Прикарабугазья имеют глубокий эрозионный срез. Гидротермальная минерализация (барито-марганцевая, гематито-сидеритовая) встречается в зонах разломов Кубатау, Туаркыра, Дарвазы (скважина № 37) и др. Это ряд мелких рудопроявлений, связанных с магматическими образованиями поздних этапов магматической деятельности.

### Выводы

Приведенные данные по распространению редких элементов указывают на необходимость их использования как геохимических критериев при решении петрогенетических и металлогенических вопросов магматических комплексов данного района.

Туркменский политехнический  
институт

Поступило  
19 декабря 1963 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Беус А. И. — Закономерности распределения бериллия в изверженных породах. Тр. геохимического симпозиума 1957 г. Изд. АН СССР, М., 1959.
2. Семенов Е. И. — Изоморфизм и эндокрипция редких земель. Геохимия, № 1, 1957.
3. Таусон Н. В. — Геохимия редких элементов в гранитоидах, М., 1961.
4. Известия № 4

К. ТОМАШАЕВ

### КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА ВЕРХНЕЮРСКИХ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД КУГИТАНГА

Нами коллекторские свойства верхнеюрских карбонатных пород изучались в связи с их литолого-петрографическими особенностями по каменным материалам из обнажений. Изучено два разреза, один из которых приурочен к центральной части антиклинали Кугитанга (вершина Айры-Баба), другой — к северо-восточной переклинали (ущелье Танги-Дувал) и расположен в 25—30 км северо-восточнее от первого и в 20—25 км от пос. Свинцового рудника. Келловей-оксфордские породы в исследуемых районах состоят из 9 горизонтов: пять нижних относятся к келловей, а четыре верхних к оксфорду.

*Горизонт известковистой глины* по литологическому составу делится на две пачки.

Первая пачка в разрезах Айры-Баба и Танги-Дувала состоит из алевроитов и переслаивающихся алевролитистых глин и известняков. Мощность пачки 6—7 м.

Вторая пачка образована довольно однообразными темно-серыми с зеленоватым оттенком крепкими известковистыми и алевроитовыми глинами. Мощность горизонта в разрезах Айры-Баба (77,10 м, Танги-Дувала 62,50 м.

*Горизонт глинистого мергеля* слагается четырьмя пачками, которые имеют в основном одинаковое строение в обоих указанных разрезах.

Первая пачка представлена темно-серыми массивнослоистыми, крепкими известняками, состоящими из органогенных обломков (до 5 мм) и онколитовых клубочков. Мощность пачки в Айры-Баба 6 м, в Танги-Дувала 5,5 м.

Вторая пачка состоит из серых, темно-серых с зеленоватым оттенком, алевролитистых и сильно известковистых глин. Мощность — 12,5—13,5 м.

Третья пачка образована цепочковидно расположенными конкрециобразными комками мергеля, имеющими округлые или удлиненные формы и включенными в глинистый мергель. Мощность ее 13,7—14,3 м.

Четвертая пачка представлена темно-серыми, серыми с зеленоватым оттенком, крепкими мергелями. Мощность пачки 14,5—15,20 м. Мощность горизонта в Айры-Баба 49,7 и Танги-Дувала 39,4 м.

*III. Горизонт известковистого мергеля* состоит из двух литологически отличных пачек.

Первая пачка представлена серыми, темно-серыми с коричневатым оттенком, крепкими известняками из водорослевых клубочков и органогенных обломков. Мощность 2,5—3,2 м.

Вторая пачка образована мергелями двух разновидностей, отличающихся содержанием карбоната кальция и терригенных материалов. Первая разновидность темно-серые, крепкие, комковатые, известковистые мергели с карбонатностью 60—80%. Мергели второй разновидности с карбонатностью до 40% переслаиваются описанными комками и выполняют промежутки между ними. Мощность горизонта в разрезе Айры-Баба 44,4 м, Танги-Дувала 34,5 м.

*IV. Горизонт глинистого известняка* в разрезе Айры-Баба и в Танги-Дувала в нижней половине состоит из органогенно-обломочного и водорослевого известняка, а в верхней представлен глинистыми известняками, местами обогащенными алевроитовыми материалами и прослоями органогенного и водорослевого известняка. Мощность горизонта в разрезах Айры-Баба 40,30, Танги-Дувала — 32,00 м.

*V. Горизонт толстослоистых органогенных известняков* в разрезе Айры-Баба (70 м) и в Танги-Дувала (50 м) представлен шламовыми, шламово-микросгустковыми известняками с примесью органогенных обломков, часто обросших синезелеными водорослями. Вверху (20 м) в Айры-Баба порода образована переслаивающимися криноидно-полидетритовыми и шламово-микросгустковыми известняками с множеством стяжений кремней. В разрезе Танги-Дувала верхняя часть горизонта (25 м) образована следующими слоями.

1. Известняк массивный, комковатый (0,02—1,5 мм) с примесью детрита и шлама. Органогенные обломки (до 2,5 мм) представлены криноидеями, брахиоподами, мшанками, фораминиферами и звездочками голотурий. В кровле известняк обогащается оолитами и идиоморфными кристаллами кварца. Мощность 5,2 м.

2. Переслаивание комковатого (0,06—1,2 мм) и оолитового (0,05—1,00 мм) известняка с примесью органогенных обломков (до 2,5 мм). Местами порода обогащается шламовыми материалами. Мощность 5,60 м.

3. Известняк оолитовый (0,05—1,2 мм) с примесью разнообразного детрита размером до 2 мм и комочков (0,08—1,5 мм). В кровле отмечаются ромбоэдри доломита. Мощность 2,2 м.

4. Доломит мелко- и среднезернистый (0,02—0,6 мм) с преобладанием 0,1 мм, желтоватый, песчаниковидный. Внизу среди доломитовых кристаллов присутствуют органогенные обломки, комочки и оолиты. Мощность 4,5 м.

5. Известняковый песчаник, состоящий из разнообразных (до 2,5 мм) по величине комочков с примесью оолита и окатанных органогенных обломков. Мощность 2,30 м.

6. Переслаивание комковатого известнякового песчаника и песчаника криноидного (0,05—2,5 мм) с примесью оолитов (до 1 мм) и со стяжениями кремней. Мощность 5,8 м.

7. Доломит мелко- и крупнозернистый, крепкий, на изломе кристаллический, блестящий. Мощность 1,8 м. Мощность пачки 27,40. Общая мощность горизонта в Танги-Дувала 80,20 м.

*VI. Горизонт мелко- и листоватослоистых микрзернистых известняков.* В разрезе Айры-Баба этот горизонт сложен крипто- и микрзернистым известняком с прослоями кальцитизированных доломитов мощностью 0,55 м, в нижних 20 м, водорослевым биогермом в верхнем (47,60 м) горизонте. Мощность горизонта здесь 128 м.

В разрезе Танги-Дувал данный горизонт представлен следующими слоями.

1. Известняк шламово-микросгустковый (до 0,06 мм) с примесью детрита (1—2 мм) и комочков (0,2 мм). Мощность 16,30 м.

2. Известняк шламово-микросгустковый (0,06 мм), комковатый, органогенно-обломочный. Вверху появляются кристаллики доломита. Мощность 2,90 м.

3. Известняк комковатый (0,5 мм), доломитизированный (0,02—0,07 мм). Мощность 1,8 м.

4. Известняк шламово-микросгустковый (до 0,06 мм) с примесью комочков (0,05—0,6 мм) и органогенного детрита, образованного обломками пелеципод, криноидей, мшанок и др. Мощность 2,6 м.

5. Известняк комковатый (0,5 мм), полидетритовый (1,5 мм), в подошве с примесью мельчайшего сгустка (до 0,06 мм.) Вверху известняк обогащается оолитами (до 0,5 мм). Мощность 2,5 мм.

6. Известняк оолитовый (до 0,6 мм) с примесью комочков (до 0,5 мм) и органогенных обломков (1,5 мм). Мощность 2,6 м.

7. Пересланванце комковатого, оолитового известняка с мелкозернистыми (0,1—0,3 мм) буроватыми песчаниковидными, некрепкими доломитами. Мощность 4,5 м.

8. Известняк шламово-микросгустковый с примесью детрита. Мощность 81,2 м. Общая мощность горизонта в разрезе Танги-Дувала равна 114,4 м.

*VII. Горизонт волнистослоистых мелкозернистых и мелкослоистых комковатых известняков* делится на два типа, состоящих из шести чередующихся пачек.

Первый тип — это серые и темно-серые крепкие волнисто-слоистые известняки с раковинистым изломом. В разрезе Айры-Баба развиты в интервалах 0,1—7,0 м; 21,70—34,50; 40,70—57,90 м; а в Танги-Дувала в интервалах 0—13,0; 22,30—39,50; 44,50—58,40 м. Микроскопически эти породы состоят из крипто- и мелкозернистого кальцита с примесью шлама и детрита и с редкими зернами и идиоморфными кристаллами кварца.

Второй тип — это серые и темно-серые мелкослоистые известняки с раковинистым и неровным изломом. Местами они пористые за счет выщелачивания тонкозернистых кальцитовых включений. Развиты в разрезе Айры-Баба в интервалах 17,0—21,70; 34,50—50,70; 57,90—64,60 м; а в Танги-Дувала в интервалах 14,50—22,30; 38,50—44,50; 58,40—63,20 м. Микроскопически известняки кроме крипто- и мелкозернистого кальцита содержат от 5 до 30% в нижних двух пачках и до 50—55% в верхней пачке шламово-микросгусткового и мелкокомковатого материала. Отмечаются примеси детрита и шлама, причем относительно большим их содержанием отличается разрез Танги-Дувала. Цементируются эти фрагменты микро- и тонкозернистым и очень редко мелкозернистым кальцитом. Общая мощность горизонта в разрезе Айры-Баба равна 64,65 м, в Танги-Дувала—63,2 м.

*VIII. Горизонт массивнослоистых комковатых известняков* подразделяется на три пачки.

Первая пачка мощностью в разрезе Айры-Баба 13 м и Танги-Дувала 11,5 м состоит из серого, темно-серого массивного с кремневыми стяжениями доломитизированного известняка, состоящего из округлых микро- и криптозернистых комочков и органогенных обломков, представленного обломками пелеципод, брахиопод, мшанок и других организмов.

Вторая пачка в разрезе Айры-Баба сложена серым и темно-серым массивнослоистым известняком из крипто- и мелкозернистых кальци-

товых комочков и органогенных обломков. Последний представлен обломками пеллеципод, брахиопод, гастропод, мшанок, крinoидей и фораминифер. Встречаются гидроидные полипы и синезеленые водоросли типа онколит. Мощность 55 м. Разрез Танги-Дувала в основном сходен с вышеописанным, однако имеет ряд характерных отличий. Известняки здесь в основной массе состоят из разнообразных по форме и размерам крипто- и микрозернистых кальцитовых комочков, здесь обычно больше органогенного детрита и чаще присутствуют водорослевые клубочки. Примерно в 7 м от подошвы горизонта отмечаются примеси оолита. Мощность пачки 50,8 м.

Третья пачка в разрезе Айры-Баба и Танги-Дувала состоит из желтоватого и коричневатого массивного, а ближе к кровле тонко-слоистого мелкозернистого доломита с редкими крупными кристаллами кальцита. Мощность пачки в разрезе Айры-Баба 3,5, в Танги-Дувала 3,2 м. Общая мощность горизонта соответственно 71,5 и 65,5 м.

Таблица 1

Типы пород	Количество образцов	Пористость, %		
		минимальная	максимальная	средняя
Алевролит	8	0,80	2,3	1,4
Глина известковистая алевритистая	10	0,30	1,70	1,10
Мергель алевритистый, местами комковатый	15	0,10	0,70	0,35
Известняк глинистый алевритистый	10	0,40	1,70	1,20
Известняк глинистый	12	0,16	1,21	0,52
Известняк водорослевый, органогенно-обломочный	16	1,0	2,60	2,30
Известняковый песчаник, состоящий из крипто- и микрозернистых кальцитовых комочков и окатанных органогенных обломков	6	1,50	2,10	1,70
Известняк шламовый с примесью органогенных обломков	14	0,15	1,23	0,73
Известняк шламово-микрогустковый с редкими мелкими органогенными обломками	20	0,47	4,45	2,10
Известняк микрокомковатый	8	0,26	0,46	0,35
Известняк комковатый	12	2,07	6,75	3,05
Известняк комковатый с примесью органогенных обломков	18	1,50	2,15	2,05
Известняк комковатый, доломитизированный с примесью органогенных обломков	7	0,57	1,59	1,25
Известняк крипто- и микрозернистый	25	0,19	2,10	1,25
Известняк крипто- и микрозернистый с примесью шлама, органогенных обломков и крипто- и микрозернистых кальцитовых комочков	12	0,63	1,13	0,85
Известняк крипто- и микрозернистый с тонкозернистыми кальцитовыми включениями	22	1,42	5,40	3,20
Известняк оолитовый	8	1,50	9,14	4,44
Известняк оолитовый с примесью крипто- и микрозернистых кальцитовых комочков, органогенных обломков и с высоким содержанием крупно- и тонкозернистого кальцитового цемента.	4	0,52	0,90	0,70
Доломиты разнообразные	7	1,03	7,90	3,18

*IX. Горизонт толстослоистых микрозернистых и комковатых известняков* состоит из четырех пачек.

Первая пачка в обоих разрезах представлена темно-серыми толстослоистыми крепкими крипто- и микрозернистыми известняками, местами с примесью органогенного детрита и мельчайших сгустков и комочков. Мощность пачки в разрезе Айры-Баба 35,20, в Танги-Дувала +8,5 м.

Вторая пачка в разрезе Айры-Баба слагается серыми, темно-серыми толстослоистыми крепкими, местами доломитизированными, комковатыми и оолитовыми известняками с редкими обломками фауны. Разрез Танги-Дувала в основном аналогичен первому, но здесь отсутствует доломитизация. Мощность пачки в разрезе Айры-Баба — 31,1 м; в Танги-Дувала 31,5 м.

Третья пачка в разрезах Айры-Баба и Танги-Дувала сложена темно-серыми толстослоистыми крепкими крипто- и микрозернистыми известняками с редкими обломками (фораминифер и гастропод). Мощность соответственно равна 29,4 и 29,60 м.

Четвертая пачка в разрезе Айры-Баба (14,1 м) образована постепенно сменяющимися снизу вверх микросгустковыми комковатыми известняками с редкими мелкими раковинками фораминифер и обломками мшанок (23 см), известняками оолито-пизолитовыми (72 см), строматолитовыми известняками (75 см) и известняковыми гравелито-конгломератами (8 см). В разрезе Танги-Дувала четвертая пачка (11,45 м) слагается темно-серыми и серыми крепкими с неровным и оскольчатым изломом, микросгустковыми, комковатыми и слабо доломитизированными крипто- и микрозернистыми известняками. Мощность пачек 107 и 105 м.

Общая мощность келловей-оксфорда в разрезе Айры-Баба 670, Танги-Дувала 606 м.

Коллекторские свойства верхнеюрских карбонатных пород Кургитанг-Тау даны в табл. 1.

Из приведенных данных видно, что грубые разности (крупнообломочные, водорослевые, комковатые, оолитовые) известняков, доломитизированные известняки, а также разнообразные доломиты отличаются относительно высоким значением пористости (до 9%). Высокое содержание цемента в этих крупнофрагментарных породах отрицательно влияет на значение пористости.

Следует остановиться на одной характерной особенности крипто- и микрозернистого известняка, который слагает преобладающую часть горизонта мелко- и листоватослоистых микрозернистых известняков, горизонта волнистослоистых микрозернистых и мелкослоистых комковатых известняков и горизонта толстослоистых микрозернистых и комковатых известняков. В этих известняках часто встречаются тонкозернистые кальцитовые включения. Содержание их в породе не больше 10—15%, в редких случаях достигает 35—40%. Форма таких включений разнообразная — округлые, неправильные, но больше всего трубчатые. Размеры их находятся в пределах 0,03—2,5 мм. Изредка внутри них наблюдается непрозрачное темное вещество, по-видимому, органического происхождения. В некоторых интервалах эти включения сообщаются между собой тончайшими извилистыми каналцами, также состоящими из тонкозернистого кальцита. Обычно в этом случае они имеют относительно высокую проницаемость (до 5,40%). Изредка включения бывают полыми, причем в одном случае последние связаны с выветриванием, в других же случаях они обязаны своим происхождением диагенезу (долитификационный).

## Выводы

Наиболее перспективными в отношении нефтегазоносности верхнеюрских карбонатных пород могут быть разнообразные крупнофрагментарные известняки, доломитизированные известняки, доломиты, а также крипто- и микрозернистые известняки с сообщающимися включениями тонкозернистого кальцита.

Институт геологии  
ГГК СССР

Поступило  
18 июня 1964 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бакиров А. А., Пронина А. М. — Нефтегазоносные области Ближнего Востока и Юго-Восточной Азии.
2. Жуковский Л. Г., Кеаш Ю. В., Сотириади К. А.—Тр. ВНИГНИ, вып. XXIII, Л., 1959.

В. В. ДЖАБАРОВА  
З. Д. КУЛИЕВ  
М. НАЗАРОВ

## К СТРАТИГРАФИИ ПАЛЕОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАДХЫЗА

В 1962—1964 гг. авторами изучены 4 разреза палеоценовых отложений Бадхыза: пр. Зюльфагар, к. Мелегран, пр. Рахматур и Пуль-и-Хатун. Послойное изучение разрезов позволило провести некоторые уточнения существующей [1—5] схемы подразделения и выделить впервые нижний палеоцен. На основании различия литологического состава пород и комплексов органических остатков палеоценового отложения Бадхыза подразделены на 4 пачки, из которых, первая терригенно-карбонатная пачка по возрасту соответствует нижнему палеоцену, выше лежащие пачки (II—III—IV) отвечают осадкам верхнего палеоцена (табл. 1).

Четырехчленное деление палеоценовых отложений четко прослеживается и на закрытой территории Бадхыза (скважины № 29, 30, 1-т, 9-т), на западе—в районе ущ. Пеленговали и на большей части Юго-Восточной Туркмении.

### Нижний палеоцен

*Пачка I (терригенно-карбонатная)\**, согласно залегая на подстилающих красноцветных отложениях (гезгядыкская свита по П. И. Калугину [6], каньюльская свита по С. П. Вальбе), представлена терригенно-карбонатными породами, в состав которых входят песчаники, известняки, глины, алевролиты, доломиты. Нижняя часть пачки образована устричником с многочисленными *Gryphaea turcomanica* Dmitr., *Ostrea* sp. 1, *Ostrea* sp. 2. Средняя, большая по мощности часть ее складывается в основном песчаниками, мшанковыми известняками с прослоями глин и алевролитов. Разрез пачки венчается в районе к. Мелегран и Пуль-и-Хатун глинами; доломитами — в разрезе Зюльфагар и песчаниками — в районе Рахматур. Мощность пачки изменяется в пределах 33—41 м.

