

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ИЗВЕСТИЯ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК  
СССР

3

1958

НОВОСИБИРСКОЕ КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

П-167/2

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА

В. П. Кузнецов. Внешние производственно-экономические связи Башкирской АССР 3

ГЕОЛОГИЯ

А. В. Вихерт. О тектонике Западно-Верхоянского антиклинория 12

В. В. Вдовин. Современные структуры мезо-кайнозойского покрова полярной зоны Западно-Сибирской низменности 20

В. Н. Довгаль. Геология девонского магматического комплекса района Абаканского железорудного месторождения 31

С. В. Пучков, В. П. Солоненко, А. А. Тресков, Н. А. Флоренсов. Новое сильное землетрясение в Восточной Сибири 42

ХИМИЯ

А. И. Зелянская, Н. В. Баусова. Полярографическое исследование салцилатного комплекса галлия 52

Л. Ф. Волкова. Сульфат-карбонатный обмен щелочных металлов в расплавах 60

Т. М. Сосинатов. О формировании тенардита в сульфатно-хлоридных озерах Кулундинской степи 65

Л. М. Калибердо, В. П. Кузнецова, Н. И. Шергина. Получение гидропроизводных  $\alpha$ - и  $\beta$ -метилнафталинов, их спектры комбинационного рассеяния и спектры поглощения в углеводородных растворах. (Сообщение I. Гидропроизводные  $\beta$ -метилнафталина) 77

Д. М. М. Н. 84

Е. В. П. 91

Г. Ф. Па. 99

Н. Н. П. 108

А. Б. П. 121  
129

Всесоюз. 135

ИЗВЕСТИЯ  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
АКАДЕМИИ НАУК  
СССР

3

П-167/2 П-19750

1958

№ 3

Известия Сиб. отд.  
АН СССР

7 р.

П-19750

НОВОСИБИРСКОЕ  
КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
1958

В. Н. КУЗНЕЦОВ

ВНЕШНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ СВЯЗИ  
БАШКИРСКОЙ АССР

За годы советской власти благодаря правильной национальной политике Коммунистической партии и Советского правительства Башкирия стала индустриальной республикой, крупным промышленным районом страны на востоке с высокоразвитым многоотраслевым хозяйством, широкими внутренними и особенно внешними экономическими связями.

В настоящее время она занимает второе место в стране по добыче и первое по переработке нефти, дает 5,2% общесоюзной добычи газа, около 30% союзного производства кальцинированной соды и 7,8% электроэнергии. В Башкирии ежегодно заготавливается более 4 млн. м<sup>3</sup> леса, добывается до 2 млн. т бурого угля, производится значительное количество чугуна, стали, метизов и другой промышленной продукции. Республика ежегодно сдает государству несколько десятков млн. пудов хлеба, 4—5 млн. пудов картофеля, более 2 млн. пудов мяса, большое количество масла, молока и других сельскохозяйственных продуктов.

Еще больше продукции будут производить промышленность и сельское хозяйство Башкирии к концу шестой пятилетки. За годы пятилетки в 2 раза вырастет добыча нефти, в 2,4 раза — добыча газа, в пять раз — добыча бурого угля, в два с лишним раза — производство соды и заготовка леса, на 20% — производство чугуна и проката, на 25% — стали и метизов. Более чем в два раза увеличится сбор зерна. Значительно возрастет производство других сельскохозяйственных продуктов. В соответствии с ростом производства следует ожидать и значительного развития экономических связей.

Изучение внешних экономических связей такого крупного промышленного и сельскохозяйственного района, каким является Башкирия, представляет значительный практический и научный интерес. Оно особенно необходимо в настоящее время, когда Башкирия выделена в самостоятельный экономический административный район Союза.

Как известно, экономические связи и отношения не являются неизменными. С ростом производительных сил меняются структура и размещение отраслей народного хозяйства, а это, в свою очередь, меняет структуру, объем и направление экономических связей, особенно внешних, менее устойчивых по сравнению с внутренними.

В дореволюционной Башкирии с ее слабо развитым аграрным хозяйством внешние экономические связи имели относительно небольшой объем как по ввозу (250 тыс. т), так и по вывозу (750 тыс. т). Башкирия вывозила в основном продукты сельскохозяйственного производства — пшеницу, рожь, ржаную муку, гречневую крупу, мед, кожу, шерсть, а также лесоматериалы и изделия кустарной деревообработки. В незначительном размере вывозилась продукция железоделательных и медеплавильных предприятий горнозаводского района Башкирии. Почти вся вывозимая

19750  
ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ  
БИБЛИОТЕКА  
А. И. Киргивской ССР

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Д-р хим. наук В. Т. Быков, проф. Т. Ф. Горбачев (зам. главного редактора), член-корр. Н. П. Дубинин, д-р техн. наук К. Н. Коржавин, канд. экон. наук В. А. Кротов, д-р физ.-мат. наук Л. В. Киренский, д-р хим. наук А. В. Николаев, д-р техн. наук И. И. Новиков, д-р геол.-мин. наук М. М. Одинцов, канд. геол.-мин. наук Г. Л. Поспелов, д-р геол.-мин. наук Н. С. Рожков, акад. С. Л. Соболев (главный редактор), д-р биол. наук К. А. Соболевская, член-корр: А. А. Трофимук.

Адрес редакции: г. Новосибирск, ул. Мичурина, 23.

продукция направлялась на запад и оседала в пределах центральных районов России. Пшеница и мед экспортировались и в Западную Европу.

Еще меньше продуктов ввозилось в Башкирию: незначительное количество угля, минеральных строительных материалов, нефтепродуктов, кожевенного сырья и различного рода потребительских товаров. Большое место во ввозе занимало зерно, направлявшееся из-за пределов Башкирии для перемола на мельницы Уфы и Давлеканово. Промышленное оборудование во ввозе занимало ничтожную долю из-за незначительности промышленности Башкирии.

Отрицательно сказывалось на развитии внешних экономических связей дореволюционной Башкирии ее неблагоприятное для того времени экономико-географическое положение. С востока к ней прилегал Урал, для которого в то время были характерны «...замкнутость и оторванность от общего торгово-промышленного движения времени», с запада — сельскохозяйственное пшеничное Заволжье, отгораживавшее своим дешевым хлебом сельское хозяйство Башкирии от потребляющих центров Европейской России и внешнего рынка. До революции по территории Башкирии проходила единственная ширококолейная Самаро-Златоустовская железная дорога, имевшая большей частью транзитное значение. Белорецкая же узкоколейная дорога обслуживала нужды только Белорецкого горнозаводского района.

Быстрое развитие новой, социалистической экономики страны, коренные изменения в размещении и отраслевой структуре народного хозяйства, возникновение многих новых отраслей, рост географического разделения труда, стимулируемый технической реконструкцией транспорта и большим транспортным строительством, — все это, вместе взятое, приводило к значительным изменениям в экономических связях Башкирии. За 40 лет Советской власти объем экономических связей Башкирии увеличился более чем в 20 раз. В их структуре основное место заняла промышленная продукция, а в их осуществлении деятельное участие стали принимать, наряду с железнодорожным, также речной и трубопроводный транспорт. За это время внешние экономические связи Башкирии охватили многие районы страны. Разнообразные виды продукции народного хозяйства — нефть, нефтепродукты, химикаты, метизы, станки, нефтяное оборудование — стали вывозиться в страны народной демократии и в капиталистические страны Европы и Азии.

Особенно большие изменения произошли в экономических связях республики по нефти и нефтепродуктам. В дореволюционной Башкирии нефтепродукты всегда были предметом ввоза. Начиная с 1932 г., со времени появления промышленной нефти в Башкирии, республика сама стала вывозить все большее количество нефти, а позже, в результате строительства на ее территории нефтеперерабатывающих заводов, — и нефтепродуктов. В 1950 г. Башкирия вывезла уже 3650 тыс. т нефтепродуктов, а в 1955 г. она заняла первое место по вывозу нефтепродуктов среди всех нефтяных районов страны. В этом году только железнодорожным транспортом из Башкирии в различные районы Союза было отправлено более 6 млн. т нефти и нефтепродуктов.

Бурное развитие производительных сил на Востоке страны привело к тому, что основной поток нефти и нефтепродуктов Башкирии с запада повернул на восток — на многочисленные промышленные предприятия Сибири и Урала, возникшие в этих районах за военные и послевоенные годы. Если в довоенном 1940 г. из Башкирии отправлено 65% всех нефтяных грузов на запад и 35% — на восток, то в 1948—1950 гг. это соотношение изменилось уже в пользу востока, а в 1955 г. оно установилось окон-

чательно. На Восток стали отправлять в два с лишним раза больше нефтяных грузов, чем на Запад.

Вывоз нефти и нефтепродуктов до 1945 г. осуществлялся исключительно железной дорогой. С 1945 г., когда в республике появился нефтеналивной флот, часть этих грузов стала перевозиться речным транспортом. Объем таких перевозок с 1945 г. по 1955 г. увеличился в 10 раз.

Начиная с 1951 г., со времени строительства в республике первого трубопровода межрайонного значения, во внешних экономических связях Башкирии по нефти и нефтепродуктам все большую роль начинает играть трубопроводный транспорт, удельный вес которого в транспортировке нефти и нефтепродуктов за пределы республики в 1955 г. составил более 40%.

Хлеб, в отличие от нефти и нефтяных продуктов, как в дореволюционный, так и в послереволюционный периоды всегда являлся предметом вывоза Башкирии.

Постепенно увеличиваясь, вывоз хлеба только железнодорожным и речным транспортом достиг к 1955 г. более 30 млн. пудов. Однако, если в дореволюционное время и в советский период, приблизительно до 1950 г., основной поток башкирского хлеба направлялся на запад, то позже, вплоть до 1954 г., значительная часть его следовала на восток, во вновь создаваемые промышленные центры Урала, Сибири и Казахстана. С 1954 г., когда на целинных землях Сибири и Казахстана была создана прочная база производства зерна, большая часть башкирского хлеба вновь стала вывозиться на запад и северо-запад страны. В 1955 г. 70% вывезенного из Башкирии хлеба отправлено на запад. Перевозки хлеба постоянно обслуживались речным и железнодорожным транспортом с обладанием последнего.

Каменный уголь на всем протяжении рассматриваемого периода был предметом ввоза Башкирии. Транспортировался он только железнодорожным транспортом. В дореволюционное время — из отдаленного Донецкого угольного бассейна, в объеме всего 8—10 тыс. т, а в более позднее и в настоящее время — из Кузнецкого и Карагандинского угольных бассейнов, в объеме до 2 млн. т.

Лес почти всегда вывозился из Башкирии, причем как железнодорожным, так и водным транспортом, на запад, юг и юго-восток страны. Но вывоз леса постепенно сокращался, т. к. все больше его стали потреблять на месте растущие стройки республики. За последнее время наблюдается значительный ввоз строительного и крепежного леса в Башкирию, а также леса — сырья для фанерной и других отраслей ее деревообрабатывающей промышленности.