Фаунистические остатки, встреченные в пачке I, отличаются разнообразием, особенно в сравнении с остатками из подстилающих слоев, здесь присутствуют: моллюски (пеллециподы и гастроподы), фораминиферы, остракоды, мшанки, зубы акул. Среди пластинчатожаберных наиболее характерны местные эндемичные виды: *Gryphaea turcomanica* Dmitr., *Ostrea* sp. 1, *Ostrea* sp. 2, *Pectunculus* sp., *Cucullaea* sp., *Cardita* sp.

\* Низы нижней части бухарских слоев по В. И. Солуну и др. [5].

В отложениях встречаются также *Ostrea* ex gr. *montensis* Cossm., *Laevicardium trifidum* Desh., *Corbula* cf. *semirugata* Cossm., *Calyptraea suessoniensis* Orb. Типичные представители последних видов известны из нижнепалеоценовых отложений некоторых районов Европейской части СССР и Западной Европы.

Из фораминифер преобладают раковины из сем. Miliolidae, встречаются: *Anomalina ekblomi* (Brotz.), *A. danica* (Brotz.), *A. aff. welleri* Plum., *laevis* Vass., *A. aff. aspera* Brotz., *Cibicides vassilenko* Lipman, *C. commatus* Moroz., *Nonionella* sp., *Globorotalia* ex gr. *conicotruncata* Subb., *Nummulites* sp.

Большая часть обнаруженных видов фораминифер имеет широкое вертикальное распространение в дат-палеоценовых отложениях СССР.

Стратиграфическое положение пачки I между маастрихт-датскими отложениями и породами верхнего палеоцена, присутствие нижнепалеоценовых видов моллюсков и фораминифер позволяет считать возраст ее нижнепалеоценовым.

### Верхний палеоцен

*Пачка II (карбонатная)\*.* Отложения пачки I покрываются органично-обломочными, оолитовыми известняками, содержащими многочисленные остатки моллюсков, фораминифер, остракод, морских ежей и клешней крабов. Последние образуют местами целые горизонты\*\*. Среди известняков наблюдаются прослои алевролитов, мергелей.

В средней части пачки в разрезе Мелегран прослежен пласт гипса (мощностью 3—5 м), в районе Пуль-и-Хатун отмечен горизонт остракодо-гастроподового известняка мощностью 8 м и пласт известняка с морскими ежами мощностью 4 м. Мощность пачки II составляет 35 м.

Состав органических остатков пачки II существенно отличается от фауны подстилающих и покрывающих слоев. Здесь совершенно отсутствуют створки крупных устриц рода *Gryphaea*, крайне редки остреи, зато многочисленные представители родов: *Corbis*, *Lucina*, *Gari*, *Pectunculus*, *Cardita*, *Thracia*, наряду с которыми присутствуют в массовом количестве клешни крабов, остракоды, нониониды и своеобразные морские ежи. Для определения возраста наиболее характерны пластинчатожаберные и брюхоногие моллюски, которые представлены следующими видами: *Lucina prevosti* Desh., *L. gravesii* Desh., *Corbis davidsoni* Desh., *C. cf. transversaria* Cossm., *Gari debilis* Desh., *Laevicardium trifidum* Desh., *Pectunculus volgensis* Netsch., *P. terebratularis* Lam., *Corbula* cf. *koeneni* Cossm., *Thracia* ex gr. *prestwichi* Desh., *Calyptraea suessoniensis* Orb. и др.

Преобладающая часть этих видов распространена в верхнепалеоценовых (тенетских) отложениях СССР и Западной Европы, на что в свое время было указано В. И. Солуном и др. [5]. Помимо верхнепалеоценовых видов встречаются и нижнепалеоценовые: *Laevicardium trifidum* Desh., *Corbis* cf. *transversaria* Cossm., *Corbula* cf. *koeneni* Cossm., *Calyptraea suessoniensis* Orb. Здесь впервые для Бадхыза в средней части разреза обнаружен горизонт, в котором встречена масса остракод, а также большое количество раковин фораминифер из семейства *Nonionidae*. И. А. Хохловой и В. Ли из остракод определены: *Schuleridea* sp., *S. trivialis* Li (масса), *Cytheretta grande* Li, *Trachyleberis suzakensis adrasmaensis* Mandel., *T. scabra* (Munst.), *T. limbatoformis* Rossieva, *Focytheropteron* ex gr. *kaliskyi* Mandel., *Xestoleberis vegata* Li.

\* Верхняя часть бухарских слоев схемы В. И. Солуна и др. [5].

\*\* Верхняя часть пачки II соответствует мелегранскому горизонту по О. С. Вялову [4].

Сопоставление взглядов на стратиграфическое расчленение палеоценовых

О. С. Вялов [2]		Части слоев	В. И. Солун и др. [5]	О. С. Вялов, [4]				
Возраст	Состав отложений		Состав отложений	Возраст	Ярус	Свиты и части яруса	Местные горизонты	
Бухарский ярус	глинистые песчаники	Верхняя	песчаники	Палеоцен (тенетский и монский ярусы)	Бухарский	Верхняя	хочильорский песчано-мергельный горизонт	песчаный горизонт с <i>Liostrea reussi</i>  мергельный горизонт с <i>Gryphaea antiqua</i>
	песчаники, ракушники и гипсы	Средняя	гипсы, известняки			Средняя	гипсоносная толща	
		Нижняя	известняки песчанистые, песчаники с детритом алевроитовые			Нижняя	песчано-глинистая, устричная толща	мелегранский горизонт с крабами

Из фораминифер обнаружены: *Nonion* sp. 1, *Nonion* sp. 2, *Nonion* sp. 3, *Nonion* ex gr. *laevis* (Orb.), *Nonionella* sp. 1 (ex gr. *angusta* Chalil.), *Nonionella* sp. 2 (aff. *maragensis* Chalil.), а также *Rotalia morozovae* Kuliev, *Pseudoparella minuta* Olson, *Cibicides mammilatus* Brotz., *Nummulites solitarius* de la Harpe (определение Н. Н. Бархатовой). Э. М. Буровой [7] из этой части разреза определены: *Quinqueloculina* cf. *compacta* Serova, *Triloculina* cf. *trigonula* (Lam.), *T.* cf. *regularis* Serova, *Anomalina danica* (Brotz.), *A. eklblomi*

отложений Бадхыза

Схема, принятая в настоящей статье			
Пододдел	Пачка	Литологическая характеристика	Моллюски и фораминиферы
В е р х н и й	IV Т е р р и г е н н а я	алевролиты средне- и крупно- зернистые, 10—30 м	<i>Cardita pectuncularis</i> Lamk., <i>Cyprina morris-Sow.</i> , <i>Chlamys prestwichi</i> (Morris), <i>Gryphaea antiqua</i> Schw., <i>Liostrea reussi</i> Netsch., <i>Panope vaudini</i> Desh., <i>Pholadomya konincki</i> Nyst, <i>Corbula gallicula</i> Desh. <i>Ammodiscus incertus</i> (Orb.), <i>Ammoscalaria aff. midwayensis</i> (Plummer), <i>Spiroplectammina monetalis</i> N. Byk., <i>Cyroidina octocamerata</i> (Cushman and Hanna), <i>Gyroidina cetera</i> N. Byk., <i>G. depressaeformis</i> N. Byk., <i>Siphonina wilcoxensis</i> Cushman et Ponton, <i>A. scrobiculata</i> Schwager, <i>A. acuta</i> Plumm., <i>Cibicides suzakensis</i> N. Byk., <i>C. burlingtonensis</i> Jennings, <i>C. reinholdi</i> ten Dam, <i>Globigerina triloculinoides</i> Plummer, <i>Bulimina ovata</i> Orb., <i>Angulogerina wilcoxensis</i> (Cushman et Ponton), <i>Reussella paleocentica</i> (Brotzen).
	III Г и л с о н с к а я	гипсы, крип- токристаллические, известняки, мес- тами в основании глины и глинистые известняки, 14—41 м	<i>Nucula triangularis</i> Arkh., <i>Crassatella bellovacensis</i> Desh., <i>Turritella kamyschtschensis</i> Netsch., <i>Spiroplectammina aff. manischensis</i> Morozova et Kojevnikova (msc.), <i>Guttulina hantkeni</i> Cushman et Ozavagyroldina octocamerata (Cushman and Hanna), <i>Alabamina obtusa</i> (Burr. et Holl.), <i>Anomalina danica</i> (Brotzen), <i>A. scrobiculata</i> Schwager, <i>Cibicides burlingtonensis</i> Jennings.
	II К а р б о н а т н а я	известняки органогенно- детритусовые, оолитовые, 15—34 м	<i>Lucina prevosti</i> Desh., <i>L. gravesii</i> Desh., <i>Corbis davidsoni</i> Desh., <i>Gari</i> sp., <i>Laevicardium trifidum</i> Desh., <i>Pectunculus volgensis</i> Netsch., <i>Thracia prestwichi</i> Desh., <i>Calyptraea</i> sp., <i>Rotalia morozovae</i> Kuliev., <i>Nummulites solitarius</i> de la Harpe, <i>Nontion</i> sp. 1, <i>Nontion</i> sp. 2, <i>Nontionella</i> sp. 1 (ex gr. <i>angusta</i> Chalilov). <i>Pseudoparella minuta</i> Olson, <i>Nontion</i> ex gr. <i>laevis</i> (Orb.), <i>Cibicides mammilatus</i> Brotzen.
Н и ж н и й	I Т е р р и г е н н о - к а р б о н а т н а я	переслаивание глин, доломитов, песчаников, 3—41 м	<i>Ostrea</i> ex gr. <i>montensis</i> Cossm., <i>Ostrea</i> sp. 1, <i>Cucullaea</i> sp., <i>Corbula cf. semirugata</i> Cossm., <i>Calyptraea suessontensis</i> Orb., <i>Miliolidae</i> (macca), <i>Anomalina ekblomi</i> (Brotzen), <i>A. danica</i> (Brotzen), <i>A. aff. welleri</i> Plumm. <i>laevis</i> Vass., <i>Cibicides vassilenko</i> Lipman, <i>C. commatus</i> Morozova.

(Brotz.), *Globorotalia membranacea* (Ehrenb.), *Nummulites* ex gr. *nitidus* de la Harpe. Наиболее характерными формами в этом комплексе являются: *Pseudoparella minuta* Olson, описанная из формации хернестоун (тенетский ярус) Западной Европы и *Cibicides mammilatus* Brotz., встречающаяся в массовом количестве в палеоцене Швеции.

Таким образом, отложения пачки II по видовому составу комплексов моллюсков и фораминифер могут быть отнесены к верхнему палеоцену.

*Пачка III (гипсоносная)\** литологически четко отличается от ниже и вышележащих пород. Обычно она представлена толщей гипсов с прослоями криптокристаллических и огипсованных известняков, а в районе г. Кушка — доломитами, в которых из органических остатков известны только редкие обломки створок остракод и моллюсков. Несколько иной тип разреза описан в пр. Рахматур и Пуль-и-Хатун, где в основании пачки наблюдаются пласты глины или глинистых известняков (мощностью 10—14 м) с многочисленными остатками не известных ранее моллюсков и фораминифер. Мощность пачки III изменяется в пределах 14—41 м.

Наиболее характерными из встреченных в основании пачки III р. Пуль-и-Хатун моллюсков являются: *Nucula triangula* Arkh., *Lucina netschaewi* Arkh., *Tellina ovata* Arkh., *Crassatella bellovacensis* Desh., *Arca* sp., *Ostrea* sp. nov., *Pitar avia* Desh., *Cucullaea volgensis* Barb. de Marny, *C. crassatina* Lam., *Turritella kamyschinensis* Netsch., *Cerithium* sp., *Ampullina semipatula* Desh., *Calyptraea suessoniensis* Orb., распространенные в верхах тенетского яруса Западной Европы и СССР. Причем представители родов *Crassatella*, *Cucullaea*, *Turritella* распространены в массовом количестве.

Среди фораминифер присутствуют раковины из семейства *Anomaliniidae*: *Anomalina* ex gr. *danica* (Brotz.), *Cibicides succedens* Brotz., *C. burlingtonensis* Jennings, *C. regidus* N. Bykova, *Anomalina scrobiculata* Schwager, а также *Alabamina obtusa* (Burr. et. Holl.), *Gyroidina octocamerata* (Cushman. et Hanna), *Spiroplectammina* aff. *manischensis* Morozova et Kojevnikova и др., определяющие верхнепалеоценовый возраст слоев.

*Пачка IV (терригенная)\*\**. Отложения данной пачки представлены зеленовато-серыми среднезернистыми алевролитами, сменяющимися в кровле желтовато-серыми крупнозернистыми алевролитами. В пачке IV присутствуют обильные остатки моллюсков и фораминифер, которые существенно отличаются от фауны более низких слоев. Здесь присутствует значительная часть видов, не встречающаяся в нижележащих слоях.

Среди моллюсков наиболее характерны: *Cardita pectuncularis* Lam., *C. multcostata* Lam., *Cyprina morrisi* Desh., *C. cf. lunulata* Desh., *Chlamys prestwichi* (Morris), *Chlamys* sp., *Gryphaea antiqua* Schw., *Liostrea reussi* Netsch., *Pholadomya konincki* Nyst., *Ph. puschi* Goldf., *Panope remenensis* (Mellev.), *Corbula gelicula* Desh., *Pleurotomaria tadjikistanica* Mir., *Turritella hybrida* Desh., *Calyptraea aperta* Sol. и др.

Из фораминифер присутствуют: *Spiroplectammina monetalis* N. Bykova, *Ammodiscus incertus* (Orb.), *Ammobaculites* aff. *midwayensis* Plumm., *Robulus* aff. *discus* Brotz., *Guttulina hantkeni* Cushman. and Howe, *Gyroidina octocamerata* (Cushman. et Hanna), *Gyroidina cetera* N. Bykova, *G. depressaeformis* N. Bykova, *Siphonina wilcoxensis* Cushman., *Anomalina scrobiculata* Schwager, *A. granosa* (Hantken), *A. praeacuta* Vass., *Cibicides* *suzakensis* N. Bykova, *C. reinholdi* ten Dam., *C. burlingtonensis* Jennings, *Bulimina ovata* Orb., *Angulogerina wilcoxensis* (Cushman. et Ponton), из которых некоторые виды ранее отмечены Э. М. Буровой [7—9], З. Д. Кулиевым [11]. Большая часть видов из приведенного комплекса характерна для зоны *Globorotalia tadjikistanensis* Таджикской депрессии [10].

\* Средняя часть бухарских слоев схемы В. И. Солуна и др. [5], гипсоносная толща О. С. Вялова [4].

\*\* Верхняя часть бухарских слоев схемы В. И. Солуна и др. [5], хочильорский горизонт О. С. Вялова [4].

Присутствие указанных видов моллюсков и фораминифер подтверждает ранее сделанный вывод [4, 5] о верхнепалеоценовом возрасте рассматриваемых слоев. Граница палеоцена и эоцена проходит по подошве пачки голубовато-серых глин, содержащих остатки сузакских устриц.

### Выводы

1. По особенностям литологического состава пород и комплексам фауны палеоценовые отложения Бадхыза четко разделяются на 4 пачки (снизу вверх): I — терригенно-карбонатную, II — карбонатную, III — гипсоносную и IV — терригенную.

2. По возрасту породы пачки I относятся к нижнему палеоцену, а вышележащих пачек (II, III, IV) — к верхнему палеоцену.

3. Впервые встречены остатки моллюсков и фораминифер в низах пачки III.

4. В средней части пачки II установлено массовое скопление ostracod совместно с фораминиферами из семейства *Nonionidae*.

Центральная комплексная тематическая  
экспедиция ГГК СССР

Поступило  
14 апреля 1964 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вялов О. С. — Тр. Нефтяного геол. разв. института, сер. А, вып. 71, 1936.
2. Вялов О. С. — ДАН СССР, нов. сер., т. 41, № 7, 1946.
3. Вялов О. С. — ДАН СССР, т. VI, № 4, 1947.
4. Вялов О. С. — Тр. Львовского геол. общ-ва, № 7, 8, 1961.
5. Солун В. И. и др. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 52, вып. 9, 1961.
6. Калугин П. И., Дмитриев А. В. — Тр. Института геологии АН СССР, т. IV, 1962.
7. Бугрова Э. М. — Инфор. сб. № 5, ВСЕГЕИ, 1962.
8. Бугрова Э. М. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер. т. 46, вып. 2, 1961.
9. Бугрова Э. М., Захарова М. Г., Саперсон Э. И., Ткачук М. А. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 109, вып. 14, 1963.
10. Быкова Н. К. — Тр. ВНИГРИ, Микрофауна СССР, нов. сер., сб. VI, вып. 69, 1953.
11. Кулиев З. Д. — Известия АН СССР, сер. ФТХиГН, № 6, 74, 1962.

В. И. СЕДЛЕЦКИЙ

### ЭКЗОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ОТЛОЖЕНИЯХ ГАУРДАКСКОЙ СВИТЫ

Геологическое изучение площадей с обнажающимися или неглубоко-залегающими галогенными отложениями в пределах юго-западных отрогов Гиссарского хребта позволило накопить обширный фактический материал, характеризующий многообразные природные явления, которые связаны с подземным выщелачиванием, закарстованностью и оползанием больших масс соляных и гипс-ангидритовых пород.

Развитие подобных процессов часто оказывает деформирующее воздействие на слои пород, залегающих выше галогенной толщи, а также маскирует стратиграфическое взаимоотношение галогенных пород с породами подсолевого комплекса в местах выхода последних на поверхность.

Иногда при благоприятных геотектонических условиях описываемые явления носят региональный характер и охватывают значительные площади. При геологическом изучении таких площадей чрезвычайно важна правильная интерпретация всех особенностей геологического строения района, с учетом процессов, вызванных разрушением галогенных отложений.

Явления, связанные с подземным выщелачиванием галогенных пород, коротко рассматриваются в книге Ю. А. Косыгина [1] и более полно освещены в специальных работах А. Е. Ходькова [2, 3].

В пределах юго-западных виргаций Гиссарского антиклинория в западных районах Узбекистана и восточных районах Туркмении, а также на площади восточной части эпигерцинской платформы, где развита мощная галогенная формация верхнеюрского возраста, чрезвычайно развито подземное выщелачивание галогенных пород.

Обнажаясь вдоль западных склонов Кугитангской и Гаурдак-Тюбеготангской антиклиналей, галогенные отложения к югу и западу погружаются под мощную толщу меловых и неоген-четвертичных образований. На востоке их распространение в приповерхностной части ограничено зоной взброса, протягивающейся вдоль крутого восточного склона Кугитангской антиклинали. На севере мощность галогенных отложений уменьшается вплоть до полного выклинивания в центральных районах Гиссара.

Таким образом, область преимущественно неглубокого (до 1000 м) залегания галогенных отложений ограничивается территорией, зак-

люченной между южным склоном Гиссарского хребта на севере и р. Аму-Дарья на юге и от западных склонов хребта Кугитанг-Тау на востоке до горных обрамлений Гаурдакского хребта на западе. За пределами этой территории, южнее р. Аму-Дарьи, галогенные породы выведены под неоген-четвертичный чехол только на небольших участках благодаря явлениям диапиризма развиты вдоль Репетек-Келифской тектонической линии.

В строении площади неглубокого залегания галогенных отложений принимают участие породы палеозойского и мезо-кайнозойского комплексов. Преимущественным развитием пользуются здесь верхнеюрские и меловые отложения.

Верхнеюрские отложения района подразделяются на две свиты: нижнюю — кугитангскую — известняково-доломитовую (келловей — оксфорд) и верхнюю — гаурдакскую — соляно-гипсовую (ангидритовую, кимеридж — титон).

Суммарная мощность толщи карбонатных отложений кугитангской свиты достигает 800 м.

На известняках оксфорда согласно залегают гидрохимические отложения верхней, гаурдакской свиты. Мощность их достигает 870 м. Причем нижняя ее часть, мощностью до 450 м, сложена плотными мраморовидными ангидритами, которые в местах выхода на поверхность обычно гидратированы и превращены в гипсы. Верхняя часть свиты, мощностью 420 м, сложена галитом с прослоями калийных солей и пластом покровного ангидрита.

Заканчивается разрез верхней юры пачкой красноцветных глин карабильской свиты, мощность которой 60—70 м.

Выше согласно залегают меловые отложения. Разрез их начинается толщей красноцветных песчаников, также относящихся к карабильской свите.

Толща нижнего мела мощностью более 1000 м образована преимущественно лагунно-континентальными образованиями. Среди отложений верхнего мела преобладают морские фации. Мощность этих отложений достигает 1300 м.

Тектоника района очень сложна. Основными структурными элементами являются системы вытянутых в субмеридиональном направлении горст-антиклиналей: Кугитангская на востоке и Гаурдак-Тюбеготангская на западе.

Ундуляция оси Гаурдак-Тюбеготангской структуры привела к образованию нескольких самостоятельных брахиантиклинальных складок; самой южной из них является Гаурдакская.

Основные системы антиклиналей разделены Маликской синклиналью, в осевой части которой породы подсолевого комплекса залегают на глубине до 3000 м от поверхности.

Подсолевые породы обнажаются на большой площади по западному крылу Кугитангской антиклинали и в сводовой части Гаурдакской брахиантиклинали. Обе антиклинальные складки асимметричны. Их восточные крылья наклонены под углом 60—80° и осложнены ступенчатыми сбросами. Западные пологие крылья (10—15°) также осложнены ступенчатыми сбросами.

Системы складчатых сооружений пересекаются зонами тектонических нарушений широтного простирания, с которыми связаны соляные антиклинали и диапировые структуры.

Широкое распространение в районе галогенных отложений, их хорошая обнаженность, в сочетании со сложной тектоникой, создают благоприятные условия для развития многообразных экзотектонических явлений. Наиболее распространенным из них, охватывающим большие

площади, является блоковое обрушение пород надсолевого комплекса. вследствие подземного выщелачивания соли. Зоны обрушения меловых пород обычно бывают приурочены к пологим западным крыльям крупных антиклиналей, в сводах которых обнажаются подсолевые отложения (рис. 1).

От последних они отделяются широкой продольной долиной, которая по мере разрушения соли смещается к западу. Такая долина может быть сформирована на площади

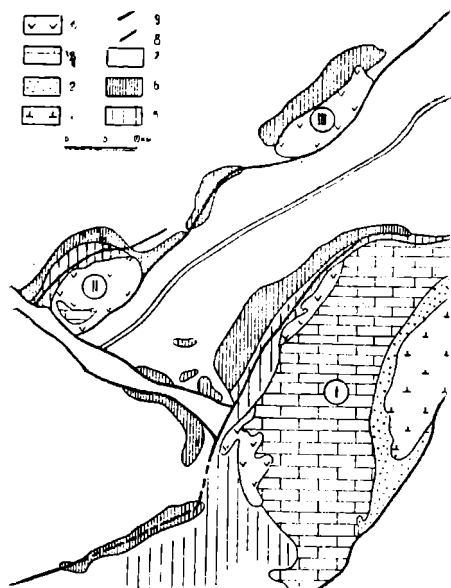


Рис. 1. Схема распространения обрушенных нижнемеловых отложений в Гаурдак-Кугитангском районе. Брахантиклинали: I — Кугитангская; II — Гаурдакская; III — Тюбеготангская. Обнажающиеся породы: 1 — палеозоя; 2 — нижней и средней юры; 3 — келловей-оксфорда; 4 — кимеридж-титона; 5 — площади растворения соли под четвертичными образованиями; 6 — площади развития нижнемеловых отложений, обрушенных вследствие подземного выщелачивания соли; 7 — площади, где соляная залежь не затронута эрозийными процессами; 8 — линии основных тектонических нарушений; 9 — ось Маликской синклинали.

развития надсолевых отложений. В этом случае ее углубление происходит за счет интенсивного растворения соли водами, которые скапливаются в мощной толще рыхлого обломочного материала, заполняющего долину. Однако фронт развития процессов выщелачивания и выноса соли не ограничивается западным бортом долины. Эти процессы протекают также на глубине, под толщей покрывающих меловых пород, и выражаются в образовании соляного зеркала, представляющего собой сравнительно ровную поверхность, слабо наклонную к западу.

Растворение соли под толщей перекрывающих коренных пород происходит послойно вдоль поверхности соляного зеркала, обычно не затрагивая более глубокие горизонты соляной залежи. Поэтому значительные карстовые полости представляют здесь очень редкое явление и бывают приурочены только к краевой части соляного пласта.

Однако растворение соли происходит достаточно интенсивно, на что указывает ряд высокодебитных соленых источников, выклинивающихся во многих точках района.

Выщелачивание соли под толщей покрывающих коренных пород и уменьшение ее мощности вызывает дробление этих пород на блоки и

гравитационное опускание или обрушение их по трещинам, внешне проявляющимся как нормальные сбросы. Соль при этом не испытывает существенных деформаций, что хорошо заметно по маркирующим горизонтам калийных солей (рис. 2).

Нами отмечено, что при такого рода проседаний и обрушении надсолевых отложений развиваются две системы экзотектонических трещин. Одна из них образует концентрически расположенные линии, окаймляющие присводовую часть антиклинали. В плане концентрические системы трещин занимают полосу шириной до 2—3 км, охватывая зону развития отложений неокома.

Отложения альба, под которыми соль залегает на глубинах свыше 500 м, обычно не затронуты экзотектоническими процессами. Следует

считать поэтому, что подземное выщелачивание соли развито до глубины 500 или несколько более метров под толщей надсолевых отложений. На такой глубине не происходит растворения и выноса соли даже при наличии крупных тектонических нарушений.

Плоскости трещин этой системы наклонены в сторону падения пород (к западу) под углами

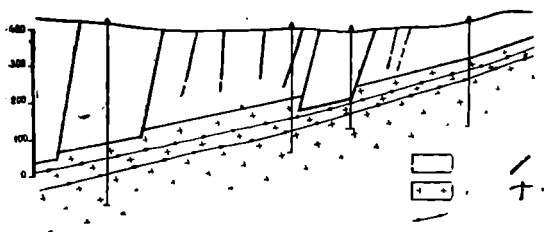


Рис. 2. 1 — Породы надсолевого комплекса (неоком); 2 — толща каменной соли; 3 — маркирующие пласты калийных солей; 4 — экзотектонические трещины; 5 — буровые скважины.

70—80°. Вдоль этих трещин образуются ступенчатые зоны обрушенных нижнемеловых отложений, характеризующиеся запрокидыванием пород.

Углы падения обрушенных пород в пределах этих зон увеличиваются вследствие этого с 10—15° при нормальном залегании в крыле антиклинали до 20—25°. Амплитуда вертикального

перемещения блоков вдоль таких трещин достигает 70 м и более.

Протяженность продольных ступенчатых экзотектонических трещин вдоль антиклинальных поднятий является очень большой и имеет региональный характер. Например, вдоль Кугитангской антиклинали трещины прослеживаются на расстояние более 40 км. Вдоль Гаурдак-Тюбеготангской с небольшим перерывом они протягиваются на 50—60 км.

Другая система образована радиально и диагонально расположенными экзотектоническими трещинами, которые пересекают продольные зоны на многочисленные отдельные блоки пород, при своем обрушении приобретающие самое различное положение. Часто блоки при обрушении испытывают вращательное движение. В результате этого с поверхности экзотектонические трещины, по которым произошло смещение, имеют вид шарнирных сбросов.

Эта система трещин характеризуется вертикальным падением и амплитудами до 10, редко более метров.

В непосредственной близости от зоны интенсивного развития экзотектонических трещин бывают развиты крупные тектонические разломы. При изучении геологического строения районов с распространенными галогенными отложениями следует четко разграничивать явления, вызванные собственно тектоническими и экзотектоническими процессами, несмотря на то, что проявляясь на поверхности, они малоотличны.

Игнорирование экзотектонических процессов как структурного фактора приводит к неверному толкованию многих особенностей геологического строения таких районов [2]. Для нашего района характерно изучение геологии Гаурдакского брахиантиклинального поднятия.

На юго-западном крыле этого поднятия в обнажениях наблюдается контакт между породами нижнего мела, имеющими явно нарушенное залегание, и подстилающими соль гипс-ангидритами. Для объяснения этого контакта в работах многих исследователей (В. А. Иванов, В. Д. Коган, Е. С. Парникель и др.) выдвинуто предположение о том, что вдоль всего западного и северо-западного крыла Гаурдакского поднятия существует зона крупного надвига, типа шарьяжа с межпластовыми срывами между чешуями надвинутых меловых пород, а мощная толща дробленных пород к западу от наблюдаемого контакта рассматривается ими как тектоническая брекчия. Считалось также, что соль в зоне надвига была выжата в сводовую часть антиклинали и затем уничтожена эрозийными процессами.

В действительности, по нашим наблюдениям, здесь имеет место растворение и вынос всей 400-метровой толщи соли, вызвавшее блоковое обрушение нижнемеловых пород, что создало впечатление тектонического контакта с подсолевыми гипсами. Затем произошло формирование мощной толщи пролювия, состоящего из различно окатанных обломков обрушенных нижнемеловых отложений, которые ни в коем случае не должны рассматриваться как тектоническая брекчия.

Этот вывод достаточно иллюстрируется разрезом (рис. 3), а также тем обстоятельством, что в толще пролювия нами обнаружена галька более древних подсолевых отложений.

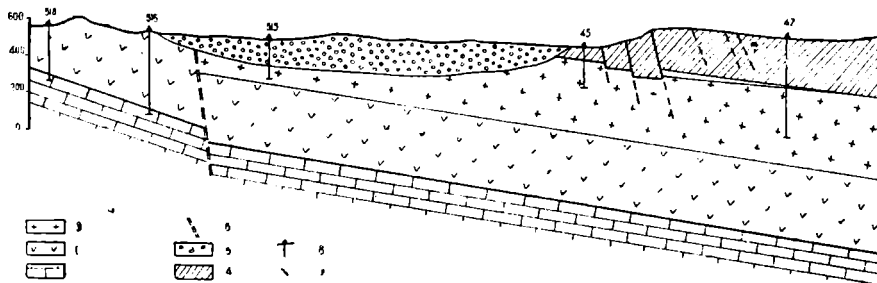


Рис. 3. Геологический разрез северо-западного крыла Гаурдакской брахиантиклинали. 1 — Известняки оксфорда; 2, 3 — гипсы и соли кимеридж-титона; 4 — терригенные породы неокома; 5 — четвертичные пролювиальные отложения; 6 — тектонические нарушения; 7 — экзотектонические трещины; 8 — буровые скважины.

Следующим по степени распространенности проявлением экзотектоники, имеющим большое значение для правильности геологических построений, является широко развитый процесс оползания больших масс пластичных гипс-ангидритов, которые, приобретая новое залегание, не утрачивают некоторой связи с пластами коренных пород. Наиболее интенсивно он развит в тех случаях, когда гипс-ангидриты обнажаются на крутых (восточных) крыльях антиклиналей.

Возможность такого оползания галогенных пород следует всегда учитывать при геологической съемке, иначе построенная карта не будет отражать действительного соотношения пород. На рис. 4 изображена врезка геологической карты, составленной по участку Кизыл-Мазар, в пределах юго-восточного крыла Гаурдакской антиклинали по данным только картирования поверхности (а) и с учетом бурения профиля поисковых скважин (б).

При бурении поисковой скважины № 9 обнаружилось, что гипсы, в которых заложена скважина, не являются коренными и перекрывают молодую пролювиальную долину. Скважина № 9а, заданная выше по падению пород, также не вошла в коренные отложения. Как видно из разреза, последние располагаются по крайней мере в 70—100 м к западу от этой скважины.

В других случаях массы гипсов и ангидритов гаурдакской свиты, обнажающиеся на пологих крыльях антиклинальных складок, под действием различных внешних агентов сползают по бронированной поверхности подстилающих известняков оксфорда и перекрывают участки этих известняков уже затронутые процессами эрозии. Наблюдение таких экзотектонических контактов без учета описанного явления во многих

случаях приводило к неверному выводу о существовании поверхности размыта и стратиграфического несогласия между карбонатными отложениями оксфорда и гидрохимическими породами кимериджа.

Необходимо также отметить более локальное экзотектоническое явление, связанное с

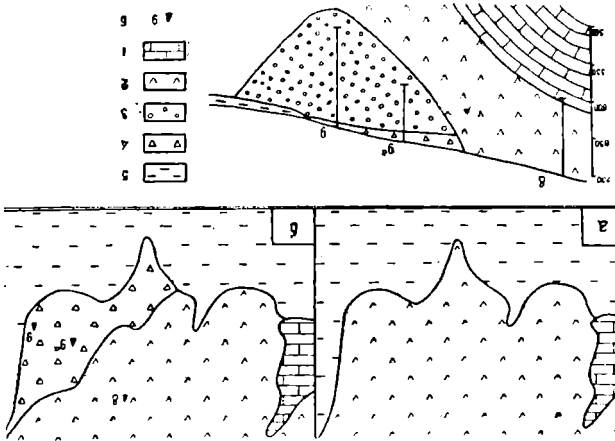


Рис. 4. Врезка геологической карты юго-восточного крыла Гаурдакской брахиантиклинали. а—По данным картирования поверхности; б—с использованием данных поискового бурения. Верхнеюрские отложения: 1 — известняки оксфорда; 2 — гипсы гаурдакской свиты (кимеридж—титон). Четвертичные отложения: 3 — пролювиальные; 4 — делювиальные гипсы (оползшие гипсы гаурдакской свиты); 5 — делювиальные суглинки.

заполнением крупных карстовых полостей в гипсах обломочным материалом, состоящим из продуктов выветривания красноцветных надсолевых отложений, которые попадают на поверхность гипсов вследствие развития описанных выше процессов экзотектонического обрушения нижнемеловых пород.

При полном выщелачивании всей толщи гипса, на поверхности известняков оксфорда остаются более устойчивые по отношению к процессам выветривания продукты заполнения карстовых полостей. Участки рассеяния обломочного материала карстового происхождения развиты на поверхности известняков оксфорда в пределах западного крыла Кугитангской антиклинали, часто на расстоянии многих километров от ближайших останцев гипс-ангидритов.

Находки экзотектонических (карстовых) красноцветных конгломератов на больших гипсометрических отметках, где не сохранилось никаких признаков присутствия соляно-гипсовой толщи, в последнее время стали находить свое отражение в попытках объяснить это явление палеоструктурными особенностями района.

## Выводы

Описание некоторых экзотектонических процессов показывает, что они имеют большое значение в формировании галогенных структур в районах с развитыми на поверхности толщами галогенных пород.

Следует также отметить, что вопросы экзотектоники еще не получили достаточного освещения в геологической литературе и требуют дальнейшей разработки.

Кугитангская геолого-разведочная экспедиция  
ГПГК СССР

Поступило  
15 апреля 1964 г.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Косыгин Ю. А. — Тр. Геологического ин-та АН СССР, М., 1960.
2. Хольков А. Е. — Тр. ВНИИГ, вып. XXVIII, 1953.
3. Хольков А. Е. — Тр. ВНИИГ, вып. XXX, 1955.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Е. А. Гуриева  
 К. Кахроманов  
 В. А. Кутасов  
 Х. М. Кулиев

### ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ ТЕЛЛУРИТА ВИСМУТА

В работе сделана попытка сравнить теплопроводность решетки твердых растворов на основе  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ , образованных при изоморфном ( $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ ) и при гетероморфном ( $\text{Sb}_2\text{Se}_3$ ) замещениях.

Исследования проводились на направленных кристаллах, полученных методом Бриджмена. Содержание второй компоненты раствора ( $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{Se}_3$ ) составляло 10% мол.

Измерения теплопроводности, электропроводности и коэффициента термоэд производились в интервале температур 300—700°K на установке, описанной в [1]. Температурные зависимости теплопроводности шести образцов твердых растворов (по 2 образца с различными электропроводностями для каждого состава) приведены на рис. 1. Температурные зависимости теплопроводности можно разделить на 2 области: примесной проводимости, где теплопроводность падает с температурой, и собственной проводимости, где теплопроводность возрастает с ростом температуры за счет теплопроводности, обусловленной диффузией электронно-дырочных пар.

В первой области общую теплопроводность можно представить в виде:

$$\gamma = \gamma_p + \gamma_{эл}, \quad (1)$$

где  $\gamma_p$  — теплопроводность решетки, а  $\gamma_{эл}$  — электронная теплопроводность, которая в соответствии с законом Видемана—Франца может быть представлена в следующем виде:

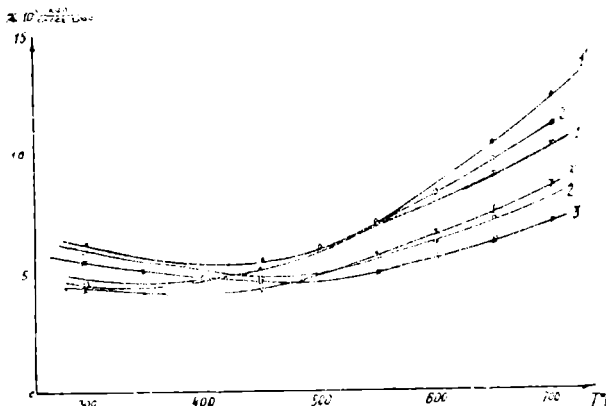


Рис. 1. Температурная зависимость теплопроводности твердых растворов.  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ — $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  1— $\sigma = 2400 \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ; 1'— $\sigma = 1485 \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ;  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ — $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  2— $\sigma = 2430 \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ; 2'— $\sigma = 1460 \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ;  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ — $\text{Sb}_2\text{Se}_3$  3— $\sigma = 2360 \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ ; 3'— $\sigma = 1560 \text{ ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ .

$$\gamma_{эл} = A \left( \frac{k}{e} \right)^2 \sigma T. \quad (2)$$

Здесь  $k$  — постоянная Больцмана;  $e$  — заряд электрона;  $T$  — абсолютная температура;  $\sigma$  — электропроводность;  $A$  — коэффициент, зависящий от степени вырождения и механизма рассеяния носителей тока.