С конца первой пятилетки во внешних экономических связях Башкирии все большее место стали занимать такие виды продукции, как минеральные строительные материалы, а позже — различного рода химикаты, продукция станкостроения, оборудование для нефтяной и других отраслей промышленности.

Внешние экономические связи современной Башкирии наглядно отражают индустриальную мощь республики, структуру народного хозяйства, ее место во всесоюзном географическом разделении труда.

Чтобы составить представление об объеме внешних экономических связей Башкирии, достаточно сказать, что только железными дорогами в 1955 г. вывезено за пределы республики в различные районы Союза свыше 11 млн. т и завезено в Башкирию 6 млн. т разнообразной продукции. Более 90% всего объема внешнего грузооборота занимает промышленная продукция, представленная в вывозе, главным образом, нефтью, нефтепродуктами, медной рудой и продуктами химического производства, а во ввозе — каменным углем, лесом, металлом и различным промышленным оборудованием.

\* В. И. Ленин, Соч., т. 3, стр. 427, изд. 4-е.

Как и в дореволюционное время, вывоз Башкирии почти в три раза преобладает над ввозом. Однако это преобладание теперь создается целиком за счет промышленных грузов, которые составляют в вывозе около 95% (табл. 1). До революции же в вывозе около 90% занимала продукция сельскохозяйственного производства, лесоматериалы и изделия кустарной деревообработки.

Таблица 1

Доля отдельных видов продукции во ввозе и вывозе современной Башкирии (в %)

Название продукции	Вывоз	Ввоз
Каменный уголь и кокс . . .	1,0*	33,0
Нефть и нефтепродукты . . .	72,0	6,0
Медная руда . . .	10,0	—
Черные металлы и металлолом	1,0	7,0
Лес . . .	1,0	9,0
Хлеб . . .	4,0	4,0
Минеральные строительные материалы и цемент . . .	2,0	6,0
Прочие виды продукции . . .	9,0	35,0

\* Вывозится незначительное количество бурого угля.

Уральского экономического района завозятся в Башкирию главным образом уголь, лес, металл, промышленное оборудование и строительные материалы. Экономические связи Башкирии с Поволжьем, с Западной Сибирью и с Центром по объему грузооборота в два раза меньше, чем с Уралом. Самыми незначительными являются ее связи с Севером, Западом, Северным Кавказом и Закавказьем. Незначительный объем связей с Севером объясняется отдаленностью и меньшей хозяйственной освоенностью Севера по сравнению с другими районами страны. Относительно меньший грузообмен Башкирии с Западом, Северным Кавказом и Закавказьем также частично зависит от удаленности их от территории республики. Кроме того, два последних района имеют собственную нефть и нефтепродукты (основной предмет вывоза Башкирии), а Запад завозит их частично с более близкого Юга.

В экономических связях Башкирии с каждым из районов, за исключением Северного Кавказа, преобладает вывоз Башкирии в эти районы. Основа вывоза во все экономические районы — нефть и нефтепродукты. Они составляют свыше 90% вывоза республики в Западную, Восточную Сибирь и на Дальний Восток, около 90% — на Север и Северо-Запад, до 80% — в Центр и Поволжье, 70% — на Северный Кавказ, Юг и Запад, 50% — в Закавказье и около 25% — в Среднюю Азию и Казахстан. В Западную Сибирь, Поволжье и Центр вывозятся нефть на нефтеперерабатывающие заводы и недостающие нефтепродукты. Во все другие экономические районы страны, за редким исключением, вывозятся только нефтепродукты.

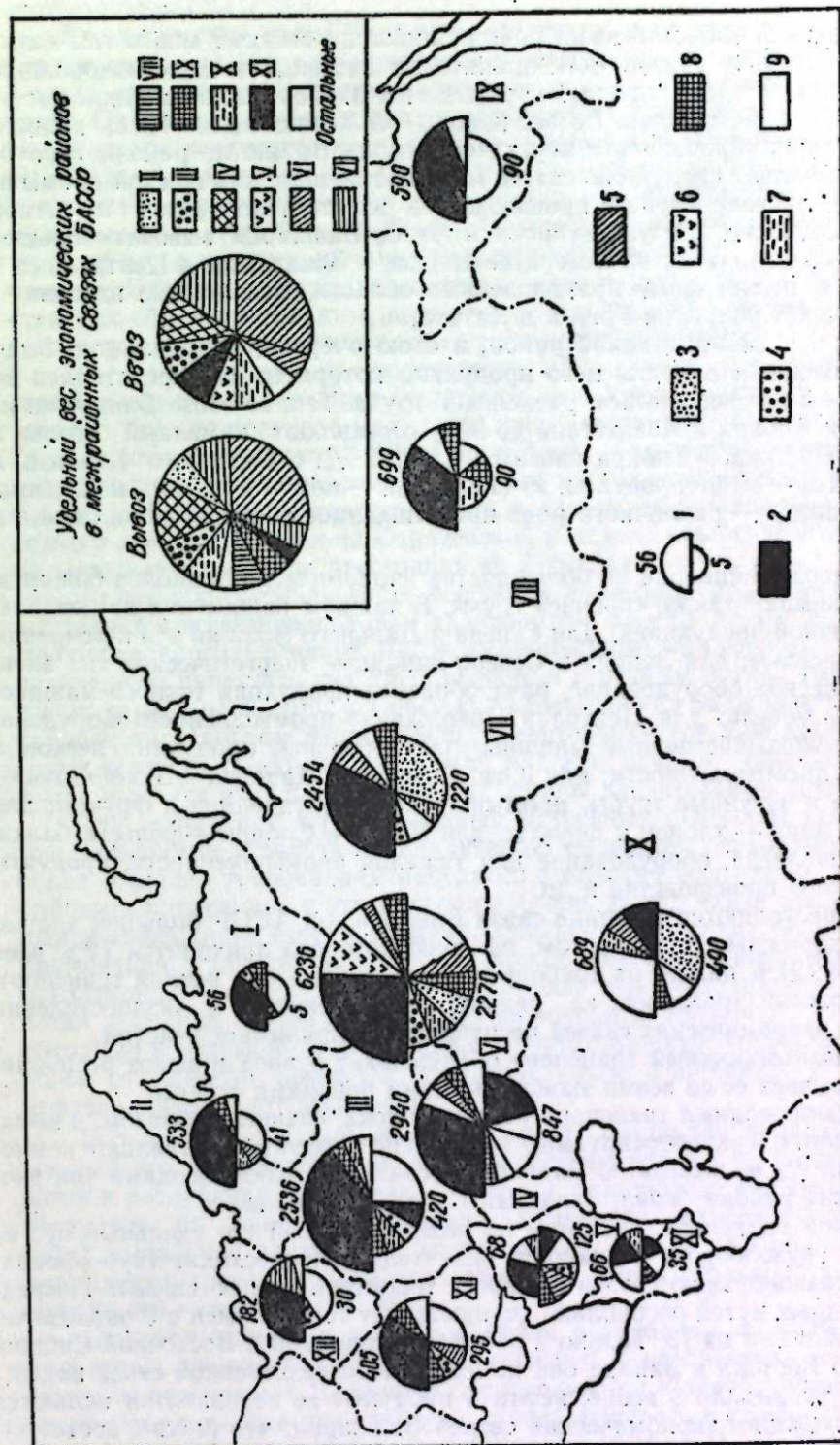
Нефтепродукты составляют также 36% ввоза Башкирии из Поволжья, 35% — из Закавказья и 17% — из Северного Кавказа. Обмен нефтепродуктами и нефтью с Поволжьем, Северным Кавказом, Закавказьем, Средней Азией и Казахстаном объясняется различием химических и технологических свойств нефти Башкирии и перечисленных выше экономических районов, а также различием в специализации их нефтеперерабатывающих заводов.

В вывозе республики в такие районы, как Север, Северо-Запад, Запад и Центр, большое место занимает хлеб, а в Среднюю Азию, Поволжье (Нижнее), Юг, значительную часть Центра, Северный Кавказ и Закавказье — лес. На Урал, Север, в Поволжье, Центр, Западную Сибирь и

Экономические связи Башкирии поддерживает со всеми экономическими районами страны, но наиболее обширными, разнообразными и устойчивыми являются ее связи с Уралом, Поволжьем, Западной Сибирью и Центром.

Более 1/3 всего ввоза и вывоза Башкирии приходится на Урал. Основные предметы ее вывоза на Урал (80%) — нефтепродукты и медная руда. Из

Уральского экономического района завозятся в Башкирию главным образом уголь, лес, металл, промышленное оборудование и строительные материалы. Экономические связи Башкирии с Поволжьем, с Западной Сибирью и с Центром по объему грузооборота в два раза меньше, чем с Уралом. Самыми незначительными являются ее связи с Севером, Западом, Северным Кавказом и Закавказьем. Незначительный объем связей с Севером объясняется отдаленностью и меньшей хозяйственной освоенностью Севера по сравнению с другими районами страны. Относительно меньший грузообмен Башкирии с Западом, Северным Кавказом и Закавказьем также частично зависит от удаленности их от территории республики. Кроме того, два последних района имеют собственную нефть и нефтепродукты (основной предмет вывоза Башкирии), а Запад завозит их частично с более близкого Юга.



Межрайонные связи Башкирской АССР. Межрайонные связи Башкирии (нижний полуцентр) и ввоза (нижний полуцентр) Башкирии в тыс. т. 2 — нефть и нефтепродукты, 3 — каменный уголь и кокс, 4 — металл и металлолом, 5 — минер. строительные материалы и цемент, 6 — руда, 7 — лес, 8 — хлеб, 9 — прочие виды продукции. I — Север, II — Северо-Запад, III — Центр, IV — Поволжье, V — Северный Кавказ, VI — Урал, VII — Западная Сибирь, VIII — Восточная Сибирь, IX — Дальний Восток, X — Средняя Азия и Казахстан, XI — Закавказье, XII — Юг, XIII — Запад.

Среднюю Азию вывозятся цемент и минеральные строительные материалы.

В каждый экономический район Башкирии вывозит много так называемых «прочих» грузов (как принято их называть в железнодорожной статистике). В числе «прочих» грузов во все экономические районы поступают метизы республики. Во все районы, за исключением Юга, направляются кальцинированная и каустическая сода. Во многие районы республика отправляет продукцию своего машиностроения, химической промышленности, листопрокатного производства, электротехнической и легкой промышленности. В группе «прочих» грузов Башкирия вывозит большое количество картофеля на Северный Кавказ, в Закавказье и Центр, мяса и масла — в центральные промышленные области, макаронные изделия — в Западную Сибирь, на Урал и в Казахстан.

Каждый экономический район, в свою очередь, направляет в Башкирию специфичные для него продукты, которыми он представлен во всесоюзном географическом разделении труда. Так, во ввозе Башкирии из Западной Сибири и Казахстана до 90% составляют каменный уголь и кокс, из Восточной Сибири ввозится лес (62%), с Северного Кавказа и Закавказья — нефтепродукты, из Поволжья — нефть и цемент, из Центра, Юга и Запада — различного рода промышленное оборудование, станки и металл.

Во ввозе Башкирии из большинства экономических районов большую долю занимают также «прочие» грузы. В каждом районе они представлены различной продукцией. Для Севера и Дальнего Востока это в основном рыба, консервы; для Запада и Северо-Запада — энергетическое и электротехническое оборудование, разнообразная продукция точного машиностроения, мебель; для Центра и Поволжья — промышленное оборудование, сельскохозяйственные машины, разнообразная продукция легкой и пищевой промышленности; для Юга, Северного Кавказа и Закавказья — стальные и чугунные трубы, промышленное оборудование и фрукты; для Средней Азии — хлопок и фрукты; для Урала и Сибири — рельсы, балки, трубы, швеллера, оборудование для тяжелой промышленности, продукты химического производства и др.

Осуществляются внешние связи Башкирской АССР большей частью железнодорожным транспортом, на долю которого приходится 72% всех перевозок; 21% падает на трубопроводный, а 6% — на речной транспорт. Автодорожный транспорт, за редким исключением, в осуществлении внешних экономических связей республики не принимает участия.

Железнодорожный транспорт обслуживает и ввоз и вывоз республики и связывает ее со всеми экономическими районами страны.

Трубопроводный транспорт участвует пока, главным образом, в вывозе Башкирии. Транспортируемые им жидкие продукты составляют немного меньше 1/3 ее вывоза. С Башкирией связаны трубопроводами три экономических района: Урал, Западная Сибирь и Поволжье.

Речной транспорт, несмотря на незначительный его удельный вес во внешнем грузообороте Башкирии, значительно превосходит трубопроводный по разнообразию грузов и широте территориальных связей. Посредством водных путей республика осуществляет товарообмен с 9 экономическими районами из 13. Только с районами Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока и Запада она не имеет непосредственной связи водой.

Как указывалось выше, нефть и продукты ее переработки являются основой внешних экономических связей Башкирии, что вполне соответствует профилю ее экономики и специализации народного хозяйства во всесоюзном разделении труда. На долю нефти и нефтепродуктов в весовом выражении приходится 72% всего вывоза и 6% ввоза республики. Их транспортировкой целиком занят трубопроводный транспорт. В вывозе,

осуществляемом железнодорожным и речным транспортом, они занимают соответственно 57 и 92%.

Экономические связи Башкирии по нефти и нефтепродуктам в основном соответствуют сложившемуся географическому разделению труда, а следовательно, большинство из них рационально и экономически эффективно. Однако они имеют и ряд существенных недостатков. Например, значительное количество нефтепродуктов вывозится Башкирией на Северный Кавказ, в Поволжье и Закавказье — в районы, которые в состоянии обеспечить себя собственными нефтепродуктами. В 1955 г. из республики было вывезено сюда более 1350 тыс. т различных нефтепродуктов, значительную долю которых составил башкирский сернистый мазут. В свою очередь, Башкирия ежегодно ввозит из этих районов до 200 тыс. т недостающих ей нефтепродуктов, в том числе большое количество осветительного керосина, малосернистого мазута и различных масел.

Из-за недостаточного производства малосернистого мазута нефтеперерабатывающими заводами Башкирии весь Урал вынужден ежегодно завозить его (до полутонна миллионов тонн) из районов Кавказа. Перевозка обходится государству в 150 млн. рублей. Стоимость каждой тонны мазута в результате транспортировки его на такое расстояние возрастает в 13 раз. Имеют место и такие факты, когда сырая башкирская нефть вывозится для переработки на Саратовский и даже Гурьевский нефтеперерабатывающие заводы на расстояния до 2 тыс. км.

До сих пор большая часть перевозок нефтепродуктов Башкирии осуществляется железнодорожным транспортом, вместо более экономичных трубопроводного и речного. Часто железнодорожные перевозки идут в направлениях, параллельных трубопроводам и речным путям. Так, в 1955 г. только в районы Центра и Поволжья перевезено из Башкирии железнодорожным транспортом около 2 млн. т нефтепродуктов, большая часть которых могла быть направлена в эти районы речным транспортом, что сэкономило бы народному хозяйству страны значительные средства.

Для устранения нерациональных, встречных перевозок нефтепродуктов необходимо уточнить специализацию ее нефтеперерабатывающих заводов согласно требованиям народного хозяйства республики и других районов, тяготеющих к этим заводам. Очень важно найти способы уменьшения содержания серы в мазутах Башкирии и способы более широкого применения сернистых мазутов в качестве топлива в самой республике и близлежащих районах. Следует в большей мере использовать для перевозки нефтяных грузов речной и трубопроводный транспорт. Для этого необходимо в короткий срок преодолеть отставание строительства трубопроводов от развития нефтяной промышленности Башкирии и увеличить нефтеналивной флот республики.

Большая доля в экономических связях Башкирии приходится на каменный уголь. В отличие от нефти и нефтепродуктов он полностью завозится в республику, составляя 1/3 ее ввоза. Больше половины его (1 млн. т) поступает из Западной Сибири (Кузнецкий каменноугольный бассейн), остальная часть — из Казахстана и Урала (приблизительно в равных размерах). Перевозится каменный уголь только одним видом транспорта — железнодорожным.

Существующие экономические связи республики по углю в настоящее время следует считать рациональными. В перспективе же, в связи с быстрым развитием в Башкирии буроугольной и газовой промышленности, наличием здесь огромных запасов самого дешевого в стране жидкого топлива и развернувшимся гидроэнергостроительством, а также строительством высоковольтной линии от Куйбышевской ГЭС на Урал через Уфу ввоз каменного угля должен постепенно сокращаться. Ввоз кокса в Башкирию необходимо увеличивать, т. к. коксующихся углей в респуб-

лике нет, а спрос на кокс со стороны многих отраслей промышленности возрастает.

Около 10% вывоза Башкирии составляет медная руда, отправляемая целиком на Урал. В дальнейшем вывоз медной руды будет расти в связи с увеличением потребности в ней на уральских медеплавильных заводах. Однако в будущем очень важно организовать также и комплексную переработку ее на месте добычи.

До 10% ввоза республики приходится на лес. Башкирия ввозит леса в три раза больше, чем вывозит. Из 700 тыс. м<sup>3</sup> леса, ежегодно ввозимого в Башкирию, 500 тыс. м<sup>3</sup> поступает с Урала, 200 тыс. м<sup>3</sup> — из Западной и Восточной Сибири. Вывозится лес в районы Средней Азии, Северного Кавказа и Нижнего Поволжья. Более 90% ввозимого и вывозимого республикой леса транспортируется железнодорожным транспортом. Даже в районы Поволжья лес отправляется по железной дороге.

Ввоз в республику более полумиллиона кубометров леса, безусловно, нельзя считать нормальным явлением, т. к. в Башкирии имеются огромные запасы леса хорошего качества. В будущем лесная промышленность республики должна полностью обеспечить потребность ее народного хозяйства в лесе и дальнейший частичный вывоз его в близлежащие безлесные районы страны.

Подобно лесу, металл, хлеб, строительные материалы и многие другие виды продукции промышленного и сельскохозяйственного производства одновременно служат предметами как ввоза, так и вывоза Башкирии.

Хлеба Башкирия вывозит в два с лишним раза больше, чем ввозит. Более половины его направляется на Урал и в Центр. Вывозится он также в Поволжье, на Северо-Запад, Север, Запад и в Западную Сибирь, но в значительно меньших размерах. Ввозится хлеб в республику в основном из тех же районов Урала, Поволжья и Западной Сибири. В 1955 г. было вывезено из Башкирии на Урал 121 тыс. т хлеба, в Поволжье — 48 тыс. т, в Западную Сибирь — 56 тыс. т и ввезено в республику из тех же районов соответственно 114 тыс. т, 22 тыс. т и 19 тыс. т хлеба. Этот частичный взаимообмен хлебом нельзя считать целесообразным. Сельское хозяйство республики может полностью удовлетворить ее потребность в хлебе и позволить значительное количество его вывозить в районы Союза, нуждающиеся в хлебе. В перспективе ввоз хлеба в республику должен сократиться до минимума, необходимого для обмена семенным фондом.

Несмотря на наличие собственной черной металлургии, Башкирия ввозит до 500 тыс. т черного металла и вывозит более 100 тыс. т металлолома. Большая половина металла завозится с Урала, остальная часть — с Юга и из Центра. Почти весь металлолом вывозится на Урал.

Ввоз большого количества металла в Башкирию объясняется, главным образом, тем, что почти весь металл, производимый ее Белорецким металлургическим комбинатом, потребляется на месте, как сырье для мезитного и листопрокатного производства близлежащих заводов. Отсутствие железнодорожной связи между центральной, наиболее хозяйственно освоенной, частью республики и расположенным на востоке Белорецким металлургическим комбинатом обуславливает вывоз металлолома на заводы Урала и центральных районов страны, связанных с центральной и западной частями Башкирии железной дорогой.

Осуществляемое в настоящее время строительство железной дороги Магнитогорск—Стерлитамак—Абдулино даст возможность Белорецкому металлургическому комбинату в несколько раз увеличить производство металла и расширить его ассортимент, что приведет к значительному сокращению ввоза металла в республику.

Распространенными предметами ввоза и вывоза Башкирии являются минеральные строительные материалы, в частности цемент. Обмен строительными материалами республика производит с Поволжьем, Уралом, Центром, частично с Западной Сибирью и Югом.

Зачастую этот обмен нельзя признать рациональным. Так, Башкирия в 1955 г. вывезла в районы Поволжья более 50 тыс. т цемента и около 25 тыс. т строительного кирпича. В то же время она завезла из этих же районов Поволжья в три раза больше цемента и строительного кирпича. В том же году на Урал Башкирия вывезла до 70 тыс. т цемента и до 30 тыс. т строительного кирпича и вместе с тем ввезла оттуда же до 20 тыс. т цемента и до 35 тыс. т строительного кирпича.

Недостаточно используются для перевозки строительных материалов, в частности цемента, водный транспорт. Из завезенных в 1955 г. в Башкирию из районов Поволжья 150 тыс. т цемента только около 25 тыс. т доставлено водой, остальные 125 тыс. т — железной дорогой.

Необходимо прекратить ввоз цемента и других строительных материалов в Башкирию, обеспечив потребность в них за счет собственного производства. Для этого в республике есть все возможности.

Межрайонные экономические связи Башкирии по «прочим» грузам в основном рациональны и необходимы как для народного хозяйства республики, так и для хозяйства других экономических районов. Однако и здесь имеются многочисленные факты нерациональных экономических связей. Например, обувная фабрика г. Стерлитамак, расположенная рядом со Стерлитамакским кожевенным заводом, вынуждена получать кожевенные товары из Сталинграда, Таганрога и Вольска.