В общем виде, для случаев вырожденного и невырожденного электронного газа коэффициент  $A$  представляется в виде [2]:

$$A = \frac{r+3}{r+1} \cdot \frac{F_{r+2}(\mu^*)}{F_r(\mu^*)} - \frac{(r+2)^2}{(r+1)^2} \cdot \frac{F_{r+1}^2(\mu^*)}{F_r^2(\mu^*)} \quad (3)$$

Здесь  $F_r(\mu^*)$  интегралы Ферми. В случае невырожденного электронного газа ( $\mu < -2$ )  $A=r+2$ , при сильном вырождении ( $\mu \gg 0$ )  $A = \frac{\pi^2}{3}$ , то есть не зависит от механизма рассеяния  $r$ . Если в исследуемом веществе известен механизм рассеяния носителей тока, то из (2) можно определить величину  $\chi_{эл}$  и затем значение  $\chi_p$  по данным измерений полной теплопроводности.

На рис. 2 приведены вычисленные таким образом (в предположении  $r=0^*$ ) значения  $\chi_p$  для ряда образцов

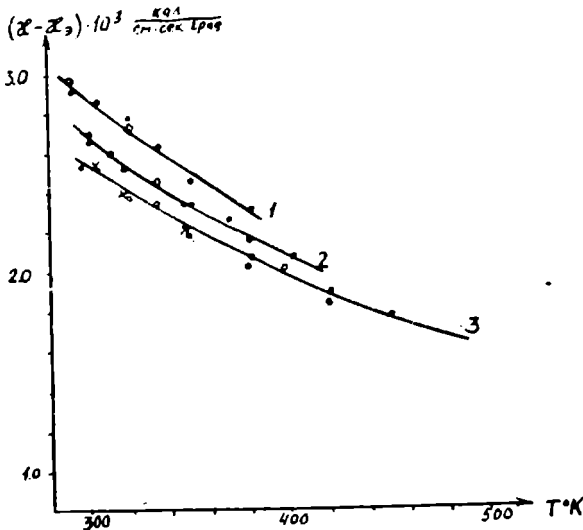


Рис. 2. Зависимость теплопроводности решетки от температуры.  
1 —  $\text{Bi}_2\text{Te}_3 - \text{Sb}_2\text{Te}_3$ ; 2 —  $\text{Bi}_2\text{Te}_3 - \text{Bi}_2\text{Se}_3$ ; 3 —  $\text{Bi}_2\text{Te}_3 - \text{Sb}_2\text{Se}_3$ .

трех твердых растворов (10% мол.  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  и  $\text{Sb}_2\text{Se}_3$ ). Полученные значения  $\chi_p$  для различных образцов (одного твердого раствора) хорошо укладываются на общую кривую  $\chi_p=f(T)$ . Экстраполируя зависимость  $1/\chi_p=f(T)$  в область низких  $T$  (до пересечения с осью  $T=0$ ), получаем величины примесного сопротивления для трех твердых растворов. Оценка этих величин показывает, что, в пределах точности измерений, сумма тепловых сопротивлений, вносимых  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  и  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$ , равна тепловому сопротивлению, вносимому  $\text{Sb}_2\text{Se}_3$ . Этот результат несколько неожиданный, так как можно было предполагать, что в твердом растворе  $\text{Bi}_2\text{Te}_3 - \text{Sb}_2\text{Se}_3$ , образованном при гетероморфном замещении, тепловое сопротивление будет существенно выше из-за допол-

нительного рассеяния фононов, обусловленного различными структурами  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  и  $\text{Sb}_2\text{Se}_3$ . По-видимому, при указанных концентрациях второй компоненты ( $\approx 10\%$  мол.) дополнительное рассеяние еще ничтожно, что коррелирует с наличием большой области взаимной растворимости  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  и  $\text{Sb}_2\text{Se}_3$  ( $\approx 70\%$   $\text{Sb}_2\text{Se}_3$ ) [3].

Таким образом, теплопроводность решетки твердого раствора с 10%  $\text{Sb}_2\text{Se}_3$  ( $2,57 \cdot 10^{-3}$  кал/см. сек. град. при  $300^\circ\text{K}$ ), в котором внесены искажения в субрешетки,  $\text{Bi}$  и  $\text{Te}$ , оказалась ниже, чем теплопроводность твердых растворов с 10%  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  ( $\chi_p = 2,89 \cdot 10^{-3}$  кал/см. сек. град.) и с 10%  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  ( $\chi_p = 2,67 \cdot 10^{-3}$  кал/см. сек. град.), в которых искажена одна из субрешеток. При переходе от твердого раствора с 10%  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$  к твердому раствору с 10%  $\text{Sb}_2\text{Se}_3$  (замещение  $\text{Se}-\text{Te}$ ) уменьшение  $\chi_p$  больше, чем при переходе от раствора с 10%  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  к раствору с 10%  $\text{Sb}_2\text{Se}_3$  (замещение  $\text{Sb}-\text{Bi}$ ), что хорошо согласуется с результатами Гольдсмида [4], который, рассматривая зависимость теплопроводности решетки от содержания второй компоненты в твердых растворах  $\text{Bi}_2\text{Te}_3 - \text{Bi}_2\text{Se}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{Te}_3 - \text{Sb}_2\text{Te}_3$  и  $\text{Bi}_2\text{Te}_3 - \text{Bi}_2\text{Se}_3$ , пришел к выводу, что  $\chi_p$  существенно изменяется при замещении анионов (в ряду  $\text{S}-\text{Se}-\text{Te}$ ) и очень незначительно — при замещении катионов ( $\text{Sb}-\text{Bi}$ ).

Однако полученные результаты нельзя, по-видимому, распространять на твердые растворы  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  с соединениями, обладающими совершенно другими структурами (например, типа  $\text{NaCl}$ ,  $\text{ZnS}$  т. д.).

В области собственной проводимости полная теплопроводность записывается в виде:

\* В указанном интервале температуры при не очень больших концентрациях носителей в  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$   $r \approx 0$  [2]. Поскольку в работе рассматриваются твердые растворы вблизи  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ , такое предположение вполне оправдано.

$$\chi = \chi_p + \chi_n + 2A \left( \frac{k}{e} \right)^2 \frac{\sigma_p \sigma_n}{\sigma_p + \sigma_n} T \left( \frac{\Delta E}{2kT} + 2 \right)^2 \quad (4)$$

Третий член в (4) обусловлен биполярной диффузией ( $\sigma_n$  и  $\sigma_p$  — электропроводности электронов и дырок;  $\Delta E$  — ширина запрещенной зоны). Влияние биполярной диффузии проявляется в отклонении от прямой температурной зависимости теплового сопротивления для всех трех твердых растворов (рис. 3). Это отклонение прежде всего появляется у твердого раствора 10%  $Sb_2Te_3$ , затем у твердого раствора 10%  $Bi_2Se_3$  и, наконец, у твердого раствора 10%  $Sb_2Se_3$ . Очевидно, это связано с различием ширины запрещенной зоны указанных твердых растворов.

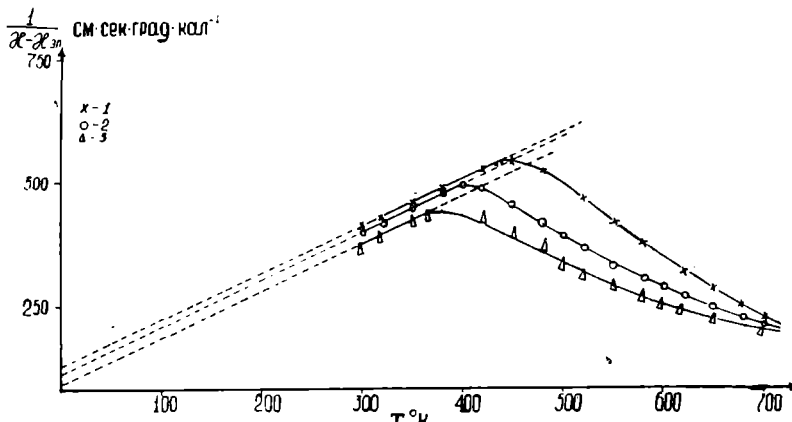


Рис. 3. Зависимость теплового сопротивления твердых растворов от температуры.  
1 —  $Bi_2Te_3 - Sb_2Se_3$ ; 2 —  $Bi_2Te_3 - Bi_2Se_3$ ; 3 —  $Bi_2Te_3 - Sb_2Te_3$ .

В области собственной проводимости в твердом растворе 90 мол%  $Bi_2Te_3 - 10\% Sb_2Te_3$  из зависимости  $\ln \Delta\chi = 1/T$ , где  $\Delta\chi$  — значение биполярной теплопроводности, определена ширина запрещенной зоны. Полученное значение (0,15 эв) хорошо согласуется с литературными данными [5].

Расчеты показывают, что значение биполярной теплопроводности четырехкомпонентного твердого раствора состава 90 мол%  $Bi_2Te_3 - 10\% Sb_2Se_3$  во всем исследованном интервале температур значительно ниже по сравнению с трехкомпонентными твердыми растворами составов 90 мол%  $Bi_2Te_3 - 10\% Bi_2Se_3$  и 90 мол%  $Bi_2Te_3 - 10\% Sb_2Te_3$ .

Определение температурной зависимости ширины запрещенной зоны этих твердых растворов показали [6], что значение  $\Delta E$  твердого раствора состава 90 мол%  $Bi_2Te_3 - 10\% Sb_2Se_3$  при температуре порядка 650°K получается также ниже, чем у трехкомпонентного твердого раствора состава 90 мол%  $Bi_2Te_3 - 10\% Bi_2Se_3$ . По-видимому, такое anomalous поведение связано между шириной запрещенной зоны и биполярной теплопроводностью обусловлено различием значений отношения подвижности основных и неосновных носителей тока в этих твердых растворах.

#### Выводы

1. При переходе от твердых растворов изоморфных соединений ( $Bi_2Te_3 - Bi_2Se_3$ ,  $Bi_2Te_3 - Sb_2Te_3$ ) к твердым растворам гетероморфных соединений ( $Bi_2Te_3 - Sb_2Se_3$ ) наблюдается уменьшение теплопроводности решетки.

2. Роль биполярной диффузии существенно меньше в вышеуказанном твердом растворе на основе гетероморфных соединений по сравнению с растворами изоморфных соединений. Сделано предположение, что это уменьшение обусловлено не только большей шириной запрещенной зоны, но и значением отношения подвижностей основных и неосновных носителей.

Физико-технический институт  
АН Туркменской ССР

Поступило  
6 января 1965 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Кулиев Х. М. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 6, 9, 1962.
- Goldsmid H. I. — Proc. Soc., 72, 17, 1958.
- Кузнецов В. Г., Палкина К. К., — Ж. Н. Х., 591204, 1963.
- Goldsmid H. I. — I appl. Phys, 32, 10, 2198, 1961.
- Black I., Conwell E. M., Seigle L. and Spencer C. W., — Pergamon Press., v. 2, 240—251, 1957.
- Агабаев Ч., Кулиев Х. М., Кутасов В. А. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 3, 3, 1964.

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ НАМАГНИЧЕННОСТИ СПЛАВОВ  
НИКЕЛЬ—ПАЛЛАДИЙ-II

В работе [1] изучалась температурная зависимость намагниченности сплавов никель—палладий с относительно большими значениями намагниченности насыщения.

Настоящая работа посвящена исследованию температурной зависимости намагниченности сплавов никель—палладий (70, 72, 74, 75, 76, ат. % Pd) со слабыми магнитными свойствами.

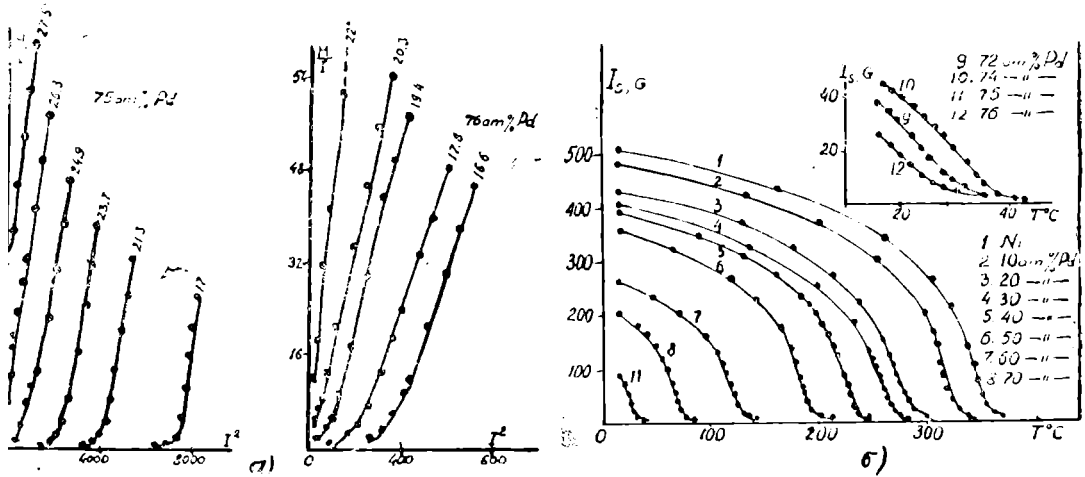


Рис. 1. Зависимость  $\frac{H}{T}$  от  $I_2$  и температурная зависимость намагниченности насыщения для сплавов никель—палладий.

Термообработка, изготовление образцов и методика измерения описаны в работе [1].

Результаты исследований представлены на рис. 1, 2 и табл. 1.

На рис. 1 представлена зависимость  $\frac{H}{T}$  от  $I^2$  для сплавов 75, 76% и температурная зависимость намагниченности насыщения сплавов Ni—Pd. Как видно из рисунка, зависимость  $\frac{H}{T}$  от  $I^2$  является линейной, что хорошо согласуется с формулой  $\alpha + \beta I^2 = \frac{H}{T}$ , вытекающей из термодинамической теории ферромагнитного превращения [2].

Линейная зависимость  $\frac{H}{T}$  от  $I^2$  наблюдается в большом интервале магнитного поля.

Только в слабых полях, где имеют место процессы смещения и вращения, наблюдаются отклонения от линейности. Для других исследованных сплавов получены аналогичные результаты. Намагниченность насыщения с увеличением температуры, как следовало ожидать, постепенно уменьшается (рис. 1). Вблизи точки Кюри во всех сплавах на кривой  $I_s = f(T)$  наблюдаются так называемые «хвосты» и величина намагниченности стремится к нулю.

Как показано в работе [2], образование «хвостов» на кривой самопроизвольной намагниченности объясняется следующими причинами: флуктуациями концентрации компонент (или примесей) по объему образца; неоднородными механическими деформациями и искажением решетки. Вследствие такой неоднородности, в образце существуют участки с несколько различными температурами Кюри. В тех участках образца, где температура Кюри выше, чем у подавляющей части объема образца, самопроизвольная намагниченность еще сохраняется, в то время как большая часть

ферромагнетика уже переходит в парамагнитное состояние. Эти «остатки» самопроизвольной намагниченности и обуславливают возникновение «хвостов» и размытые превращения в ферромагнетиках.

Из кривых температурной зависимости намагниченности (рис. 1) сплавов никель—палладий определялись термодинамические коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$ , имеющие большее значение для теории ферромагнетизма.

Температурная зависимость  $\alpha$  и  $\beta$  может быть установлена только экспериментальным путем, так как термодинамическая теория о величинах  $\alpha$  и  $\beta$  дает неполные сведения. В связи с этим, исследование температурной зависимости намагниченности приобретает важное значение.

Значения термодинамических коэффициентов  $\alpha$  и  $\beta$ , самопроизвольной намагниченности  $I_s$  и вблизи точки Кюри для сплавов никель—палладий представлены на рис. 2.

При температуре ниже точки Кюри ( $T < \theta$ )  $\alpha$  имеет отрицательное значение, при температуре, равной точке Кюри ( $T = \theta$ ),  $\alpha$  равен нулю, а при температуре выше точки Кюри ( $T > \theta$ )  $\alpha$  приобретает положительное значение и линейно зависит от температуры. Коэффициент  $\beta$  при всех температурах сохраняет положительный знак. Эти положения находятся в хорошем согласии с выводами термодинамической теории ферромагнитного превращения [2].

Намагниченность  $I_s$  определялась через термодинамические коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  по формуле  $I_s^2 = -\frac{\alpha}{\beta}$ , вытекающей из теории ферромагнитного превращения

[3]. Из рис. 2. видно, что кривые  $I_s = f(T)$  вблизи точки Кюри для всех исследованных сплавов никель—палладий круто падают к нулю.

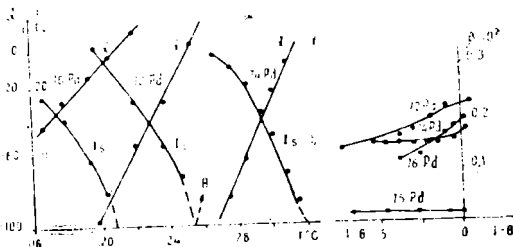


Рис. 2. Температурная зависимость термодинамических коэффициентов  $\alpha$ ,  $\beta$  и самопроизвольной намагниченности  $I_s$  для сплавов никель—палладий.

Таблица 1

Значения $\alpha$ , $\beta$ и $I_s$ для сплавов никель—палладий в области точки Кюри												
70 % Pd					72 % Pd					74 %		
$T^\circ\text{C}$	$T-\theta$	$\alpha$	$\beta$	$I_s$	$T^\circ\text{C}$	$T-\theta$	$\alpha$	$\beta$	$I_s$	$T^\circ\text{C}$	$T-\theta$	$\alpha$
65,2	-8,3	-88	0,01	91	17,8	-7,2				26,74	-4,8	-97
66,8	-6,7	-65	0,01	80	19,7	-5,3	-100	0,15	25,8	27,70	-3,9	-85
68,2	-5,3	-58	0,01	75	22,0	-3,0	-55	0,17	18,0	28,57	-3,0	-63
69,6	-3,9	-32	0,008	65	23,8	-1,2	-30	0,22	11,6	29,6	-2,0	-37
70,5	-3,0	-25	0,009	52	25,27	-0,27	11	0,22	2,5	30,1	-1,5	-24
71,7	-1,8	-14	0,008	41	28,2	3,0	14	0,7		31,0	-0,6	-8
73,0	-0,5	-3	0,009	21						31,6	0	2
74,5	-1,0	6										

Продолжение табл. 1

Pd		75 % Pd					76 % Pd				
$\beta$	$I_s$	$T^\circ\text{C}$	$T-\theta$	$\alpha$	$\beta$	$I_s$	$T^\circ\text{C}$	$T-\theta$	$\alpha$	$\beta$	$I_s$
0,16	24,7	17,0	-9,0		0,016	16,6	-3,9	-44	0,12	18,7	
0,16	22,9	21,3	-4,7	-57	0,013	66,0	17,8	-2,7	-28	0,12	15,0
0,15	20,4	23,2	-2,8	-32	0,013	50,0	19,4	-1,1	-15	0,17	9,4
0,14	16,0	24,9	-1,1	-10	0,012	28,6	20,3	-0,2	-4	0,19	4,4
0,14	12,8	26,3	0,3	6	0,015	21,5	22,0	1,5	12	0,9	2,4
0,15	7,2	27,5	1,5		0,015						
0,16	3,0										

Точки Кюри сплавов никель—палладий определялись также методом термодинамических коэффициентов (табл. I). За точки Кюри принимались те температуры, при которых  $\alpha=0$ .

Этот метод является наиболее правильным и удобным методом нахождения точки Кюри сплавов, так как в данном случае приходится иметь дело с измерениями только магнитных величин.

### Выводы

1. Проведены исследования температурной зависимости намагниченности сплавов никель—палладий (70—76% Pd) в области точки Кюри.

2. Полученные экспериментальные результаты для сплавов никель—палладий хорошо согласуются с выводами термодинамической теории ферромагнитного преобразования.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность профессору Р. Г. Аннаеву за предложенную тему и за руководство настоящей работой.

Туркменский государственный университет  
им. А. М. Горького  
Туркменский сельскохозяйственный институт  
им. М. И. Калининна

Поступило  
18 июля 1964 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Мындыев В., Язлпев С. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 2, 1965.
2. Белов К. П. — Магнитные превращения, ГИФМЛ, М., 1959.
3. Белов К. П. и Горяга А. Н. — К термодинамическому описанию намагничивания ферромагнетиков вблизи точки Кюри. ФММ, т. 2, вып. 1 и 3, 1956.

А. Д. Берклиев  
В. В. Галаванов  
Д. Н. Наследов

### ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСИ МЕДИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА InSb

Ранее [1—4] показано, что медь, являясь акцептором в InSb, создает несколько дискретных уровней в запрещенной зоне. Энергия активации примеси меди, по данным [1], в зависимости от степени компенсации образцов изменяется от 0,027 до 0,055 эв. Найдено [2] для уровня на расстоянии 0,023 и 0,056 эв от края валентной зоны. Уровни 0,01 и 0,03 эв обнаружены авторами [3]. Образцы с примесью меди [1—3] получались путем легирования расплава в процессе зонной плавки.

Показано [4], что в процессе термообработки в кристалл InSb внедряется известная примесь с высоким коэффициентом диффузии ( $D \sim 10^{-5} \frac{\text{см}^2}{\text{сек}}$ ). Сделано

предположение, что такой примесью является медь. Исследования процесса диффузии меди в InSb подтвердили это предположение [5]. Авторы работы [5] указывают на сложный характер диффузии и взаимодействия атомов меди в InSb.

Исследование влияния примеси меди на свойства InSb представляет научный и практический интерес в связи с возможностью получения образцов  $p$ -типа с низкой концентрацией носителей тока.

В этой работе приводятся некоторые результаты исследования электрических свойств кристаллов  $p$ -InSb, полученных путем диффузии меди в кристаллы  $n$ -типа. Исходные образцы  $n$ -типа с концентрацией электронов при 78°K  $(2 \div 9) \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$  размером  $7 \times 2 \times 1 \text{ мм}^3$  вырезались из слитка, прошедшего многократную зонную плавку. На травленную в CP-4 поверхность образцов вакуумным распылением наносился слой меди толщиной в несколько микронов. После этого образцы помещались в кварцевые ампулы, откаченные до давления  $5 \cdot 10^{-5} \text{ мм Hg}$  или же наполненные аргоном до давления  $0,8 \div 1,0 \text{ атм}$ .

Значения концентрации  $N$  и подвижности  $U$  носителей тока образцов

До отжига			После диффузионного отжига								
Тип	$N, \text{см}^{-3}$	$U, \frac{\text{см}^2}{\text{в.сек}}$	180°С		200°С		260°С		300°С		
			Тип	$N, \text{см}^{-3}$	$U, \frac{\text{см}^2}{\text{в.сек}}$	Тип	$N, \text{см}^{-3}$	$U, \frac{\text{см}^2}{\text{в.сек}}$	Тип	$N, \text{см}^{-3}$	$U, \frac{\text{см}^2}{\text{в.сек}}$
$n$	$3,5 \cdot 10^{13}$	$2,1 \cdot 10^5$	$n$	$3,5 \cdot 10^{13}$	$2,10^2$	$n$	$4,45 \cdot 10^{13}$	$5,8 \cdot 10^5$	$p$	$4,7 \cdot 10^{13}$	$6,55 \cdot 10^3$
$n$	$2,9 \cdot 10^{13}$	$2,10^5$	$n$	$2,8 \cdot 10^{13}$	$2,10^5$	$n$	$2 \cdot 10^{13}$	$3 \cdot 10^5$	$p$	$2,6 \cdot 10^{13}$	$5,95 \cdot 10^3$
$n$	$2,8 \cdot 10^{13}$	$1,35 \cdot 10^5$							$p$	$3,3 \cdot 10^{13}$	$2,9 \cdot 10^3$
$n$	$3,1 \cdot 10^{13}$	$1,95 \cdot 10^5$							$p$	$1,3 \cdot 10^{13}$	$2,85 \cdot 10^3$
$n$	$2,65 \cdot 10^{13}$	$3 \cdot 10^5$							$p$	$4,7 \cdot 10^{13}$	$5,7 \cdot 10^3$
$n$	$8 \cdot 10^{13}$	$5,4 \cdot 10^5$							$n$	$3,2 \cdot 10^{13}$	$5,65 \cdot 10^5$
$n$	$8,2 \cdot 10^{13}$	$6,3 \cdot 10^5$							$p$	$4,8 \cdot 10^{13}$	$7 \cdot 10^3$
									$p$	$2,7 \cdot 10^{13}$	$4,2 \cdot 10^3$

Диффузионный отжиг производился при температурах 180, 200, 260 и 300°С в течение 48 часов. После отжига образцы травились в СР-4. В таблице приводятся значения концентрации  $N$  и подвижности  $U$  носителей тока образцов при 78°К до и

Из таблицы видно, что образцы с концентрацией электронов  $2 \div 4 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$  изменяют тип проводимости при температуре 260°С, а в образцах с концентрацией электронов  $8 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$  изменение типа проводимости происходит при температуре 300°С. Исследования показали, что отжиг образцов в вакууме и в атмосфере аргона дает одинаковый результат. После отжига акцепторная примесь по результатам измерения термоэдс [6] распределяется по глубине образца равномерно.

На рис. 1 приводятся результаты измерения температурной зависимости электропроводности  $\sigma$ , коэффициента Холла  $R$  и подвижности  $R\sigma$  образцов 3, 4 и 7 после диффузионного отжига. Как видно из рисунка, в области температур 78 — 95°К  $\sigma$  и  $R$  практически не изменяются с температурой. Выше этой температуры  $\sigma$  возрастает, а  $R$  уменьшается\*. Энергия активации  $\Delta E$ , определенная по формуле для компенсирован-

ного полупроводника ( $N \sim e^{-\frac{\Delta E}{kT}}$ ), составляет 0,045 — 0,054 эв по  $\sigma(T)$  и 0,044 эв по  $R(T)$ . Эти значения  $\Delta E$  близко совпадают с литературными данными. При  $T > 130^\circ\text{K}$  все образцы обладают собственной проводимостью.

Подвижность дырок в области температур 78  $\div$  120°К почти постоянная и составляет  $(3 \div 4,5) \cdot 10^3 \frac{\text{см}^2}{\text{сек}}$ .

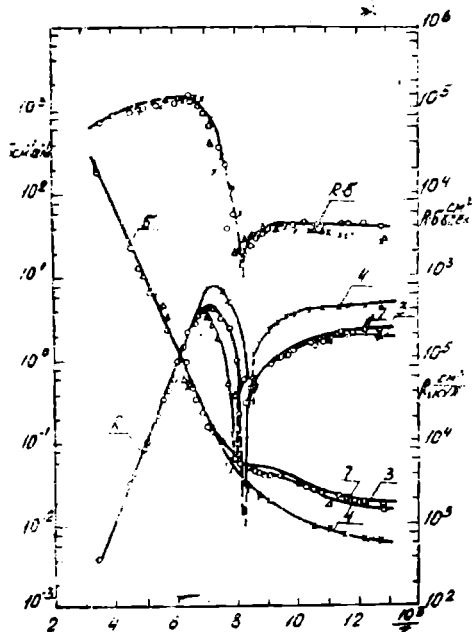


Рис. 1. Температурная зависимость электропроводности  $\sigma$ , коэффициента Холла  $R$  и подвижности  $R\sigma$  образцов 3, 4 и 7 после диффузионного отжига.

#### Выводы

Путем диффузии меди в  $n$ -InSb можно получать образцы  $p$ -типа с низкой концентрацией дырок и достаточно высокой подвижностью.

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе АН СССР  
Физико-технический институт АН Туркменской ССР

Поступило  
19 января 1965 г.

\* В образце 4 в низкотемпературной области  $R$  практически остаётся постоянным.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Blunt R. F. — Bull. At. Phys. Soc., 3, 2, 115, 1958.
2. Engeler W., Levinstein H., Stannard C. — J. Phys. Chem. Solids, 22, 249, 1961.
3. Виноградова К. И., Наследов Д. Н., Попов Ю. Г. и Сметанникова Ю. С. — Известия АН СССР, сер. физ. 28, 6, 959, 1964.
4. Hulme K. F., Mullin I. B. — Solid-State Electronics, 5, 211, 1962.
5. Stocker H. I. — Phys. Rev., 130, 6, 216, 1963.
6. Волков А. С., Галаванов В. В., Рзаев М. А. — Тезисы докладов на совещании по  $p-n$ -переходам в полупроводниках, г. Рига, май, 1964 г.

С. Суханов  
М. В. Арустамова  
И. В. Петрова

### КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ ХОЛЛА ИЗ $\text{InSb}$ С ПОВЫШЕННОЙ ВОЛЬТОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ

Технология изготовления очень тонких кристаллических датчиков Холла отличается от технологии изготовления обычных датчиков, толщина которых превышает 100 микронов [1, 2 и 3].

Тонкие кристаллические датчики Холла изготавливались следующим образом. Полупроводниковая пластинка из  $\text{InSb}$  толщиной 500—800 микронов наклеивалась на ферритовое основание, которое имело форму прямоугольного параллелепипеда. Для того склеиваемые поверхности феррита и полупроводниковой пластинки обрабатывались до 13—14 класса чистоты, тщательно очищались от грязи и жира различными методами химической очистки, после чего полупроводниковая пластинка наклеивалась на ферритовое основание клеем ЭКС-1 и устанавливалась в специальное прижимное устройство, которое обеспечивало давление на пластинку всего в несколько граммов. Полимеризацию клея осуществляли в термостате при температуре 120°C в течение 6 часов.

После полимеризации толщина полупроводниковой пластинки доводилась путем шлифовки на порошке М14 до 150—200 микронов, затем на ультразвуковом станке с помощью специальных штампов из нее вырезался датчик с заданными геометрическими размерами и формой (рис. 1). Затем толщина датчика путем последовательной шлифовки на отмученных порошках М7, М5, М3 и М1 доводилась до 40÷3 микронов, после чего наносились контакты и припаивались электроды с помощью миниатюрного паяльника. Некоторые данные исследованных датчиков Холла приведены в табл. 1.

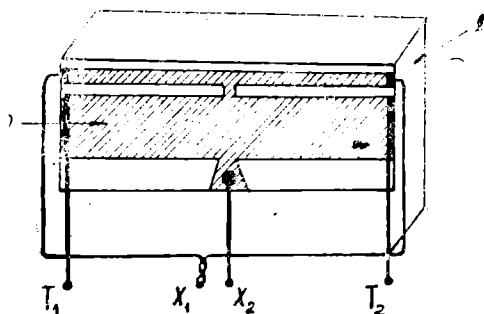


Рис. 1. Схематическое изображение датчика Холла. 1 — Ферритовое основание; 2 — пластинка датчика Холла.

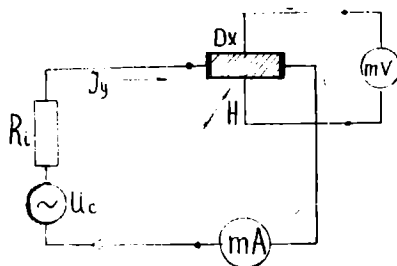


Рис. 2. Электрическая схема измерения характеристик датчика Холла.

На рис. 2 показана электрическая схема измерения характеристик тонких кристаллических датчиков Холла. Датчик питался от звукового генератора, частота управляющего тока была 400 гц.

Исследованы следующие характеристики датчиков: контактные сопротивления электродов, эдс неэквивалентности выходных электродов, температурный коэффициент, зависимости  $R_T = f(I_y)$ ,  $\gamma = f(I_y)$ ,  $\gamma = f(d)$  и  $U_x = f(I_y)$ , которые приведены на рис. 3. Из рисунка видно, что вольтамперная характеристика датчиков Холла прямолинейная до соответствующей величины управляющего тока. Для датчиков № 1 и 2 величина этого тока больше 200 ма, для № 3,—130 ма и для № 4—80 ма. Однако эксперименты показали, что датчики № 3 и 4 устойчиво работают при величине управляющего тока 125 и 150 ма. При этом вольтовая чувствительность для датчика № 3 была 600 мкв/эрстед, для датчика № 4—720 мкв/эрстед, что в два — три раза выше чувствительности обычных датчиков Холла. Из рис. 3 видно также, что вольтовая чувствительность датчиков резко увеличивается при толщине датчика около 3 микрон.

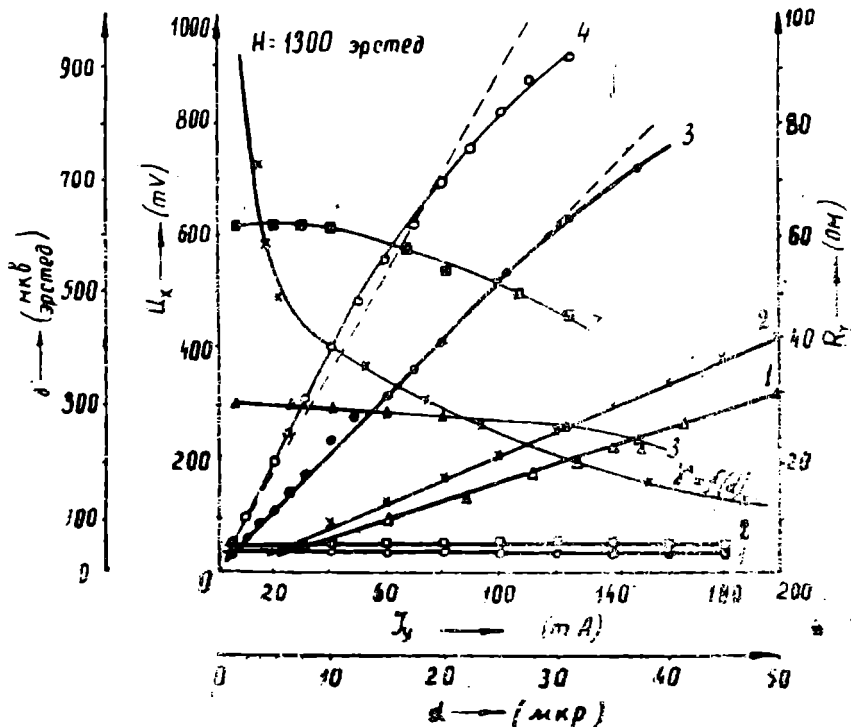


Рис. 3. Зависимости  $R_T = f(I_y)$ ,  $\gamma = f(I_y)$ ,  $\gamma = f(d)$  и  $U_x = f(I_y)$  для тонкого кристаллического датчика из InSb.

Теоретический расчет и опытные данные подтвердили, что условие  $R_{обр} \gg R_k$  выполняется в достаточной степени, то есть сопротивление самого образца на два—три порядка выше, чем контактные сопротивления (при комнатной температуре).

По данным измерения коэффициент неэквивалентности холловских электродов имел следующие значения: для датчика № 1  $k_{нэ} = 1,5\%$ , № 2  $k_{нэ} = 2,0$ , № 3  $k_{нэ} = 1,2$  и № 4  $k_{нэ} = 1,0\%$ . Следует отметить, что коэффициенты неэквивалентности довольно высокие, дальнейшее снижение  $k_{нэ}$  оказалось возможным только путем электрической и магнитной компенсации, так как устранение эдс неэквивалентности при изготовлении датчика не дало положительных результатов. Однако имеется реальная возможность уменьшения эдс неэквивалентности, если учесть минимальность асимметрии холловских электродов при конструировании штампов спецформ.

Испытания показали, что температурная стабильность датчика Холла в начальный момент в течение нескольких секунд неустойчива, в дальнейшем же температурная зависимость эдс Холла от времени постоянна. Изменение температуры окружающей среды от 20 до 50°C изменяет величину выходного эффекта на 2,0%.

Уменьшение толщины датчика до 3 микрон приводит к сильному увеличению входного и выходного сопротивлений, что позволит создать более качественный фазометр, чем фазометры на основе германиевых датчиков Холла.

Датчики Холла с повышенной вольтовой чувствительностью найдут широкое применение в технике съема кодовых импульсов с металлической ленты.

Дальнейшее усовершенствование технологии изготовления тонких кристаллических датчиков Холла и их термостабилизации несомненно приведут к еще большему повышению вольтовой чувствительности датчиков Холла из InSb.

Таблица 1

Номера датчиков Холла	Полупроводниковый материал		Длина мм	Ширина мм	Толщина мм	$R_m$	$R_x$	
	$R_{см^2/кул}$	$дсм^2/в \cdot сек$						
1	InSb	340	76000	8	2,5	0,040	3,4	6,4
2	"	340	76000	8	2,5	0,032	5,0	7,8
3	"	340	76000	8	2,5	0,0053	30,0	70,0
4	"	340	76000	8	2,5	0,003	62,0	120,0

Физико-технический институт  
АН Туркменской ССР

Поступило  
16 февраля 1965 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Зотова Н. В., Наследов Д. Н. — ФТТ, т. 1, вып. 11, 1690—1693, 1959.
2. Суханов С. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 3, 4—9, 1961.
3. Суханов С., Агаев Я., Арустамова М. В. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 4, 9—15, 1963.