Торгово-снабженческие организации Башкирии ввозят до 30 тыс. т сахара, до 10 тыс. т кондитерских изделий с Украины, из Молдавии и Центра, имея в республике собственное производство этих продуктов и все возможности его увеличения.

Катанка Белорецкого сталепроволочного завода вывозится в Магнитогорск, а из Магнитогорска она в еще большем количестве направляется в различные промышленные центры Союза и даже обратно в Башкирию. Катанка Белорецка транспортируется и в Одессу для отправки ее на экспорт, хотя в Одессе имеется проволочный стан для производства такой же катанки, и т. д.

Имеющиеся недостатки в управлении производством, в планировании, в материальном снабжении и сбыте, межведомственные барьеры приводят к тому, что многие внешние экономические связи республики оказываются нерациональными. Такие связи повышают себестоимость продукции отдельных отраслей народного хозяйства, тормозят его дальнейшее развитие.

Выделение республики в самостоятельный экономический административный район во главе с Советом народного хозяйства будет способствовать устранению недостатков во внешних экономических связях Башкирии, позволит расширить и укрепить эти связи, сделать их наиболее рациональными.

Западно-Сибирский филиал  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
11/X 1957

А. В. ВИХЕРТ

О ТЕКТОНИКЕ ЗАПАДНО-ВЕРХОЯНСКОГО  
АНТИКЛИНОРИЯ

За последние годы на территории Западного Верхоянья были проведены многочисленные исследования, в которых приняли участие геологи Академии наук СССР, Дальстроя, Якутской конторы разведочного бурения, Аэрогеологического треста и других организаций. Эти исследования и дешифровка аэрофотоснимков дали возможность значительно детализировать представления о геологическом строении хребта (Б. А. Снятков, 1956 г.). В настоящей статье приводится схема тектонического районирования Западно-Верхоянского антиклинория (рис. 1), составленная автором по материалам Института геологии Якутского филиала АН СССР.

Западное Верхоянье представляет собой часть Верхоянского хребта от р. Собопол, правого притока Лены, на севере, до р. Томпо, правого притока Алдана, на юго-востоке. К северу от широты долины р. Собопол на продолжении Западного Верхоянья прослеживается Орулганский хребет. К юго-востоку от р. Томпо находится хребет Восточное Верхоянье. Западная часть его выделяется под названием хребет Сетте-Дабан.

Наиболее древние отложения — от кембрия до нижнего карбона включительно — вскрываются на территории Сетте-Дабана. Представлены они преимущественно карбонатными породами, подчиненное значение в разрезе имеют песчаники, сланцы, гипсы и порфириды. Северо-западная часть Сетте-Дабана имеет структуру антиклинория, периклинальное погружение которого видно на рис. 1.

На северо-западной периферии Сетте-Дабанского антиклинория и на территории Западно-Верхоянского и Орулганского антиклинориев обнажаются пермские отложения. Нижнюю часть пермской толщи Западного Верхоянья составляют Имтанжинская, Солончанская и Кыгылтаская свиты [1—4], представленные чередующимися пачками песчаников и алевропелитов. Суммарная мощность трех свит 2000—2900 м. Породами этих свит и их аналогов образовано ядро Западно-Верхоянского и Орулганского антиклинориев.

На крыльях антиклинориев обнажаются сланцевая Эчийская свита нижней перми и песчанико-сланцевые Эндыбальская и Нёрская свиты верхнепермского возраста.

Суммарная мощность пермских отложений на западном крыле Западно-Верхоянского антиклинория достигает 2700 м, на восточном — 3900—4200 м.

В ядре Западно-Верхоянского антиклинория наблюдаются крупные линейные складки, осложненные дополнительными складками с углами наклона крыльев от 30 до 70°, обычно в пределах 40—55° [1, 3, 4]. На крыльях антиклинория крупные линейные складки имеют стулообразный или коробчатый профиль. Они осложняются многочисленными мелкими складками, которые в породах Эндыбальской свиты западного крыла антиклинория являются дисгармоничными (Эндыбальская свита представ-

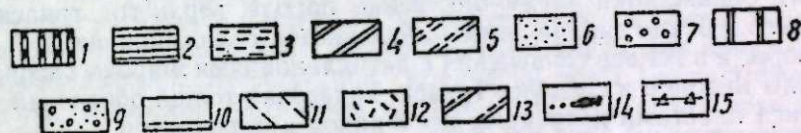
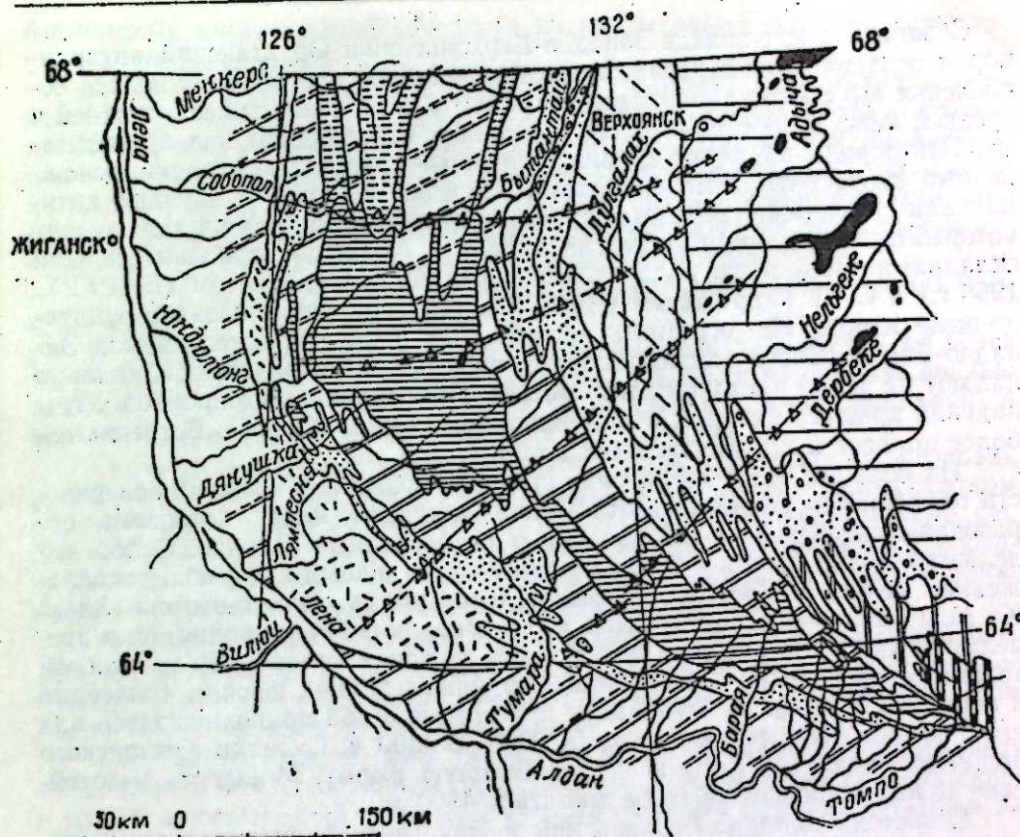


Рис. 1. Схема тектонического районирования Западно-Верхоянского антиклинория и прилегающей территории.

1 — Сетте-Дабанский антиклинорий (кембрий — нижний карбон), Западно-Верхоянская антиклинальная зона, 2 — ядро Западно-Верхоянского антиклинория (нижняя пермь), 3 — ядро Орулганского антиклинория, 4 — крылья Западно-Верхоянского антиклинория (нижняя — верхняя пермь), 5 — крылья Орулганского антиклинория, 6 — триас — средняя юра на западе и нижний средний триас на востоке, в полосах сочленения крыльев Западно-Верхоянского антиклинория с Приверхоянским прогибом и Бытантайским синклинием, 7 — те же структурно-фациальные подразделения Орулганского антиклинория, 8 — пермские отложения на периклинали Сетте-Дабанского антиклинория, Янская синклиналичная зона, 9 — триасовые отложения на периклинали Сетте-Дабанского антиклинория, 10 — Адычанский антиклинорий (триас), 11 — Бытантайский синклиний (верхний триас — средняя юра), Приверхоянский краевой прогиб, 12 — Китчанское поднятие (верхняя пермь — нижний мел), 13 — остальная часть прогиба, где на дневной поверхности обнажаются преимущественно нижнемеловые отложения, 14 — массивы гранитоидов, 15 — длительно развивавшиеся разломы в фундаменте верхоянского комплекса.

лена здесь песчанико-аргиллитовым флишидом). Углы падения крыльев крупных складок меняются от 10 до 80°.

В большинстве поперечных сечений антиклинория крупные складки наклонены в сторону Приверхоянского прогиба: западные и юго-западные крылья имеют углы падения 40—80°, восточные и северо-восточные — 10—55°. В наиболее суженной части антиклинория (в бассейне верховий р. Дулгалах и ее правых притоков) складки его восточного крыла, по данным В. В. Панова (ЯГУ, 1955 г.), имеют более крутые восточные крылья.

В северо-западной части Западно-Верхоянского антиклинория известно несколько небольших по площади гранитоидных тел. Наиболее крупный, Хобяту-Эчийский массив, показан на рис. 1.



С запада и юго-запада Западно-Верхоянский и Орулганский антиклинории ограничиваются Приверхоянским краевым прогибом. В полосе сочленения его с антиклинориями обнажаются отложения триаса, нижней и средней юры, в составе которых песчаники преобладают над аргиллитами. Эти породы образуют крупные линейные коробчатые складки, осложненные второстепенными складками. Нередки широкие сундучные антиклинали с пологими сводами и крутыми крыльями, в промежутках между которыми наблюдаются узкие синклинали с крутыми дополнительными складками. Подобного рода складчатость К. Я. Спрингисом (ВИРГРУ, 1956 г.) и С. И. Гавриковым (ВИРГРУ, 1957 г.) удачно названа сундучно-щелевидной. На огромных протяжениях вдоль западного крыла Западно-Верхоянского антиклинория породы мезозоя моноклинально падают на запад и юго-запад, в сторону Приверхоянского прогиба. Углы падения крыльев складок и моноклиналей обычно 40—55°. Встречаются более пологие и крутые падения пластов.

На большей части территории краевого прогиба на дневной поверхности обнажаются угленосные отложения нижнего мела, которыми образованы разрозненные коробчатые и гребневидные складки. Особо выделяется прилегающая к антиклинорию часть краевого прогиба, расположенная между р. Собопол, на севере, и р. Тумара, на юго-востоке. Здесь Ю. М. Пущаровский [5] выделил Китчанское поперечное поднятие, в пределах которого на дневную поверхность выходят отложения угленосной толщи нижнего мела — верхней юры и нижележащие юрские, триасовые и пермские отложения. Фундамент краевого прогиба приподнят здесь над его обычным уровнем на высоту от 2000 до 4000 м. Складки Китчанского поднятия имеют коробчатую и гребневидную форму. Мощность мезозойской толщи в краевом прогибе достигает 4500 м.