О. Овезгельдыев

### О МЕХАНИЗМЕ ОБРАЗОВАНИЯ $E_s$ В СРЕДНИХ ШИРОТАХ

Существование спорадического слоя  $E$  установлено давно, но до настоящего времени не выяснен механизм его образования, что и явилось целью настоящей работы.

Рассмотрим основные особенности слоя  $E_s$  по сравнению с регулярными слоями ионосферы, установленные в результате экспериментальных исследований.

1. Прозрачность спорадического слоя  $E$ .

При радиозондировании ионосферы одновременно наблюдаются радиоволны, отраженные от  $E_s$  и вышележащих слоев ионосферы. В большинстве случаев  $E_s$  бывает частично прозрачным, то есть одновременное отражение от  $E$  спорадического и от вышележащих слоев наблюдается только для более высоких частот, а в некоторых случаях наоборот, слой  $E$  спорадический вообще не прозрачен и полностью экранирует вышележащие слои ионосферы.

2. Нерегулярность появления спорадического слоя  $E$ .

Результаты исследования, проводимого в течение ряда лет, показывают, что можно говорить лишь о вероятности появления этого слоя, которая зависит от времени суток и года, широты и долготы места наблюдения и от ряда геофизических явлений.

3. Отражение от слоя  $E$  спорадического не сопровождается групповым запаздыванием в области «критической» частоты отражения.

4. Пространственная ограниченность  $E_s$ .

Исследования, проведенные методом ВНЗ [1, 2], показывают, что  $E_s$  имеет горизонтальные размеры порядка нескольких сот километров.

5. Горизонтальный дрейф  $E_s$ .

По наблюдениям в Ашхабаде [3] средняя скорость горизонтального дрейфа слоя  $E$  спорадического лежит в пределах 60—90 м/сек. и увеличивается ото дня к ночи. Направление движения непрерывно меняется в течение суток, скорость дрейфа имеет постоянную, суточную и полусуточную составляющие, причем преобладающей является последняя.

6. Дневной и ночной спорадический слой  $E$  по параметрам неоднородностей существенно различны [3]:

а) степень анизотропии неоднородностей имеет тенденцию к уменьшению ото дня к ночи;

б) направление вытянутости неоднородности в дневное время устойчиво ориентировано вдоль магнитного меридиана, что не наблюдается в ночное время;

в) среднеквадратичная скорость хаотического движения неоднородности в дневное время значительно меньше, чем в ночное.

7. Предельная частота отражения от  $E_s$  зависит от параметров аппаратуры (мощности передатчика, чувствительности приемника, диаграммы направленности антенн).

8. Крайняя неустойчивость предельной частоты отражения и частоты экранировки спорадического слоя  $E$  ионосферы.

Исследования показывают [4, 5], что предельная частота отражения и частота экранировки  $ES$  испытывают случайные вариации от одного сеанса наблюдений другому при непрерывном вертикальном зондировании ионосферы. Причем предельная частота отражения от  $E$  спорадического более неустойчива, чем частота экранировки. Среднее абсолютных значений вариаций предельной частоты отражения за 40 сек. для дневного и ночного времени соответственно 0,07 и 0,22 мгц. В некоторых случаях предельные частоты отражения испытывают также периодические вариации от нескольких минут до двух часов.

9. Слой  $E$  спорадический нередко обеспечивает возможность радиосвязи в диапазоне УКВ на дальние и сверхдальние расстояния за счет рассеяния радиоволн от мелкомасштабных неоднородностей  $ES$ .

Для того, чтобы дать объяснение перечисленным особенностям  $ES$ , в течение ряда лет выдвигались различные предположения о структуре этого слоя. В частности для объяснения прозрачности выдвинуто предположение об облачной структуре спорадического слоя  $E$ , согласно которому слой состоит из скопления неоднородностей ионизации [6, 8]. Эти неоднородности ионизации, частично рассеивая энергию падающей волны обратно, частично пропускают ее вверх. Следовательно, на ионограмме видны отражения от  $ES$  и от вышележащих слоев ионосферы. Далее, чтобы объяснить сверхдальнее распространение УКВ через  $ES$  выдвинуто предположение, что эти неоднородности ионизации анизотропны. Исследования, проведенные в Ашхабаде, подтверждают анизотропность неоднородностей ионизации спорадического слоя  $ES$ .

Для объяснения экранирующей особенности предположено, что спорадический слой представляет собой тонкий слой повышенной ионизации [9] или градиент электронной плотности в  $E$  области ионосферы [10], который, полностью отражая падающую энергию, за исключением области предельной частоты отражения, где имеет место частичное просачивание через слой, экранирует вышележащие слои ионосферы. Большая анизотропность неоднородностей ионизации спорадического слоя  $ES$ .

Вопрос о механизме образования этих структур типов  $E$  остается пока открытым. Все предложенные механизмы можно разделить на две группы. К первой группе относятся те механизмы, в которых  $ES$  рассматривается как результат непосредственного воздействия внешних агентов ионизации (корпускулярных потоков, метеорных частиц). Во второй группе механизмов  $ES$  рассматривается как результат перераспределения существующей ионизации в  $E$  области ионосферы.

Как показано нами ранее, механизмы, относящиеся к первой группе, не могут объяснить образования  $ES$  в средних широтах. Поэтому мы рассмотрим механизмы, относящиеся ко второй группе. Еще в 1951 г. Н. М. Ерофеев высказал мысль о решающей роли динамики  $E$  области ионосферы в образовании  $ES$  [11]. В дальнейшем подробно развит один из механизмов образования  $ES$  за счет динамики  $E$  области ионосферы. Этот механизм предложен Данжи [12, 13] и заключается в следующем. Если вектор скорости горизонтального движения частично ионизованного газа в ионосфере имеет большие вертикальные градиенты, то при определенных условиях может возникать плотный слой повышенной ионизации за счет вертикального движения ионизованного компонента.

В дальнейшем Уайтихед [14, 15] и Аксфорд [16] развили этот механизм для объяснения образования  $ES$  в средних широтах. Согласно Уайтихеду и Аксфорду,  $ES$  в средних широтах представляет собой тонкий слой повышенной ионизации в  $E$  области ионосферы. Уайтихед, на основе полученных им теоретических вычислений, попытался объяснить широтные и высотные закономерности появления и другие особенности спорадического слоя  $E$ . В качестве основного аргумента, подтверждающего его теорию, он рассматривает обнаруженную ранее им и Хейслером [17] линейную зависимость  $PE_S > 5$  мгц от горизонтального поля  $H$ . Однако исследованиями показано [20, 21], что линейная зависимость  $PE_S > 5$  мгц от  $H$  составляющей магнитного поля имеет место в основном только летом в дневное время суток и только для  $PE_S > 5$  мгц, то тогда как для общей  $PE_S$  и  $PE_S > 7$  мгц такой зависимости ни в дневное, ни в ночное время суток не существует. Поэтому, полученная в [17] линейная зависимость  $PE_S > 5$  мгц от  $H$  составляющей магнитного поля не может служить основой, подтверждающей теорию Уайтихеда.

Недавно Лайза опубликовал работу [20], в которой детально анализирует теорию Уайтихеда [14, 15] и Аксфорда [16]. Он показал, что пренебрежение горизонтальным полем поляризации [14, 15, 16] существенно искажает картину. На основе анализа он приходит к выводу, что механизм, развитый Уайтихедом и Аксфордом, не может быть причиной образования  $ES$ .

Нам предлагается возможный механизм образования  $ES$  в средних широтах. Известно, что если в атмосфере движутся друг над другом две области с разной скоростью, причем нижняя более плотная и холодная, то на поверхности раздела таких областей при выполнении определенных условий возникают ячейковые циркуляции, связанные с разрушением волн, возникающих у поверхности раздела [21, 22]. Согласно Лайхтману [22], волна теряет устойчивость, если квадрат половины разности скоростей движения двух областей превышает некоторую величину, то есть

$$v^2 > \frac{g}{K^2} \frac{\frac{\beta}{2} + K \frac{\Delta T}{T}}{1 - \left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2}, \quad (1)$$

где  $g$  — ускорение силы тяжести;

$$\beta = \frac{1}{T} \left( \frac{dT}{dz} + \gamma a \right);$$

$\gamma_0 = 0,01 \frac{\text{град}}{\text{моль}}$  сухадиабатический градиент температуры;  $\frac{dT}{dz}$  — градиент температуры;

$$T = \frac{T_1 + T_2}{2}; \quad \Delta T = \frac{T_2 - T_1}{2},$$

$T_1$  — температура нижней области;  $T_2$  — температура верхней области;

$K = \frac{2\pi}{\lambda}$  — волновое число.

Длина волны  $\lambda$  определяется выражением

$$\lambda = \frac{2\pi}{g} v^2 \frac{T_1 + T_2}{\sqrt{(T_2 - T_1)^2 + \frac{v^2 \beta T_1 T_2}{g_2} (4g - \beta v^2)}}. \quad (2)$$

Согласно стандартной атмосфере ARDC—1959, в интервале высот от 100 до 160 км существует резкое увеличение температуры со средним градиентом 0,019 градус/м. Кроме того, как показывают экспериментальные данные, в  $E$  области ионосферы существует большой градиент скорости ветра 23,24. Поэтому существование ячейковой циркуляции в  $E$  области ионосферы вполне возможно. Как показывают ориентировочные подсчеты, согласно выражениям (1) и (2), в  $E$  области ионосферы могут возникнуть атмосферные волны длиной несколько километров, которые теряют устойчивость, когда градиент скорости превышает 10 м/сек. на один километр.

Наличие ячейковой циркуляции в некотором интервале высот  $E$  области ионосферы должны вызывать перенос ионизации из участков с большой плотностью ионизации в участки с малой плотностью, что на плавной высотной кривой изменения электронной плотности будет отмечаться как некоторый резкий градиент. Это будет особенно существенно в нижней части слоя  $E$ , где отмечается большой градиент электронной плотности ( $10^4$  эл/см<sup>3</sup> на 1 км) [25]. Кроме того, электронная плотность в этой области в горизонтальном направлении будет иметь также большие флуктуации, так как перенос ионизации обусловлен ячейковыми циркуляциями. Там, где в ячейках движение направлено вниз, электронная плотность будет больше, чем в области, где движение направлено вверх, то есть структура этой области будет иметь решетчатый характер. Однако существование турбулентности в этой области может в некоторой степени искажать регулярность решетчатой структуры. Если в такой области распространяются радиоволны, мы, наряду с отражением от резкого градиента, будем наблюдать также рассеяние от флуктуаций электронной плотности, и в этом случае на ионограмме спорадический слой  $E$  будет отмечаться как полупрозрачный слой. В случае, когда преобладающими являются отражения от градиента электронной плотности, на ионограмме отмечается полностью экранирующий слой  $E_s$ , а в случае преобладания рассеяния — прозрачный слой  $E_s$ .

### Выводы

Этот механизм образования  $E_s$  в средних широтах, по-видимому, объясняет все основные особенности этого слоя, рассмотренные выше. Кроме того, по нашему мнению, этим же механизмом можно объяснить образование  $E_s$  не только в средних широтах, но и образование некоторых типов  $E_s$  в высоких широтах и экваториальной области.

Отдел геофизики и сейсмологии  
АН Туркменской ССР

Поступило  
20 июля 1964 г.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Villard O. G., Peterson J. A., Manning L. A.—Proc. Inst. Radio Eng. Vol. 40, 292, 1952.
2. Sheorman E. D. R. and Harwood J.—j. Atmos. and Terrest. Phys. vol. 18, 1, 1960.
3. Овезгельдыев О. — Кандидатская диссертация. Томский государственный университет, 1962.

4. Овезгельдыев О. — Геомagnetизм и астрономия, т. 4, № 5, 954, 1964.
5. Heisler L. H. and Whitehead J. D. — *J Atmos. and Terrest. Phys.* vol. 24. IX-1962.
6. Альперт Я. Л. — Распространение радиоволн и ионосфера. Изд. АН СССР, 1960.
7. Renay J. — *J Geophys. research.* vol. 66, № 7, 2121, 1961.
8. Voge J. — *Ann. telecommun.*, vol. 16, № 1—2, 62, 1961.
9. Whale H. A. — *J Atmos. and Terrest. Phys.* vol. 1, 233, 1951.
10. Кессених В. Н. — Распространение радиоволн. Гос. изд. тех. теор. литер. 1952.
11. Ерофеев Н. М. — Кандидатская диссертация, МГУ, 1951.
12. Dungey J. W. — *J Atmos. and Terrest. Phys.* vol. 8, № 39, 1956.
13. Dungey J. W. — *J Geophys. research.* vol. 64, № 12, 1288, 1959.
14. Whitehead J. D. — *J Atmos. and Terrest. Phys.* vol. 20, № 1, 49, 1961.
15. Whitehead J. D. — *Ionospheric sporadic E* edited by E. K. Smith, Pergamon press, Oxford, vol. 6, 276, 1962.
16. Axford W. I. — *J Geophys. research.* vol. 68, № 3, 769, 1963.
17. Heisler L. H. and Whitehead J. D. — *Nature*, vol. 187, № 4738, 667, 1960.
18. Овезгельдыев О., Васильева Е. К. — Геомagnetизм и астрономия, т. 4, № 2, 409, 1964.
19. Овезгельдыев О., Васильева Е. К. — Известия АН СССР, сер. ФТХиГН, № 1, 1965.
20. Layzer D. — *J Geophys. research.* vol. 69, № 9, 1853, 1964.
21. Гандин Л. С. — Тр. ГГО, вып. 6, (68), 17, 1947.
22. Лайтхман Д. Л. — Тр. ГГО, вып. 2(64), 3, 1947.
23. Миркотан С. Ф., Кушнеревский Ю. В. — Неоднородная структура и движения в ионосфере. Наука, 1964.
24. Rosenberg N. W. — *J Geophys. research.* vol. 68, № 10, 3057, 1963.
25. Седден Дж. К., Дженсон Дж. Е. — Исследования верхней атмосферы с помощью ракет и спутников. Изд. ИЛ, М., 421, 1961.

М. М. Судо

## СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ МОЛЛЮСКОВ РОДА SPANIODONTELLA И BARNEA В МИОЦЕНЕ ЗАПАДНОГО ТУРКМЕНИСТАНА

Эндемичные двустворчатые моллюски рода *Spaniodontella* и *Barnea* характеризуются широким ареалом географического распространения и узким вертикальным распределением по разрезу миоцена в пределах обширной Понто-Каспийской области, что обусловило их исключительно большую роль в стратиграфии миоценовых отложений юга СССР.

Первые представители спаниодонтелл (*Spaniodontella intermedia* (Andrus.) Bajar.) и барней (*Barnea tschokrakensis* Zhizh.) в Западной Туркмении впервые появляются в отложениях чокракского горизонта, содержащих богатый и разнообразный комплекс моллюсков [6]. Хрупкие раковинки *Spaniodontella intermedia* довольно часто встречаются в чокракских отложениях, но господствующее развитие спаниодонтеллы получают в вышележащих отложениях караганского горизонта (рис. 1). Представлены они здесь, главным образом, видом *Spaniodontella pulchella* (Baily) и несколькими его разновидностями (*var. squamigera* Andrus., *var. opisthodon* Andrus., *var. umbonata* Andrus.), тесно связанными рядом переходных форм с основным видом. Реже встречаются три других вида: *S. gentilis* (Eichw.), *S. tapesoides* Andrus., *S. sukatschevae* Sudo nom. nsc.

*Spaniodontella pulchella* в основании горизонта почти неотличимы от *S. intermedia*. Постепенно нарастающие отличия заключаются в больших размерах и округленности, утолщенности кардинальных зубов и более слабом развитии задних боковых зубов.

*S. gentilis* характерны значительная оттянутость передней части раковины, широкая сильно завернутая вперед макушка; *S. tapesoides* отличается удлиненной «тапесообразной» формой раковинки, а *S. sukatschevae* — «гигантскими» для представителей рода размерами (более 16 мм). Наружная поверхность раковин этих видов украшена отчетливой концентрической ребристостью.

В отложениях туркменского горизонта присутствует лишь один исключительно своеобразный вид — *Spaniodontella?* (*Savanella*) *andrussovi* (Toula). Однако он так сильно отличается от остальных видов спаниодонтелл, что автор описания голотипа — Ф. Тула [8] — выразил колебание при отнесении его к роду *Spaniodontella*. С. Осипов [3] предложил выделить его в особый подрод, а Е. М. Жгенти [1], проанализировав глубокие различия между *S. andrussovi* (Toula) и типичными представителями рода



В картвельских отложениях барней являются монополюсными представителями моллюсковой фауны. В Западной Туркмении в картвельском горизонте установлено присутствие семи видов барней: *V. pseudoustjurtensis* Bog., *sinzovi* Ossip., *V. lilia* Sudo nom. nsc., *V. zhizhenkoi* Sudo nom. nsc., *V. rustaviensis* Schgenti, *V. scrinia* Bog., *V. kubanica* Zhizh. Морфология большинства из них свидетельствует о том, что к концу картвельского времени в результате приспособления к значительно изменившимся условиям обитания появились новые виды, уже значительно отличающиеся от исходных форм, существовавших в Чокракском, Караганском и Туркменском бассейнах.

Все представители барней, за исключением одного более эврибионтного вида — *V. kubanica* Zhizh., исчезают на границе с сартаганскими слоями конкского горизонта. Последние к тому же содержат богатый и разнообразный комплекс стеногалинных моллюсков [4, 5, 7, 9].

Таким образом, представители рода *Spaniodontella*, впервые появившись в чокракское время, достигли расцвета в Караганском бассейне, вытеснив подавляющее большинство других родов моллюсков и практически целиком вымерли на рубеже караганского и туркменского времени (рис. 1). Барней, также зародившиеся в Чокракском бассейне, составляли незначительный элемент моллюсковой фауны в Караганском и Туркменском бассейнах и превратились в монополюсно господствующую группу в Картвельском бассейне, которая затем вымерла на рубеже картвельского и конкского (сартаганского) времени (рис. 1). Обе эти эндемичные группы прекратили свое существование в момент, когда в бассейне наступили нормальные солевые условия, благоприятные для проникновения и существования стеногалинных форм. Именно в этом знаменательном факте заключается большое палеогеографическое, а вследствие этого, и стратиграфическое значение представителей родов *Spaniodontella* и *Barnea*.

История развития Понто-Каспийского миоценового бассейна характеризуется многократным циклическим изменением гидрологического режима от нормальной солености до значительного опреснения (рис. 1). При этом осадки каждого такого цикла развития бассейна принято выделять в качестве провинциальных ярусов а отложения, сформировавшиеся в промежуточную стадию (ступень) цикла, — в качестве соподчиненных ярусу стратиграфических подразделений — горизонтов [2, 4, 5, 7]. Так, например, в среднем миоцене отчетливо выделяются два цикла изменения гидрологических условий: с начала тарханского до конца караганского времени и с начала туркменского до конца картвельского времени. В соответствии с этим отложения тарханского, чокракского и караганского горизонтов объединены в один — крымский [2, 4, 5, 7], а отложения туркменского и картвельского горизонтов во второй — закаспийской [4, 7] ярусы.