С востока Западно-Верхоянский и Орулганский антиклинории ограничиваются Бытантайским синклинорием [6], на дневной поверхности которого обнажаются преимущественно породы верхнего триаса. В наиболее глубоких синклиналях наблюдаются отложения нижней и средней юры, а в полосе сочленения с антиклинориями широко распространены породы нижнего и среднего триаса. Триасовая толща образована чередующимися пластами и пачками песчаников и аргиллитов.

В полосе сочленения синклинория с Западно-Верхоянским антиклинорием наблюдаются крупные линейные, коробчатые и сундучно-щелевидные складки. Восточнее, ближе к осевой части синклинория, синклинальные складки становятся более широкими. Обычные углы падения крыльев складок изменяются в пределах 40—55°. Встречаются более крутые и пологие падения пластов.

Восточнее Бытантайского синклинория расположен Адычанский антиклинорий [6]. Здесь обнажаются отложения нижнего, среднего и верхнего триаса суммарной мощностью до 5500 м. Характерно отсутствие линейности у складок: простирания пород сильно изменяются на коротких интервалах, но в целом выдерживаются в северо-западных румбах. В плане крупные складки обычно брахиформные, иногда сложные куполовидные. Многочисленные мелкие складки часто имеют наклонные шарниры. Углы падения крыльев колеблются в пределах 40—55°, достигают 70—80° и редко уменьшаются до 10—30°.

Около юго-восточной периклинали Западно-Верхоянского антиклинория с восточной стороны располагаются складки пермских и триасовых пород, находящиеся на периклинали Сетте-Дабанского антиклинория. По отношению к складкам Западного Верхоянья они расположены кулисообразно. Складки здесь отчасти линейные наклонные, коробчатые и сундучно-щелевидные, отчасти брахиформные. Многочисленны также мелкие складки. Углы наклона крыльев обычно изменяются в пределах 40—55°.

Адычанский антиклинорий находится на продолжении структур периклинали Сетте-Дабанского.

Н. П. Херасков [7] и Н. С. Шатский [8] указывали на наличие двух важнейших структурных направлений в северо-западной части Верхоянско-Колымской складчатой области (см. рис. 1). Одно из них, параллельное восточному краю Сибирской платформы, обозначается на западе и юго-западе границей Западно-Верхоянского антиклинория. Складки второго направления располагаются вдоль антиклинория с севера на юго-восток, асимптотически приближаясь к краю платформы.

Можно выделить три расположенные кулисообразно складчатые дуги асимптотического направления.

Складки первой, западной, дуги простираются с севера на юг через верховья р. Собопол в меридиональном направлении до широты долины р. Юндюлюнг. Затем они отклоняются на юго-восток и погружаются в том же направлении в верховьях бассейна р. Тумара.

Складки второй, центральной, дуги прослеживаются от верховий р. Бытантай на юг сначала в меридиональном, а затем в юго-восточном направлении. Через узкую систему антиклиналей на водоразделе рек Тумара и Дулгалах центральная складчатая дуга протягивается к юго-востоку до Тукулано-Баранского междуречья. Здесь ее складки начинают погружаться в юго-восточном направлении.

Складки третьей, восточной, дуги прослеживаются от верховий бассейнов рек Дулгалах и Сартана на юго-восток через Тукулано-Баранское междуречье и восточнее до р. Томпо. Они погружаются в юго-восточном направлении на междуречье Барая-Томпо.

Сочетанием складок двух указанных выше генеральных структурных направлений объясняются контуры Западно-Верхоянского антиклинория в плане: антиклинорий имеет форму рога, раструб которого обращен на север.

Вместе с тем уже давно было подмечено существование третьего, важнейшего структурного направления, поперечного к двум первым. Н. С. Шатский [8] рассматривает Вилюйскую синеклизу как поперечный к простиранию складок Верхоянской складчатой зоны краевой прогиб, возникший на Сибирской платформе против места, где складчатая зона вдается входящим углом в платформу. Входящий угол оконтуривают западная (междуречье Собопол — Юндюлюнг) и южная (междуречье Томпо — Тумары) границы Западно-Верхоянского антиклинория.

К востоку от Западно-Верхоянского антиклинория, на территории Адычанского антиклинория, первыми геологическими исследованиями были выявлены небольшие массивы гранитоидов и сопровождающие их серпидиниты, расположенные поперечными к простиранию складок цепочками (см. рис. 1). Вблизи многих массивов обнаружены оловянные и отчасти полиметаллические месторождения. Первоначально предполагалось, что гранитоидные массивы приурочены к крупным разломам, ориентированным вкрест простирания складок; считалось, что разломы наложены на складчатость и их положение не определяется складчатой структурой толщи осадочных пород [9, 10, а также М. М. Константинов (ВИМС, 1947 г.)]. В результате последующих, более детальных, работ, проведенных геологами Дальстроя (О. Б. Флеров, В. В. Еловских, А. В. Зимкин и др.) и дешифровки аэрофотоснимков было установлено, что единые протяженные разломы здесь отсутствуют. В. В. Еловских [11] допускает для Дербек-Нельгехинского рудно-магматического пояса, расположенного на одноименном междуречье (см. рис. 1), наличие ориентированных вкрест простирания складок разрывных нарушений протяжением до первых десятков километров и амплитудой до первых сотен метров.

Летом 1956 г. автор совместно с В. Ф. Возиным и А. В. Коробицыным

провел полевые работы в северо-восточной части Дербек-Нельгехинского междуречья. Было установлено, что разрывные нарушения не играют существенной роли в структуре триасовой толщи междуречья. Здесь наблюдаются многочисленные мелкоамплитудные или безамплитудные трещины протяженностью от первых сотен метров до 3—5 км. В большинстве своем они ориентированы вкрест простирания складок и параллельно контактам гранитоидных массивов. Вместе с тем выявилось, что положение рудно-магматического пояса тесно связано со складчатой структурой междуречья. Цепочка интрузивных тел приурочена к поперечному синклиналичному перегибу в своде Адычанского антиклинория; перегиб ступенчатый, его крыло, расположенное к северо-западу от рудно-магматического пояса, опущено на 500—700 м относительно другого, юго-восточного крыла (мелкий масштаб не позволил нанести на рис. 1 складки Дербек-Нельгехинского междуречья).

Указания на связь рудно-магматических поясов с зонами поперечных перегибов шарниров складок в толще триасовых пород имеются у

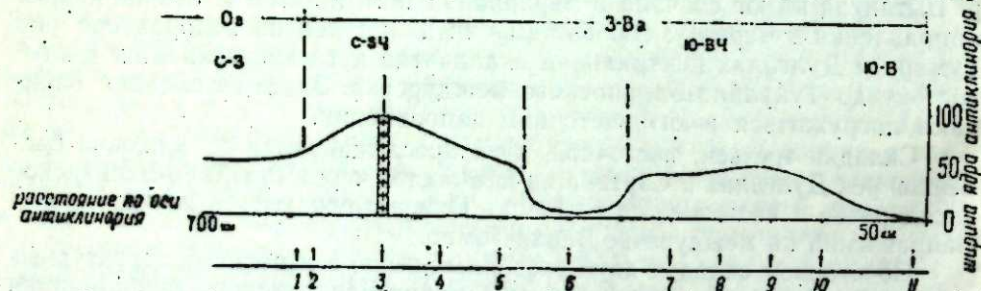


Рис. 2. Изменение ширины ядра Западно-Верхоянского антиклинория. Оа — Орулганский антиклинорий; З-Ва — Западно-Верхоянский антиклинорий; С-ЗЧ — его северо-западная часть, Ю-ВЧ — юго-восточная часть. Вертикальными штрихами показано положение длительно развивавшихся разломов фундамента. Крестиками условно обозначено положение Хобяту-Эчийского массива. Стрелки с цифрами обозначают положение рек: 1 — Собопол, 2 — Бегджан, 3 — Юндюлюнг, 4 — Дянушка, 5 — Сеганджа, 6 — водораздел Тумара и Дулгалаха, 7 — Келя, 8 — Тукулан, 9 — Барая, 10 — Уяна, 11 — Томпо.

В. В. Еловских, Ю. А. Гархова (ЯНГРУ, 1947 г.), Ю. П. Ивенсена (ЯФАН, 1957 г.), К. Я. Спрингиса, С. И. Гаврикова и многих других. Следовательно, выявление поперечных перегибов в складчатой толще отложений Верхоянского комплекса приобретает большое практическое значение.

В результате проведенных за последнее время многочисленных исследований и дешифровки аэрофотоснимков удается проследить поперечные перегибы в своде Западно-Верхоянского антиклинория.

На всем протяжении антиклинория его шарнир занимает горизонтальное или почти горизонтальное положение: на различных участках ядра антиклинория удается наблюдать примерно одинаковую вскрытую мощность отложений Имтанжинской, Солончанской и Кыгылтасской свит (суммарно до 2900 м). Вместе с тем ширина ядра антиклинория по современному эрозионному срезу не остается постоянной (рис. 2). Кажущееся противоречие между действительным положением шарнира антиклинория и линией, изображающей его на рис. 2, объясняется коробчатой формой антиклинория в поперечном сечении [3, 4]. Контуры коробчатой антиклинали в плане зависят от ширины свода складки, а также от углов наклона и простирания крыльев. Эти характеристики могут изменяться при неизменном горизонтальном положении шарнира коробчатой антиклинали. Поперечные перегибы в своде антиклинория проявляются в изменениях ширины свода и приводят к одновременным погружениям и воздыманиям многих антиклиналей. Эти преобразования в складчатой структуре антиклинория отражены на рис. 2.

От юго-восточной периклинали (к востоку от р. Томпо) в направлении на северо-запад ширина ядра Западно-Верхоянского антиклинория постепенно возрастает до 50 км (на Тукулаво-Бараинском междуречье). Далее к северо-западу, на водоразделе бассейнов рек Тумара и Дулгалах, отмечается поперечный синклиналичный перегиб свода, где ширина свода уменьшается до 10—15 км. Этим перегибом антиклинорий делится на две части — юго-восточную и северо-западную.

С переходом к северо-западной части ширина свода сначала резко, затем постепенно возрастает и достигает максимальной величины 95—100 км на широте долины р. Юндюлюнг. На переходе к Орулганскому антиклинорию находится поперечный ступенчатый перегиб. Опущенное крыло его обозначается суженным ядром Орулганского антиклинория, имеющим ширину примерно 50 км. Севернее, в пределах Орулгана и Хараулаха, поперечные синклиналичные перегибы были установлены И. П. Атласовым (НИИГА, 1951 г.).