Отложения тарханского, туркменского и конкского горизонтов являются осадками первой — нормально-морской стадии (ступени) развития бассейна (рис. 1). Чокракские и верхнетуркменские (слои с эрвлиями без стеногалинных моллюсков) отложения формировались в солоноватоводных бассейнах, то есть во вторую стадию после изоляции Крымского и Закаспийского бассейнов. Отложения караганского и картвельского горизонтов представляют осадки конечной стадии существования замкнутых и в силу этого значительно опреснившихся бассейнов. Именно значительное опреснение обусловило расцвет спаниодонтелл и барней и вымирание остальных — соленолобных моллюсков в Караганском и Картвельском бассейнах.

## Выводы

Представители родов *Spaniodontella* и *Barnea* претерпели глубокие изменения вследствие активного приспособления к специфическим условиям обитания в бассейнах со значительно пониженной соленостью.

Приспособившись к значительному опреснению, спаниодонтеллы и барней уже не смогли перенести резкого повышения солености в начале туркменского и конкского (сартаганского) времени и в неожиданно изменившихся новых условиях существования не выдержали конкуренции с многочисленными иммигрантами, проникшими в Туркменский и особенно Сартаганский бассейны. В этом заключается большое палеогеографическое значение этих эндемичных родов и в этом их огромная стратиграфическая ценность.

Выявление двух этапов опреснения в истории развития среднемиоценового бассейна позволяет выделить в ней два самостоятельных различных по масштабу и длительности цикла изменения гидрологического режима. Таким образом, подтверждается правомерность объединения отложений тарханского, чокракского и караганского горизонтов (первый цикл) в «крымский», а отложений туркменского и картвельского горизонтов (второй цикл) в «закаспийский» провинциальные ярусы [5, 7].

Сартаганские слои конкского горизонта, содержащие стеногалинную фауну, являются осадками первой — нормально-морской стадии нового — верхнемиоценового цикла развития Понто-Каспийского бассейна и должны быть включены в состав верхнего миоцена.

1. Жгенти Е. М. — Сообщения АН Грузинской ССР, т. XXVII, № 1, 1961.
2. Жижченко Б. П. — Принципы стратиграфии. Гостоптехиздат, 1958.
3. Осипов С. С. — Караганский и конкский горизонты. Руководящие ископаемые нефтяных районов Крымско-Кавказской области. III—IV, 1932.
4. Судо М. М. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 4, 123, 1961.
5. Судо М. М. — Стратиграфия, фауна и палеогеография среднего миоцена Западного Туркменистана. Автореферат. Изд. АН УССР, Киев, 1962.
6. Судо М. М. — В сб. Новые данные по геологии Туркменской ССР, вып. 1, 1963.
7. Судо М. М. — Известия АН ТССР, сер. ФТХиГН, № 1, 88, 1964.
8. Toula F. — Geologische Untersuchungen im ostlichen Balkan. Denhschriften der Kaiserlichen Akademie Wissenschaften. V. LVII. 1890. Wien.
9. Эберзин А. Г. — В сб. Геология и нефтегазоносность юга СССР. Туркменистан и Западный Казахстан. Тр. КЮГЭ, вып. 5. Гостоптехиздат, 1960.

В. А. Ефремов

### ОБ АКТЕПИНСКИХ СЛОЯХ НИЗМЕННЫХ КАРА-КУМОВ

В южной части Низменных Кара-Кумов разрез морского палеогена венчает пачка светло-серых песков и рыхлых песчаников. Положение в разрезе и вещественный состав этой пачки позволяют отнести ее к актепинским слоям.

Первые сведения о присутствии в Низменных Кара-Кумах (район пос. Бахардок) над глинистыми отложениями палеогена пачки сероцветных песков и песчаников получены А. Г. Блискавкой и Г. А. Габриэлянцом в 1961 г. Они при обработке геологических материалов регионального профиля Ашхабад—Ташауз в составе карагауданской свиты выделили две пачки: нижнюю—сероцветную «алевролит-песчаную» и верхнюю — красноцветную «глинисто-конгломератовую».

В 1963—1964 гг. при проведении геолого-съемочных работ к западу и востоку от линии Бахардок—Ербент обе пачки вскрыты рядом картировочных скважин. Хороший выход керн позволил четко охарактеризовать их литологический состав и фациальную изменчивость по площади. Кроме того, в результате корреляции геоэлектрических разрезов этих скважин с профильными удалось выяснить в первом приближении область распространения сероцветной пачки. Установлено, что отложения, слагающие ее, развиты в полосе шириной 30—35 км, вытянутой меридионально от колодцев Оюклы (южнее их неогеновые отложения на полную мощность не пройдены) до широты Кызыл-Арвата (на севере). К востоку от этой полосы они бурением вскрыты не были. Здесь пачка песков и песчаников либо размыва, либо, что более вероятно, вовсе не отлагалась. Северная граница площади развития сероцветных отложений проходит по кромке борта глубокого среднеплиоценового вреза, западная — не установлена.

Пачка сероцветных песков и песчаников во всех случаях заканчивает разрез морского палеогена. Иногда она с размывом ложится на глины нижнеолигоценного возраста\* (район колодцев Оюклы), чаще — на пятнистые алевролиты и глины верхнего эоцена. В зоне сочленения предгорного прогиба и южного склона эпигерцинской платформы эта пачка перекрывается красноцветами карагауданской свиты (переход к ним постепенный), а на самом склоне — чаще известняками и мергелями караганского горизонта.

Таким образом, положение в разрезе описываемой сероцветной песчаной пачки Низменных Кара-Кумов и актепинских слоев Копет-Дага аналогично. Если же учесть их литологическое сходство, то вывод об отнесении этой пачки к актепинским слоям, на наш взгляд, становится несомненным.

Актепинские слои в Низменных Кара-Кумах так же, как и в Копет-Даге, представлены песками с прослоями песчаников, реже алевролитов и глин. Пески тонко- и мелкозернистые, иногда со слабым зеленоватым оттенком, в верхах обычно пятнистые (на светлом фоне буроватые пятна). Песчаники и алевролиты имеют аналогичную окраску, цемент их гипсовый, крупнокристаллический. Песчаные и алевроитовые зерна в основном представлены кварцем (более 70%), в подчиненных количествах — обломками полевых шпатов, кварцитов и эффузивов. Глины бурые, красноватые с пятнами серовато-зеленого цвета, по составу гидрослюдистые. Пески с прослоями песчаников слагают разрезы актепинских слоев в западной части площади их развития, а пестроцветные глины появляются только на востоке. Аналогичная картина наблюдается и в Копет-Даге: в районе Актепинской и Келятинской гряд они представлены песками с прослоями рыхлых песчаников, а в Гяурс-Даге среди них появляются прослойки окрашенных пород.

\* Не исключено, что в процессе дальнейших исследований верхние горизонты их могут отойти к среднему олигоцену.

В связи с тем, что в ряде случаев буровые скважины в Низменных Кара-Кумах проходят без отбора керна, представляется целесообразным привести здесь параметров геофизических свойств актепинских слоев. На коротажных диаграммах сероцветные песчаные образования резко отличаются от подстилающих и перекрывающих их пород. Слабо дифференцированные кривые кажущегося сопротивления и потенциалов собственной поляризации образуют неглубокую «депрессию» с двумя или тремя «пиками» посередине, соответствующими пластам загипсованных песчаников и алевролитов. Значения КС колеблются от 0,2 до 2 ом, значения ПС всегда отрицательны.

Мощность актепинских слоев в южной части Низменных Кара-Кумов изменяется незначительно: на юге, в районе колодцев Оюкты, она составляет немногим больше 30 м и уменьшается на север до 17 м.

Возраст актепинских слоев в Низменных Кара-Кумах по положению в разрезе и по аналогии с Гяурс-Дагом и Центральным Копет-Дагом устанавливается как верхнеолигоценый.

Условия образования описываемых слоев в настоящее время полностью не выяснены. Можно лишь предполагать, что во время их накопления в пределах рассматриваемой территории существовал мелководный бассейн, в который с южного копет-дагского берега стекали пресные воды, доставляющие песчаный материал. С другого северного берега такого притока не было, именно поэтому там неоднократно возникали засоленные лагуны, в которых происходило одновременное накопление тонкого алевроитово-песчаного материала и гипса.

Область сноса актепинских слоев устанавливается сравнительно легко. Она располагалась к югу от Низменных Кара-Кумов, в пределах зарубежной части Туркмено-Хорасанских гор (в Копет-Даге изверженные породы эрозией не вскрыты). Это подтверждается следующими положениями: во-первых, в северном направлении происходит заметное уменьшение гранулометрического состава терригенных пород: пески и песчаники замещаются алевроитовым материалом; во-вторых, в этом же направлении описываемые сероцветные отложения выклиниваются, и более молодые слои трансгрессивно залегают на подстилающих их верхнеолигеновых глинах.

#### Выводы

Установление актепинских слоев в Низменных Кара-Кумах позволяет уточнить: 1. Схему стратиграфии верхов палеогена этой области и выделить отложения верхнеолигенового возраста.

2. Нижнюю возрастную границу карагауданской свиты (нижний миоцен?).

3. Начало качественно нового этапа в истории геологического развития рассматриваемого региона.

4. Получить хороший, легко опознаваемый в разрезах буровых скважин стратиграфический репер.

Центральная комплексная тематическая экспедиция  
ГПГК ТССР

Поступило  
25 мая 1964 г.

Л. Д. Ятченко

### НОВОЕ О ВОСТОЧНОЙ ГРАНИЦЕ МОРСКОГО АКЧАГЫЛА В ЗАПАДНОМ КОПЕТ-ДАГЕ

До последнего времени граница морских отложений акчагыла проводилась в низовьях Ходжакалинской долины, по меридиану г. Кизыл-Арвата [2]. Автор обнаружил лагунные (опресненные) осадки акчагыла значительно восточнее, в верховьях указанной долины [3]. В 1963 г. лагунные отложения акчагыла установлены еще восточнее, на водоразделе между реками Сумбар и Арваз (Караульское плато) и в долине р. Арваз. В Арвазской долине, совпадающей с осью одноименной синклинали, акчагыльские отложения располагаются на разной высоте по отношению к урезу воды: в низовьях долины в 25—30 м, а в верховьях — в 2—3 м. На всем протяжении долины акчагыл прилегает к меловым породам, слагающим борта долины с угловым несогласием 60—70° проникает в притоки и «запечатывает» Нухурский сбросо-сдвиг, пересекающий Арвазскую синклираль. На Караульском плато акчагыл, изогнутый в широкую и пологую субмеридиональную антиклираль, налегает на отложения верхнего мела с угловым несогласием 4—6°.

Представлен акчагыл пачкой (12—15 м) пролювиальных конгломератов, состоящих из плохо окатанной гальки и валунов меловых песчаников и алевролитов. В конгломератах присутствуют линзы зеленовато-серых песчаных глин мощностью до 2 м с тонкими прослоями известковистых туфов. В районе Караульского плато на акча-

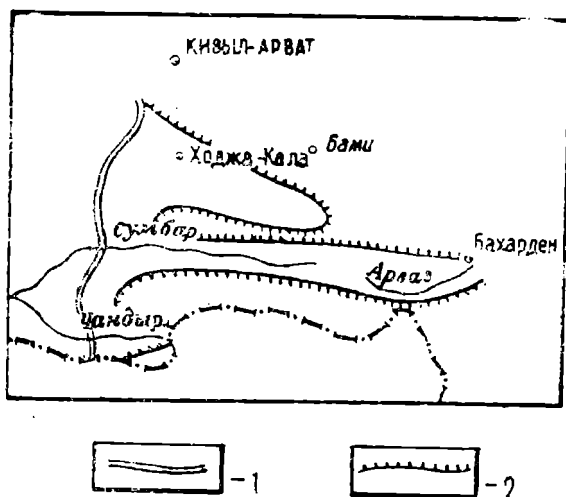


Рис. 1. Схема распространения морских осадков Акчагыла в Западном Копет-Даге. Восточная граница: 1 — по И. А. Резанову; 2 — по новым данным.

*Lyocypis gibba* (Ramdohr.), *J. brady* Sars. (определены Т. Р. Розьевой), часто встречающимися в пресноводных (лагунных) отложениях акчагыльского яруса [1]. Растительные остатки аналогичны описанным ранее [3].

#### Выводы

1. Граница морских осадков акчагыла в Западном Копет-Даге проходит по меридиану пос. Бахарден.
2. Наличие глин с ископаемыми остатками в толще конгломератов свидетельствует о том, что в речные долины (Чандырскую, Сумбарскую, Ходжакалинскую и Арвазскую), заполнявшиеся грубообломочным материалом, периодически проникали воды акчагыльского бассейна.
3. Характер залегания акчагыла в Арвазской синклинали позволяет датировать возраст синклинали и Нухурского разрыва как доакчагыльский.

Центральная комплексная тематическая экспедиция  
ГПГК ТССР

Поступило  
5 мая 1964 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мандельштам М. И., Маркова Л. П., Розьева Т. Р., Степанайтыс Н. Е. — Остракоды плиоценовых и постплиоценовых отложений Туркменистана. АН ТССР, 1962.
2. Резанов И. А. — Тектоника и сейсмичность Туркмено-Хорасанских гор. АН ТССР, 1959.
3. Ятченко Л. Д. — Известия АН ТССР, № 2, 124, 1964.

Г. Н. Джабаров  
А. А. Мания  
Е. М. Арзуманова

#### О ПРИСУТСТВИИ ЗОНЫ *HYRHANTOCERAS REUSSIANUM* В ЦЕНТРАЛЬНОМ, ВОСТОЧНОМ КОПЕТ-ДАГЕ И ГОРНОМ БАДХЫЗЕ

Наличие верхне-туронской зоны *Hyrhantoceras reussianum* впервые установлено А. А. Атабековым [1] для Западного Копет-Дага. Однако более полная характеристика этой зоны дана в его более поздней работе, написанной совместно с А. А. Липачевой [2].

В Центральном и Восточном Копет-Даге, так же как и в Западном, туронские отложения широко распространены. Верхняя часть этих отложений одним из авторов данного сообщения выделена в отдельный горизонт с морскими ежами под названием «горизонт с *Holaster planus* [3], переименованный в дальнейшем в «горизонт с *Sternotaxis planus*» [4]. Для этого горизонта характерны: *Lewesiceras* sp., *Inoceramus cuvieri* Sow., *Sternotaxis planus* (Mant.), *Micraster leskei* (Desm.), *M. corbovis* Forb., *Gibbithyris grandis* Sahni и др. При последующих исследованиях выяснено, что этот горизонт прослеживается и в пределах Горного Бадхыза, где он, так же как и в Копет-Даге, слагает верхнюю часть туронского разреза [5, стр. 380, пачка 10], хотя там и не обнаружены виды морских ежей, характерные для указанного горизонта. Во всех этих районах верхняя часть верхнего турона представлена плотными известняками с прослоями мергелей, образующих в обнажениях отчетливо выраженную, но невысокую грядку. Эта часть верхнего турона является маркирующим горизонтом для всей исследованной нами территории. Мощность этих отложений в пределах Центрального Копет-Дага небольшая (от 1,2 до 3,0 м), но нередко достигает 6—7 м. В Восточном Копет-Даге и Горном Бадхызе она колеблется от 2 до 6 м.

При последующих исследованиях в 1962—1964 гг. авторами собрана богатая фауна из упомянутого горизонта Центрального, Восточного Копет-Дага и Горного Бадхыза. Детальное изучение аммонитов и иноцерамов, выполненное А. А. Мания и Е. М. Арзумановой, позволяет добавить к фаунистической характеристике горизонта с *Sternotaxis planus* еще и следующие виды: *Hypphantoceras reussianum* (Orb.), *Lewesiceras* cf. *peramplum* (Mant.), *L. cf. sharpei* (Spath), *Inoceramus undulatus* Mant, *In. striatop concentricus* Gümb. и ряд эндемичных видов: *In. alievi* Arzumanova sp. nov., *In. pavlovae* Arzum sp. nov., *In. turkmenensis* Arzum. sp. nov., *In. lepidus* Arzum sp. nov. (in. msc.), встречающиеся повсеместно в этом горизонте. Наличие раковин перечисленных аммонитов и иноцерамов в верхней части туронских отложений исследуемых районов позволяет вмещающие их слои отнести к зоне *Hypphantoceras reussianum*.

Следует сказать, что *Sternotaxis cf. planus* (Mant.) определен Г. Н. Джабаровым из керна скважины № 141 (глубина 226 м) Центральных Кара-Кумов.

#### Выводы

1. В Центральном, Восточном Копет-Даге и Горном Бадхызе установлено присутствие верхней зоны верхнего турона — зоны *Hypphantoceras reussianum*.
2. Предполагается развитие этой зоны также и в пределах Центральных Кара-Кумов.

Институт геологии  
ГК СССР

Поступило  
24 февраля 1965 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Атабекян А. А. — Материалы годичной сессии Ученого Совета ВСЕГЕИ по результатам работ 1958 г. Аннотации докладов, Л., 1960.
2. Атабекян А. А., Лихачева А. А. — Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 62, 1961.
3. Джабаров Г. Н. — Уч. зап. ТГУ, вып. 18, Ашхабад, 1961, стр. 73—74; 123—124.
4. Джабаров Г. Н. — Верхнемеловые морские ежи Центрального Копет-Дага и их стратиграфическое значение. Туркмениздат, 1964.
5. Калугин П. И., Дмитриев А. В. Тр. Института геологии, т. IV. Ашхабад, 1962.

Х. М. Мамедов  
М. Курбанов

#### О БУРНОНИТЕ В РТУТНОМ РУДОПРОЯВЛЕНИИ КАРА-ЕЛЧИ

Тщательное изучение минералого-геохимических особенностей ртутных рудопроявлений Западного Копет-Дага началось с 1962 г. в связи с постановкой поисковых работ на полиметаллы, а также на ртуть, сурьму, мышьяк и др., которые связаны с барито-витеритовыми жилами.

В геологическом отношении район ртутного рудопроявления Кара-Елчи занимает окончание Сюнт-Хасардагской брахиантиклинальной складки, сложенной песчано-глинистыми породами и глауконитовыми песчаниками нижнего мела.

Эти отложения рассечены многочисленными кальцитовыми и баритовыми жилами, связанными с главным широтным сбросом и ориентированы в субширотном и субмеридиональном направлениях.

По количеству и площади распространения кальцитовые жилы преобладают над баритовыми.

Главный рудный минерал — киноварь приурочивается к маломощной кальцитовой.