Синклиналичный перегиб в своде Западно-Верхоянского антиклинория отмечает положение длительно развивавшейся поперечной зоны. Сопоставление разрезов пермских и триасовых отложений по простиранию складок показывает различия в составе разновозрастных свит юго-восточной и северо-западной частей антиклинория. В разрезе Имтанжинской — Кыгылтасской свит юго-восточной части ядра антиклинория пласты песчаников встречаются чаще и обладают большей мощностью, чем в северо-западной части ядра. Заметные фациальные изменения происходят в составе верхнепермской Нерской свиты западного крыла антиклинория. В юго-восточной части региона в Нерской свите угли отсутствуют (междуречье Тумара — Томпо). С переходом по простиранию к северо-западной части региона в разрезе свиты появляются пласты угля мощностью до 1—2 м (междуречье Тумара — Собопол). Изменения по простиранию происходят и в разрезе толщи триаса западного крыла антиклинория. В юго-восточной части региона триасовые отложения представлены пестроцветными (буроватыми, серыми и зеленоватыми) песчаниками с редкими, маломощными пачками аргиллитов и столь же редкой фауной эстерий. Красноцветные отложения отсутствуют (междуречье Тумара — Томпо). По простиранию на северо-запад, наряду с пестроцветными отложениями, появляются красноцветные песчаники и алевропелитовые породы, а в нижней части разреза наблюдаются мощные пачки черных аргиллитов с нормально-морской фауной аммоноидей (междуречье Тумара — Собопол).

Различия в составе пермских и триасовых отложений Западно-Верхоянского и Орулганского антиклинориев менее ясны из-за недостаточной изученности геологии Орулгана. Насколько можно судить, с переходом к Орулгану количество пластов песчаников в разрезе снова уменьшается; в толще верхней перми уменьшается количество пластов угля и появляются пласты гипса; в толще триаса меньшую роль, чем в Западном Верхоянье, играют пестроцветные отложения.

Разница в составе стратиграфических разрезов дополняется различиями в складчатой структуре. Юго-восточная и северо-западная части антиклинория различаются господствующим простиранием складчатости: для первой характерны только северо-западные простирания, для второй — северо-северо-западные и отчасти меридиональные (см. рис. 1). Изменение в простираниях происходит в пределах поперечной зоны, разделяющей две части региона. С переходом к Орулганскому антиклинорию господствующими простираниями становятся меридиональные, а ближе к восточному крылу появляются северо-восточные простирания, совершенно несвойственные складкам Западного Верхоянья. Северо-восточные простирания особенно характерны для северной части Орулганского анти-

клинория (в пределы территории, отмеченной на рис. 1, эта часть антиклинория не вошла). Благодаря этим простираниям здесь обособляются складки Куларской ветви.

В юго-восточной части Западно-Верхоянского антиклинория наблюдается виргаля. Складки располагаются здесь в виде веера, острие которого направлено на юго-восток. На расстоянии около 3000 км по оси антиклинорий расширяется от нескольких километров по правобережью р. Томпо до 170 км в бассейне р. Тумара. Ядро и крылья его здесь хорошо обособляются. В нешироких переходных зонах между ними наблюдаются складки, в которых участвуют совместно Кыгылтасская свита, область преимущественного распространения которой совпадает с ядром антиклинория, и Эчийская свита, распространенная в основном на крыльях.

Северо-западная часть антиклинория построена иначе: складки простираются параллельно, изменения в простираниях происходят при кулисообразных замещениях складок. Ширина антиклинория (но не его свода) остается примерно постоянной и составляет 200—220 км. Ядро и крылья его обособляются менее отчетливо. Складки ядра расчленяются синклиналями с выходом Эчийской свиты. В пределах крыльев антиклинория, образованных отложениями верхней перми, очень характерны обособленные антиклинали с выходами пород Кыгылтасской свиты. Две такие антиклинали расположены на западном крыле антиклинория (в междуречье Дянушка — Юндюлюнг и к северу от долины р. Юндюлюнг (см. рис. 1).

Следовательно, юго-восточная и северо-западная части антиклинория различаются как по общему строению (направления простирания складчатости, виргирующие и параллельные простирания), так и по строению структурных подразделений (более или менее отчетливое обособление ядра и крыльев антиклинория). То же можно сказать и о структуре Западно-Верхоянского и Орулганского антиклинориев, хотя здесь соотношения менее ясны из-за слабой изученности Орулгана.

В юго-восточной части Западно-Верхоянского антиклинория массивы гранитоидов и жильные месторождения неизвестны. Небольшие интрузивные тела и оловянные проявления установлены в верховьях рек Дербек и Хунхада, правого притока р. Томпо (эта часть региона нами не рассматривается).

С переходом к северо-западной части антиклинория, севернее р. Тумара, появляются малые интрузии и рудные месторождения. Большинство из них концентрируется в пределах Эндыбальского рудного района [1], куда входит и Хобояту-Эчийский массив с расположенным около него Имтайжийским оловянным месторождением. Весьма показательно, что этот наиболее крупный массив приурочен к той части антиклинория, где его свод имеет наибольшую ширину (см. рис. 2).

На территории Орулганского антиклинория выходы гранитоидов неизвестны.

Таким образом, в пределах поперечных зон происходят не только перегибы свода антиклинория, но и многочисленные изменения в стратиграфическом разрезе, складчатой структуре, проявлениях магматизма и оруденения. Это указывает на очень древнее заложение линий, ограничивающих рассматриваемые структурно-фациальные зоны. Их влияние прослеживается с начала осадкообразования в Верхоянском бассейне и на протяжении всей последующей истории формирования Западно-Верхоянского антиклинория. Границы поперечных зон прослеживаются на территории Приверхоянского краевого прогиба, где две из них определяют положение Китчанского поперечного поднятия (см. рис. 1). Те же границы продолжаются в пределы Адычанского антиклинория, где отмечаются

перегибами в своде этого складчатого сооружения и некоторыми изменениями в составе свит. Здесь вдоль них ориентируются рудно-магматические пояса.

Совокупность всех перечисленных признаков свидетельствует о том, что границы поперечных структурно-фациальных зон отмечают положение длительно развивавшихся разломов фундамента верхоянского комплекса. Наличие разломов в фундаменте подтверждается ясно выраженной ориентировкой интрузивных массивов Дербек-Нельгехинского междуречья вдоль слегка ломаной, почти прямой, линии\*. В осадочном чехле верхоянского комплекса следами длительно развивавшихся разломов фундамента являются не крупноамплитудные и протяженные разрывные нарушения, а изменения в стратиграфическом разрезе, поперечные перегибы шарниров складок и сводов антиклинориев, многочисленные трещины и рудно-магматические пояса.

Якутский филиал Академии  
наук СССР

Поступила в редакцию  
28/X 1957

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Н. П. Херасков, Д. М. Колосов, Геология и геоморфология Западного Верхоянья. Тр. ВИМС, вып. 116, 1938.
2. А. В. Зимкин, Верхоянский комплекс отложенный бассейна р. Яны. Тр. ЯФАН, сер. геол., вып. 3, 1957.
3. А. В. Вихерт, Тектоника, вулканизм и история геологического развития Западного Верхоянья. Якутск, 1956.
4. А. В. Вихерт, Тектоническое строение и история геологического развития Западного Верхоянья. Тр. ЯФАН, сер. геол., вып. 3, 1957.
5. Ю. М. Пущаровский, О тектоническом строении Приверхоянского прогиба. Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1955.
6. А. В. Зимкин, Геологическое строение северо-восточной Якутии. Тр. ЯФАН, сер. геол., вып. 3, 1957.
7. Н. П. Херасков, Схема тектоники Верхоянской складчатой зоны. Пробл. сов. геологии, т. 5, № 4, 1935.
8. Н. С. Шатский, О структурных связях платформ со складчатыми геосинклинальными областями, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1957.
9. Г. Л. Падалка, О геологическом строении северо-восточной Якутии в связи с металлоносностью. Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1939.
10. Т. Н. Спичарский, З. И. Хейфец, Геология, геоморфология и металлогения Сартано-Адычанского междуречья. Тр. Аркт. ин-та, т. 164, 1940.
11. В. В. Еловских, Геология и полезные ископаемые Дербек-Нельгехинской рудной зоны. Тр. ЯФАН, сер. геол., вып. 3, 1957.

\* Мысль о том, что интрузивные тела Дербек-Нельгехинского и других поясов приурочены к разломам в фундаменте верхоянского комплекса, высказывалась неоднократно (Г. Л. Падалка, М. М. Константинов, О. Б. Флеров, В. В. Еловских, Ю. П. Ивенсен и др.).

В. В. ВДОВИН

**СОВРЕМЕННЫЕ СТРУКТУРЫ МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКОГО  
ПОКРОВА ПОЛЯРНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ  
НИЗМЕННОСТИ\***

В 1951—1956 гг. автор статьи принимал участие в работе Северной геологической экспедиции Западно-Сибирского филиала АН СССР на севере Западно-Сибирской низменности. Нами изучались мезо-кайнозойские отложения в устье Оби, на Тазовском и Гыданском полуостровах, в бассейнах рек Ныда, Пур, Таз, Б. Хета, М. Хета и в нижнем течении Енисея. Проведенные автором геологические и геоморфологические наблюдения вместе с данными других участников экспедиции и обширными материалами экспедиций Научно-исследовательского института геологии Арктики (НИИГА), Всесоюзного научно-исследовательского аэрогеологического треста (ВАГТ), Всесоюзного научно-исследовательского геологического института (ВСЕГЕИ), Западно-Сибирского геологического управления (ЗСГУ) и других организаций позволили составить схему структур мезо-кайнозойского покрова полярной зоны Западно-Сибирской низменности (рис. 1).

На этой схеме в мезо-кайнозойском покрове Западно-Сибирской эпигерцинской платформы — структуре первого порядка — выделены структуры второго и частично третьего порядков. Среди них как положительные структуры могут быть названы Северо-Гыданский и Южно-Гыданский валы, Тазовское, Салехардско-Щучьиинские и Хетские поднятия. К отрицательным структурам отнесены Тазовско-Енисейская, Центрально-Гыданская, Надымская, Куноватская и Байдарацко-Ямальская впадины. Из структур третьего порядка известны Малохетско-Точинская, Яковлевская, Сопочно-Каргинская, Лайдинская и Соленая пологие антиклинальные структуры.

Перечисленные структуры мезо-кайнозойского покрова имеют простирания, близкие к направлению крупных структур палеозойского обрамления низменности, а в удалении от последнего наблюдается совпадение их с осями аэромагнитных аномалий [2]. Насколько проявляется унаследованность их развития от строения палеозойского фундамента, пока из-за малого количества буровых скважин и недостаточности детальных геофизических исследований судить трудно. Но разведочные работы Усть-Енисейской нефтяной экспедиции в низовьях Енисея и по берегам Енисейского залива показали унаследованное развитие структур как второго, так и третьего порядков, начиная с палеозоя. В литературе описано также Лучинкинское поднятие в Приуралье [3], унаследованно развивавшееся с палеозоя и выраженное морфологически в рельефе и строении речных террас р. Пышма. Учитывая эти примеры, мы допускаем, что часть выделенных нами структур имеет длительную

\* Доложено на X научной сессии ЗСФАН СССР в 1956 г. [1].

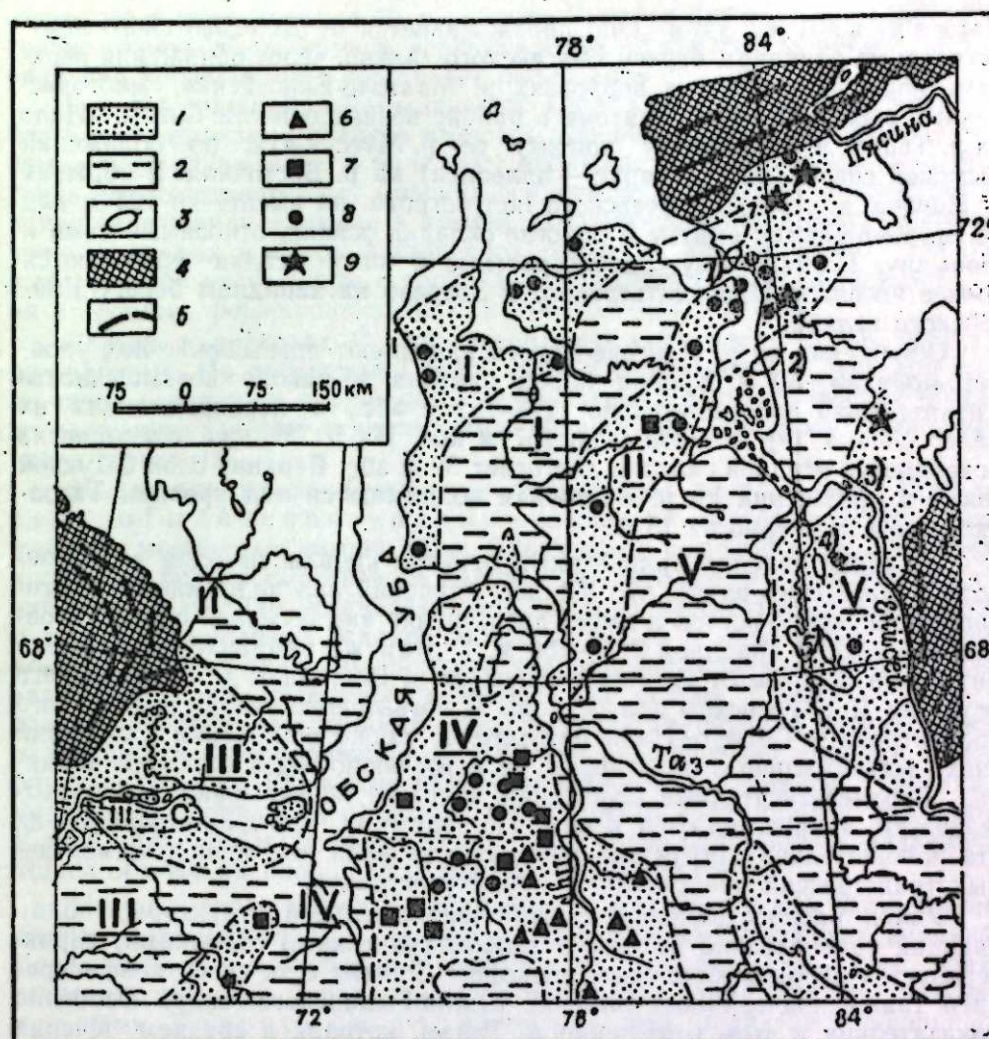


Рис. 1. Схема современных структур мезо-кайнозойского покрова полярной зоны Западно-Сибирской низменности (составил В. В. Вдовин, 1956 г.).

1 — Положительные структуры: I — Северо-Гыданский вал, II — Южно-Гыданский вал, III — Салехардско-Щучьиинские поднятия, III — С — Салехардский вал, IV — Тазовское поднятие, V — Хетские поднятия; 2 — Отрицательные структуры: I — Центрально-Гыданская впадина, II — Байдарацко-Ямальская впадина, III — Куноватская впадина, IV — Надымская впадина, V — Тазовско-Енисейская впадина; 3 — Положительные структуры III порядка: 1) Сопочно-Каргинская, 2) Яковлевская, 3) Малохетско-Точинская, 4) Лайдинская, 5) Соленая; 4 — Контуры распространения палеозойских отложений; 5 — Направления структур палеозойского обрамления; 6 — Выходы неогеновых отложений; 7 — Выходы палеогеновых отложений; 8 — Выходы верхнемеловых отложений; 9 — Выходы нижнемеловых отложений.

историю развития. В ряде случаев для верхних мезо-кайнозойских горизонтов это установлено нами даже при изучении естественных обнажений соответствующих структур.

**Структуры второго порядка**

На Гыданском полуострове выделяются два валообразных поднятия, между которыми расположена вытянутая с юго-запада на северо-восток впадина.

Наиболее отчетливо выражено поднятие, названное нами Южно-

Гыданским валом. Оно прослеживается от Дорофеевского полуострова, на западном берегу Енисейского залива, через обнажения верхнемеловых песчаников в верховьях р. Монгоче-Енисейская, многочисленные выходы осадков сантона в районе возвышенности Сигирте-Надо на р. Танам и по левому притоку ее, р. Муссуй-яха, до обнажений Сымской свиты (датский ярус — палеоцен) на р. Восточная. В обрывах р. Норзой, внутри Дорофеевского полуострова, на высоте до 124 м над ур. м. обнажаются смятые в пологие складки осадки, относимые нами к сеноману. По-видимому, одновозрастные с ними осадки обнажаются южнее поселков Иннокентьевского и Звереве на западном берегу Енисейского залива.

Обнажения на р. Монгоче-Енисейская имеют превышение над уровнем моря 35—40 м. Кровля пород сантона в районе возвышенности Сигирте-Надо поднимается до 127—132 м абс., а перекрывающих их палеогеновых (?) осадков — до 157 м абс. На р. Муссуй-яха отметка поверхности осадков сантона достигает 50 м абс. Верхние слои Сымской свиты в обнажении на р. Восточная поднимаются над уровнем Тазовской губы примерно на 15 м.

Из сопоставления приведенных отметок кровли выходов верхнемеловых отложений видно, что Южно-Гыданский вал поднимается с юго-запада на северо-восток и имеет превышение над соседней с ним Тазовско-Енисейской впадиной 200—250 м. В этом же направлении происходит смена осадков от Сымской свиты на р. Восточная до сеноманского яруса на Дорофеевском полуострове. К возвышенностям Дорофеевского полуострова и Сигирте-Надо приурочены также обнажения отложений эпохи максимального оледенения, не встречающихся в соседних впадинах. Верхнечетвертичные отложения часто не перекрывают эти возвышенности, а прислоняются к ним. По-видимому, при формировании их эта положительная структура уже существовала и в период четвертичных трансгрессий представляла цепочку островов.

Район распространения данной положительной структуры, обладающий сравнительно высокими гипсометрическими отметками, характеризуется овражно-балочным рельефом. Речная сеть своей конфигурацией также подчеркивает наличие Южно-Гыданского вала. Особенно показательна в этом отношении р. Танам, которая в среднем течении обходит возвышенность Сигирте-Надо, а в месте пересечения вала вскрывает осадки сантона.

На севере Гыданского полуострова выделяется второе поднятие, названное нами Северо-Гыданским валом. Оно проходит также с северо-востока на юго-запад через обнажения Сымской свиты на полуостровах Оленьем, Мамонта и по рекам Яра-Лерке-яха, Сабу-то и Яунадея-яха на побережье Обской губы.

В рельефе это поднятие выражено слабее, особенно на полуостровах Оленьем и Мамонта. Моложе и слагающие его верхнемеловые осадки. Они представлены в основном песками, песчаниками, алевропелитами и алевролитами Сымской свиты. На полуострове Оленьем осадки Сымской свиты вскрываются на береговом пляже, т. е. почти на уровне моря. Высыпки их встречены и в центральной, возвышенной части полуострова на высоте приблизительно 10—12 м. На полуострове Мамонта кровля осадков Сымской свиты в прибрежной части достигает 2—2,5 м над ур. м. В глубине полуострова по р. Сале-Лекабта она поднимается примерно до 10 м. На отметках приблизительно 15—18 м одновозрастные осадки вскрываются вблизи побережья Обской губы по р. Яра-Лерке-яха. Внутри полуострова высыпки подобных пород встречаются гипсометрически значительно выше. В бассейне р. Сабу-то кровля их за-

легает на высоте порядка 60 м, а на р. Яунадея-яха — 50 м. Очевидно, среднее превышение кровли верхнемеловых отложений в районе этого вала над уровнем моря составляет около 50 м.

Как и в районе Южно-Гыданского вала, здесь на размытой поверхности верхнемеловых осадков имеются моренные отложения эпохи максимального оледенения. В ряде мест наблюдается и прислоненное залегание верхнечетвертичных морских осадков, указывающее на существование вала в виде островов в момент их формирования. Происхождение этого вала, как и Южно-Гыданского, очевидно, тектоническое. Вместе с тем они оба несут следы и эрозионной препарировки, сопровождавшей их в процессе формирования как положительных структур.

Рельеф в пределах Северо-Гыданского вала рассеченный, овражно-балочный. На побережье Обской губы и Енисейского залива довольно часты отвесные и крутые обрывы в несколько десятков метров, обычно сложенные верхнечетвертичными глинистыми породами санчуговского горизонта.

Между валами на Гыданском полуострове расположена Центрально-Гыданская впадина, сложенная четвертичными отложениями мощностью свыше 100 м. Скважины в пос. Сопочная Карга, на восточном берегу Енисейского залива, заложенные в бортовой части впадины, позволили установить, что подошва четвертичных отложений в виде верхнемеловых осадков находится на 75 м ниже ур. м. Вполне возможно, что в центральной части впадины под четвертичным покровом залегают осадки палеогена, известные на склоне Южно-Гыданского вала, в районе возвышенности Сигирте-Надо. Территория этой впадины отличается и своеобразием рельефа. Гипсометрические отметки здесь опускаются ниже 100 м. Овражно-балочная сеть не развита. В долинах медленно текущих рек происходит накопление современного аллювия. К этой впадине приурочено и наибольшее число болгуныхов, развивающихся обычно на площадях озерно-болотных котловин.