жиле, в которой встречаются также незначительные количества сфалерита, халькопирита, пирита и метациннабарита. Присутствие последних рудных минералов устанавливается только под микроскопом. Киноварь изучаемых рудопроявлений представлена главным образом в кристаллическом и в меньшей степени в порошковатом виде. Она встречается обычно в кальцитовой массе жилы, а также пропитывает приконтрактную часть вмещающих песчаников, образуя мелкую вкрапленность и тонкие прожилки.

Интересно отметить, что до настоящего времени на Кара-Елчинском киноварном месторождении не установлены минералы сурьмы и мышьяка, хотя они являются типичными спутниками киновари во многих известных месторождениях Союза.

При тщательном просмотре протолочек, изготовленных из образцов был встречен новый для Караелчинского месторождения минерал, который не был описан исследователями. Все данные, полученные при дальнейшем изучении этого минерала, показывают, что он является сульфантимонитом свинца и меди, то есть бурнонитом ( $PbCuSbS_3$ ). Наличие его устанавливает в коренных выходах кальцитовых и баритовых жил, в незначительном количестве присутствует в кальцитовых жилах центрального участка в районе так называемого Персидского ходка. Наибольшее распространение бурнонита отмечается в баритовой жиле в районе Эрикли восточного участка.

Бурнонит образует мелкую вкрапленность в кальците, чаще в барите, а также во вмещающих песчаниках и аргиллитах.

Бурнонит под бинокуляром характеризуется сильным металлическим блеском, темным свинцово-серым цветом, иногда с томпаково-бурой побежалостью; черта темно-серая. Спайность не наблюдается. Излом неровный. Твердость очень низкая (2,5—3,0). Удельный вес около 6.

Хорошо образованные кристаллы встречаются очень редко, причем небольшого размера (0,5 мм), поэтому определить кристаллографические константы не удалось. Отдельные зерна, наблюдаемые в протолочках под бинокуляром имеют короткопризматический, таблитчатый габитус с хорошо выраженными гранями и ребрами. В шлифах отдельные срезы этого минерала дают пятиугольные, шестигугольные и восьмиугольные контуры. В единичных случаях встречен четверник в виде креста, который характерен для бурнонита. Иногда наблюдаются сростки бурнонита с киноварью.

В полированном шлифе он анизотропный, более светлый, чем киноварь, но темнее, чем галенит. В бурноните имеются включения халькопирита. Четко наблюдаются выделения киновари вокруг зерен бурнонита. Из вторичных продуктов по бурнониту развиты малахит, азурит, самородная сера, грязная зеленовато-желтая охра и белый порошковатый минерал, по-видимому, являющийся окисью сурьмы.

Чисто отобранные пробы бурнонита подвергались спектральному анализу и обнаружены следующие элементы: Pb, Cu, Sb — очень много; Si, Al, Ca — около 1%; As, Bi, Mg, Fe — 0,1%; Ba, Sr, Mn, Ag — 0,01%; Hg, Ti, Cr — 0,001. Очень интересно отметить присутствие примесей Hg, As, Bi, Ag, которые были установлены также в бурноните из других месторождений СССР.

Наличие Ba, Sr, Ca можно объяснить механической примесью соответствующих минералов, которые невозможно избежать при отборе мономинеральной пробы под бинокуляром. Наличие Mg, Ti, Cr и Al также, по-видимому, связано с посторонними примесями.

Для правильной диагностики минерал дополнительно анализировался в рентгенометрической лаборатории (аналитик М. Ниязова). Полученная рентгенограмма аналогична эталонной бурнонита.

Ввиду недостаточного количества отобранных проб полный химический анализ минерала произвести не удалось.

#### В ы ы в о д ы

1. Найденный минерал соответствует данным бурнонита.
2. Находка бурнонита в ассоциации с киноварью может свидетельствовать о возможности сурьмяного оруденения в Западном Копет-Датге.

Институт геологии  
ГГК СССР

Поступило  
15 октября 1964 г.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бетехтин А. Г. — Курс минералогии. Госгеолтехиздат, 1961.
2. Дана Э. С. — Описательная минералогия. ОНТИ, 1937.

## Х Р О Н И К А

С. Б. Овезов

### О РЕЗУЛЬТАТАХ ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫХ РАБОТ В РЕСПУБЛИКЕ ЗА 1964 г.

В 1964 г. проводились геолого-геофизические исследования, структурное и структурно-поисковое бурение с целью изучения глубинного геологического строения площади республики, выявления перспективных структур и подготовки их под глубокое разведочное бурение. Пройдено 121 671 м бурения, обработано 14 056 км сейсмических профилей. Геологической съемкой среднего масштаба на востоке и в центре республики покрыта площадь 15 264 км<sup>2</sup>.

Редакционным советом ВСЕГЕИ принято к изданию 4 листа Государственной среднемасштабной геологической карты СССР по Туаркыру и Кушкинскому району. Крупномасштабной съемкой в юго-западных отрогах Гиссарского хребта и в Западном Копет-Даге покрыта территория в 1101 км<sup>2</sup>.

Передано в глубокое разведочное бурение 20 структур: 5 на западе — Акмаянская, Банка Губкина, Кавыльская, Кендерли, Карадали, 7 — в центре — Хатырдашская, Чашхынская, Южный Койкырлан, Коджинская, Джаралтакырская, Майволанская, Восточно-Аккуинская и 8 — на востоке — Коинкуинская, Кулачская, Гядынская, Гошедепинская, Алламуратская, Кокмляр, Ачакская, Чарыгельская. Из них 13 подготовлено геофизическими методами (сейсморазведкой), 3 — геологическими (структурное бурение) и 4 геолого-геофизическими методами.

В Центральных Кара-Кумах, южнее Зеагли-Дарвазинского газового месторождения, на Курукской антиклинали установлено наличие трех газоносных пластов, приуроченных к аптекким отложениям. Абсолютно свободные дебиты газа достигают 400 тыс. м<sup>3</sup>/сутки. Опробование скважин продолжается. Таким образом, в центре республики открыто новое газовое месторождение. На Зеагли-Дарвазинском месторождении получены притоки газа на Джаралтакырской и Восточно-Аккуинской площадях. Абсолютно свободные дебиты газа достигают 150 тыс. м<sup>3</sup>/сутки. (Центральная Каракумская нефтеразведочная экспедиция).

В юго-западных отрогах Гиссарского хребта, севернее поселка Гаурдак, в своде Кокмлярской антиклинали из отложений карабийской свиты получен фонтанный приток природного горючего газа.

В районе пос. Карлюк, на юго-западном окончании хребта Кугитанг-Тау, открыто новое месторождение калийных солей. Месторождение, обладающее весьма значительными запасами, находится в очень благоприятных геолого-экономических условиях. (Кугитангская геологоразведочная экспедиция).

При разведке Боядагского месторождения гидроминерального сырья получены промышленные притоки подземных вод с небольших глубин. Разведка месторождения продолжается.

На северо-западной части Капланкырской антиклинали Туранской платформы вскрыты отложения батского и оксфордского ярусов юрской системы, континентальные отложения неокома, аптекки, альбские ярусы меловой системы. Оксфордские известняки в северо-восточной, наиболее приподнятой части антиклинали, размыты и неокоские породы залегают на поверхности верхнебатского подъяруса.

На площади Куйджик, Западно-Туркменской низменности бурением профиля структурных скважин установлен антиклинальный перегиб в породах красноцветной толщи, ачкагыльского и апшеронского ярусов плиоцена. Изучена стратиграфия и геолого-литологическая характеристика перечисленных комплексов. Из отложений красноцветной толщи получен газовый фонтан с водой, содержащей йод и бром.

На поднятии Сыртланды, расположенном в северо-восточной части Западно-Туркменской низменности, под отложения красноцветной толщи среднего плиоцена вскрыты отложения понтического яруса нижнего плиоцена мощностью 164 м (вскрытая). Понтический возраст установлен по литологической и электрометрической характеристике разрезов, на основании сопоставления с понтическими отложениями смежных структур Боя-Дага.

На Банке Жданова, расположенной на продолжении Прибалханской зоны поднятий в море, на восточной акватории Южного Каспия, бурением картировочных скважин установлены отложения бакинского и хазарского (дислоцированные), а также хвалынского ярусов. Отчетливо фиксируются крылья и разбитая разрывными нарушениями сводовая часть антиклинали.

По региональному профилю КМПВ—ГСЗ о. Огурчинский — впадина Сарыкамыш изучен характер глубинного геологического строения осадочного чехла, кристаллического фундамента юго-западной части Туркменской плиты, северной части Западно-Туркменской впадины и юго-восточной акватории Каспийского моря. Получены ценные геологические сведения о тектоническом строении зоны сочленения эпигерцинской платформы с альпийской геосинклинальной складчатой областью на участке хребта Большой Балхан. (*Западный геологоразведочный трест*).

Произведена переоценка перспективных запасов нефти и газа новых площадей Туркмении на 1 января 1964 г. Подсчитаны перспективные запасы нефти в Прибалханском районе по 4 площадям, в Гогрань-даг-Окаремском по 18, в Релетек-Байрамалийском — по 9; газа — по 5 площадям Зеагли-Дарвазинского и 8 — Приамударьинского районов. Составлена схема геолого-экономического районирования республики (редактор Г. А. Габриэлянц, авторы Б. Жало и др.). Выделено 6 геолого-экономических районов; Юго-Западный, Северо-Западный, Прикопетдагский, Каракумский, Приамударьинский и Гаурдак-Кугитангский. Определена промышленная специализация районов в перспективном развитии. Юго-Западный и Приамударьинский — будут районами развития нефтехимической промышленности Каракумский — газовой, Северо-Западный и Гаурдак-Кугитангский районы будут превращены в центры химической промышленности.

Составлена мелкомасштабная карта прогноза нефтегазоносности Туркменской ССР (редактор Г. А. Габриэлянц, авторы А. Г. Блискавка и др.), на которой впервые для территории республики совмещена качественная оценка перспектив с нефтегазоносным районированием. Выделено 12 перспективных и нефтегазоносных областей, большинство из которых разделены на районы. По геологическим критериям прогноза нефтегазоносности земли Туркмении по степени перспективности разделены на 8 категорий — высокоперспективные, перспективные, малоперспективные, соответственно территории с недостаточной изученностью геологических критериев, бесперспективные и территории, в пределах которых предполагаемые нефтегазоносные комплексы залегают на глубинах свыше 4000 м. (*Прогнозная тематическая партия*)

В юго-западных отрогах Гиссарского хребта уточнена мощность и строение мезокайнозойских отложений. На основании выделения горизонтов со специфической минерализацией разработана методика литологической корреляции хемогенных отложений гаурдакской свиты (киммеридж—титон).

Детально изучены складчатые и резервные нарушения, причем некоторые сбросы на правобережье Кугитанг-Дарьн связываются с частичным выщелачиванием солей киммеридж-титонского яруса и определены как экзотектонические. Картировочным бурением в долине Кугитанг-Дарьн установлен субмеридиональный сброс амплитудой порядка 800 м, являющийся восточным ограничением Узункудукского грабена. Последний, имея сложное строение близ пос. Гаурдак на сочленении Гаурдакской и Тагаринской брахиантиклиналей, переходит в систему обращенных к югу ступеней.

Анализ фактического материала позволил сделать вывод о совпадении в пределах Гаурдак-Кугитангского района подсолевого и надсолевого структурных планов при возможном увеличении амплитуды некоторых антиклинальных складок по надсолевому комплексу за счет притока соли в их сводовую часть. (*Гаурдакская геологосъемочная партия*).

В западном Копет-Даге установлено широкое развитие взбросов и взбросо-сдвигов, амплитудой до 1000 м, северо-западного простирания. Наиболее крупные сдвиги смещают оси антиклиналей постмиоценового возраста. На восточном крыле Сенд-Кердеринской антиклинали отмечено трансгрессивное залегание отложений коньякского яруса на сенноманских. С верхнесенноманскими и коньякскими отложениями связаны минерализованные сероводородные и йодные источники. (*Казанджикская геологосъемочная партия*).

На востоке Низменных Кара-Кумов, к северо-западу от Чарджоу, уточнены границы между отложениями мела и палеогена. Установлено налегание известняков с фауной верхнего палеоцена на фаунистически охарактеризованные маастрихтские образования. Таким образом доказано отсутствие на востоке республики отложений датского яруса и нижнего палеоцена. (А. В. Яхно).

На востоке Низменных Кара-Кумов, к северу от колодца Чешме в разрезе палеогена впервые установлены фаунистически охарактеризованные аналоги белоглинского горизонта Северного Кавказа. (Ю. В. Тимофеев, З. Д. Кулиев).

На крайнем юге республики, в Кушкинском районе, на основании литолого-фаунистического анализа впервые проведено условное расчленение нижнего мела на ярусы единой шкалы, установлено крупное стратиграфическое несогласие между юрой и мелом. Большая часть аналогов красноцветной гезгядыкской свиты отнесена к маастрихтскому, а не к датскому ярусу, как это делалось ранее (А. Н. Давыдов).

В Заунгузских Кара-Кумах обосновано выделение нижнего палеоцена, уточнены границы между верхним палеоценом и эоценом нижним и средним эоценом, выделены слои с различными комплексами мелких фораминифер, частично увязывающиеся с микрофаунистическими зонами Северного Кавказа. (З. Д. Кулиев, Т. Мередов).

На Краснодарском полуострове и в Прикарабобагзы на основании анализа палеогеографических и палеотектонических условий впервые условно выделен валанжинский ярус. Вышележащая красноцветная толща теперь датируется как готерив. (В. Т. Кривошеев).

В районе Белека выявлено месторождение галечников из магматических пород, связанное с береговыми валами хвалынского возраста. Галечники являются качественными заполнителями для бетонов высоких марок. В районе Душака открыто крупное месторождение эоценовых глин, пригодных для изготовления высококачественных легких заполнителей — керамзитов. (Партия строительных материалов).

ГПГК СССР

Поступило  
20 марта 1965 г.

<b>Батыров Ш. Б.</b> — Улы иш йылы	3
<b>Аннаев Р. Г., Ализаде З. И., Панахов Т. М., Юсупов Т. М.</b> — $Ni_3Te$ сплавның термомангнит хәсиетлерине тантал гарымының тәсири	11
<b>Мамаев С., Назаров А., Дөвлетмырадов Ч., Сергинов М.</b> — $CdSnAs_2$ -иң монокристаллары ве оларың электрик хәсиетлери	16
<b>Беркелиев М.</b> — Ионосфераның $F_2$ гатлагының ионизациясының гиже-гүндүзлейиң аномалиясы	21
<b>Ылясов У. И.</b> — Гүнде гөзегчилик эдиленде киноаппаратураны уланмак	28
<b>Сергиенко С. Р., Петрова А. А., Чирова Е. В., Гарбалинский В. А., Атамередова Қ. Р.</b> — Орта Азияның газ конденсатларының углеводород дүзүминиң характеристикасы	36
<b>Мырадова Г. А., Короткий А. Г., Сергиенко С. Р., Таимова Б. А., Гарбалинский В. А., Өвезова А. А.</b> — Гүнбатар Түркменистан небитиниң ёкары молекуляр углеводородларының гурлушы барада	42
<b>Нуриягдыев М., Седельников Г. С.</b> — Гарабогаз көлүнде гидромангнит чөкүндилериниң әмеле гелмеги	46
<b>Хейфиц А. Е., Агафонов А. В., Абаева Б. Т., Мучинский Д. Я., Окнишевич Н. А., Андреева А. С.</b> — Түркмен небитиниң вакуум дистиллятларының каталитик крекинг	53
<b>Назарова А. Л.</b> — Тувар гырың орта юра чөкүндилериниң бөлүнишлери барада	61
<b>Кулыев К.</b> — Меркези ве Демиргазык-Гүндогар Түркменистаның юра чөкүндилериниң литофацнал характеристикасы	70
<b>Проскурко А. И.</b> — Түркменистаның ве Гүнбатар Өзбегистаның магма даг жыңсларының геохимиика айратынлыклары ве металлогеники хәсиетлери барада	76
<b>Томашаев К.</b> — Көйтен дагың ёкары юра карбонат чөкүндилериниң коллекторлык хәсиетлери	82
<b>Жапарова В. В., Кулыев З. Д., Назаров М.</b> — Бадхызың палеоцен чөкүндилериниң стратиграфиясы барада	88
<b>Седлецкий В. И.</b> — Говурдак свитасының чөкүндилериндәки экзотектоники халысалар	94

**ГЫСГАЧА ХАБАРЛАР**

100

**Гуриева Е. А., Кахраманов К., Кутасов В. А., Кулыев Х. М.** — Висмут теллуриги эсасында гаты эргинлериң йылылык гечириджилиги (100). **Мындыев В., Язлыев С.** — Никель-палладий сплавларың магнитленмегиниң температура баглылыгы (103). **Беркелиев А. Д., Галаванов В. В., Наследов Д. Н.** — Мис гарындысының  $InSb$ -иң электрик хәсиетине тәсири (105). **Суханов С., Арустамова В. В., Петрова И. В.** — Екары вольт дуйгурлы  $InSb$ -ден эдилен холлың кристаллики датчиги (107). **Өвезгелдиев О.** — Орта гинишлыклерде  $E_S$ -иң дөремегиниң механизми (109). **Судо М. М.** — Гүнбатар Түркменистаның миоцен чөкүндилериндәки моллюскаларың *Spaniodontella* в Вагпса машгалаларының стратиграфики әхмиети (112). **Ефремов В. А.** — Гарагум песлигиниң акдепе гатлаклари барада (115). **Ятченко А. Д.** — Гүнбатар көпетдагдакы акагыл деиз чөкүндилериниң гүндогар чөклери барада тәзе маглумат (116). **Жапаров Г. Н., Мания А. А., Арзуманова Е. М.** — Меркези ве Гүндогар Көпетдагда, Даглык Бадхызда *Nurhatreras geussianum* зоналарының барлыгы хақда (117). **Мәммедов Х. М., Гурбанов М.** — Гараелчи симап маглданларында бурноитин тапылмагы барада (118).

**ХРОНИКА**

120

**Өвезов С. Б.** — 1964 йылда Республикада геологики-гөзлег ишлериниң نتیжелери барада (120).

Учный секретарь редколлегии *Т. В. Артыкова*

Продолжается подписка  
на журнал

**„ИЗВЕСТИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК  
ТУРКМЕНСКОЙ ССР“**  
на 1965 год

ПО СЕРИЯМ:

физико-технических, химических  
и геологических наук  
биологических наук  
общественных наук

Периодичность каждой серии  
6 номеров в год

Подписная плата

серия физико-технических,  
химических и геологиче-  
ских наук

серии биологических  
и общественных наук

на год 3 р. 60 к.

3 р.

на 6 месяцев 1 р. 80 к.

1 р. 50 к.

цена отдельного  
номера 60 к.

50 к.

*Подписка принимается  
во всех отделениях  
„СОЮЗПЕЧАТ“*