На юго-западе Северо-Гыданский и Южно-Гыданский валы, по-видимому, соединяются и замыкают Центрально-Гыданскую впадину. Сочленяясь, они постепенно переходят в пределах Тазовского полуострова в широкую меридиональную положительную структуру, названную нами Тазовским поднятием. Это поднятие хорошо прослеживается по выходам на дневную поверхность отложений Сымской свиты, палеогеновых, неогеновых и нижнечетвертичных. Наличие данной положительной структуры подчеркивается сильно расчлененным овражно-балочным рельефом, сравнительно глубоким врезом речных долин и молодостью их, особенно на западном побережье полуострова. В центральной части полуострова гипсометрически выделяется меридионально вытянутая возвышенность Понгра-Хадута (отметки до 90 м), которая на юге смыкается с другой, более высокой возвышенностью водораздела рек Надым и Пур. С Понгра-Хадута радиально стекают реки Хадутэ, Ныда, Таб-яха, Арка-Таб-яха, Ево-яха, Правая Хетта и др. К ней приурочены вскрываемые этими реками обнажения наиболее древних пород района.

В бассейне р. Хадутэ, в центральной части полуострова, осадки Сымской свиты обнажаются на высоте около 40—50 м абс. В северном направлении они погружаются под палеогеновые и четвертичные отложения. В бассейне р. Ныда осадки Сымской свиты обнажаются на высоте от 8 до 20 м абс., а по правому притоку р. Надым — р. Правая Хетта — от 20 до 30 м. На восточном склоне вала, в бассейне р. Таб-яха отметки обнажений Сымской свиты колеблются в пределах 30—40 м, а на р. Пур, в с. Самбург, скважиной ВСЕГЕИ ее осадки вскрыты уже на глү-

бине около 200 м ниже ур. м. Южнее, по р. Большая Хадыр-яха, скважиной ВСЕГЕИ, имеющей забой ниже уровня моря на 154 м, вскрыты только осадки палеогена, и лишь на Каменной горе, в 40 км севернее с. Тарко-Сале, осадки Сымской свиты обнаружены скважиной на глубине около 44 м ниже ур. м. Скважиной в с. Ныда до глубины 183 м ниже ур. м. осадки древнее четвертичных не вскрыты, как не вскрыты они до 128,3 м ниже ур. м. и скважиной на мысе Каменный на западном берегу Обской губы.

По периферии выходов Сымской свиты обнажаются осадки палеогена и неогена. Здесь же обычно встречаются и единичные обнажения нижнечетвертичных песков и моренных образований максимального оледенения. Покров четвертичных отложений в центральной части Тазовского вала, в пределах возвышенности Понгра-Хадута, имеет мощность 10—30 м. В направлении соседних впадин он резко увеличивается. На мысе Каменный его мощность превышает 132,5 м, в с. Ныда — 187 м, в с. Самбург — 202 м, в с. Тазовское — 84 м, по р. Большая Хадыр-яха составляет около 30 м, в устье р. Левая Хетта — около 90 м.

Таким образом, по кровле дочетвертичных осадков Тазовское поднятие прослеживается далеко на юг и юго-восток по среднему течению р. Пур и верховьям р. Таз. Им ограничивается с юго-запада отрицательная структура, называемая нами Тазовско-Енисейской впадиной. Эта впадина хорошо выделяется по значительному погружению в ней ниже уровня моря верхнемеловых отложений и большой мощности палеогеновых и неогеновых осадков в ее юго-западной части. Так же как на юго-западе, по ее восточной окраине прослеживаются обнажения пород Сымской свиты, выявленные в бассейнах рек Б. Хета и М. Хета [4]. Осадки Сымской свиты обнаружены скважиной в с. Самбург на глубине около 200 м, а в с. Тазовское на глубине около 100 м ниже ур. м. В с. Красноселькуп они вскрыты скважиной ЗСГУ на глубине 16 м. По данным разреза скважины ВСЕГЕИ на р. Хадыр-яха до глубины 154 м ниже ур. м. залегают морские осадки палеогена, видимая мощность которых 117,7 м. Их перекрывает толща континентального неогена мощностью 35,4 м и четвертичных песков — 11,7 м. На восточном борту впадины осадки Сымской свиты вскрыты скважиной ЗСГУ у пос. Янов Стан на 86 м ниже ур. м. На северо-востоке впадины, в районе Малохетской и Яковлевской разведочных площадей, осадки Сымской свиты в разрезе отсутствуют. На Малохетской площади под четвертичными отложениями на глубине 45—65 м, а в каньонобразных, вероятно эрозионных, долинах до 145 м ниже ур. м. вскрыты морские осадки турона. В районе Яковлевской площади на глубине 50—70 м ниже ур. м. под четвертичными отложениями залегают осадки, относимые к сеноману и турон-сантону.

Последнее указывает на то, что когда на юго-западе Тазовско-Енисейской впадины происходило накопление морских палеогеновых и континентальных неогеновых отложений, северо-восток ее, очевидно, был приподнят и служил областью сноса. И только в четвертичный период северо-восток впадины пережил значительное погружение. Наибольший прогиб в это время, согласно разрезу скважины в с. Самбург, произошел, по-видимому, на юго-западе. Даже если допустить, что самбургская скважина, подобно ряду скважин в Усть-Енисейском районе, попала в эрозионную впадину глубиной до 100 м, то и тогда нормальная мощность четвертичного покрова в окрестностях с. Самбург составит не менее 150 м, а подошва его будет находиться на глубине около 100 м. Учитывая мощность мезо-кайнозойского покрова этой впадины, изменяющуюся от 1 до 5 км (согласно бурениям в Усть-Енисейском районе и

геофизическим исследованиям) и принимая во внимание, что преобладающая часть юрских и меловых отложений представлена морскими и прибрежными осадками, следует предполагать, что Тазовско-Енисейская впадина развивалась длительно. По-видимому, она образовалась в самом начале юрского периода унаследованно в области палеозойской синеклизы Сибирской платформы (подобной Печорской синеклизе на Русской платформе) между Туруханско-Норильскими платформенными складками и погребенными варисскими складчатыми сооружениями или же в области поперечного краевого прогиба.

На западном склоне Туруханско-Норильских платформенных складок в бассейнах рек Б. Хета и М. Хета В. Н. Соколовым [4] описано большое число обнажений верхнемеловых пород, в том числе Сымской свиты. Ими обрамляется с востока Тазовско-Енисейская впадина. Эта область, видимо, с относительно неглубоким залеганием палеозойского фундамента и выклинивающимися к нему горизонтами мезозойских отложений названа нами Хетскими поднятиями. Абсолютная высота кровли верхнемеловых отложений по р. Б. Лайда, правому притоку р. М. Хета, достигает 65 м, что почти соответствует высоте водораздельной поверхности в этом районе. Породы погружаются в общем на запад под углом около 1°. Но западнее, по р. Соленая, правому притоку р. Б. Хета, вновь появляются на поверхности континентальные осадки Сымской свиты, имеющие отметки своей кровли также около 60 м. В основании их обнажаются морские осадки кампан-маастрихта.

Таким образом, эта область, по-видимому, слагается моноклинально погружающимися на запад, сравнительно высоко гипсометрически приподнятыми (до 65 м) верхнемеловыми породами, которые местами собраны в пологие антиклинальные складки. Во время четвертичных оледенений данная область служила зоной разгрузки ледников, двигавшихся со Средне-Сибирского плоскогорья. Поэтому четвертичный покров достигает здесь мощности 60—70 м. Слабо холмистый рельеф этой области осложнен современными эрозионными процессами в виде интенсивно развивающейся овражно-балочной сети. Глубина вреза основных речных долин Енисея, Б. Хеты и М. Хеты составляет 40—50 м.

В 1952 г. геологическими работами ВАГТ в районе Панганской тундры у г. Салехард было выявлено кайнозойское широтное поднятие, названное Салехардским. В последующие годы за наличие его высказались Н. П. Херасков и И. Е. Турищев. Выявление этого поднятия произведено, во-первых, по геоморфологическим данным в результате изучения распределения и направления речной сети, характера ее вреза, наличия террас и морфологии рельефа; во-вторых, по выпадению из разреза среднего и верхнего горизонтов Сангомпанской свиты верхнечетвертичных отложений и приподнятости по сравнению с соседними районами нижнего ее горизонта, по мнению В. В. Галицкого, примерно на 60—70 м. Обь пересекает это поднятие у г. Салехард. Здесь, у Ангальского мыса, она собирается из многочисленных протоков и притоков и единым мощным потоком прорывает его. Затем, встретив погребенные отроги Полярного Урала, она резко поворачивает на восток вдоль Салехардского поднятия, огибая его с севера. Другая крупная река, Полуй, в нижнем течении следует вдоль южного склона Салехардского поднятия, не преодолевая его.

Максимальные гипсометрические высоты на площади поднятия достигают 111—152 м в пределах водораздела рек Б. Сады-яха, Окты-Юган, Няба-яха и Тембой. Вся территория поднятия расчленена глубоко врезанными мелкими речками, оврагами и балками и резко отличается от соседней, Куноватской впадины. По сведениям Т. Г. Борисовой,

сейсмическое профилирование в нижнем течении р. Полуи показало залегание палеозойского фундамента на глубине около 500 м. Мощность четвертичного покрова в салехардском Приобье колеблется от 100 до 140 м. В г. Салехард скважиной Желдорпроекта под четвертичными отложениями на глубине 106 м ниже ур. м. установлено залегание нижнемеловых отложений. Дочетвертичные породы в районе Салехардского поднятия приподняты и сильно размыты. В сводовой части совершенно отсутствуют осадки верхнего мела и третичные. Возможно, они были размыты перед отложением четвертичных осадков, но более вероятно, что данный район в это время уже был приподнят и они здесь не формировались. По-видимому, Салехардское поднятие — древняя структура, унаследованно развивающаяся с палеозоя. Складки палеозойских пород, согласно тектонической карте Н. П. Хераскова, совпадают с направлением мезо-кайнозойского Салехардского поднятия.

Такого же типа молодые поднятия, обусловленные эпейрогеническими движениями, установлены исследованиями ВАГТ на юге полуострова Ямал и в дельте Оби [5]. При этом контуры отдельных поднятий точно не установлены. Поэтому приуральская часть Ямала вместе с районом Салехардского поднятия выделена на схеме под общим названием Салехардско-Щучьинских поднятий.

Байдарацко-Ямальская грабенообразная впадина на юге полуострова Ямал, по данным аэромагнитной и гравитационной карт сотрудников НИИГА В. И. Кайялайнена, Ю. Н. Кулакова и др., выделяется как область резкого погружения палеозойского фундамента до глубины 2,5—4 км. Проходит она с юго-востока на северо-запад на юге полуострова вдоль складчатых палеозойских структур хребта Пай-Хой и пересекает некоторые складчатые структуры Полярного Урала. Ось ее погружается в направлении Байдарацкой губы. Гравитационное поле этой области (определено в 1953 г. И. Г. Земсковым) характеризуется в основном отрицательными аномалиями, величина которых увеличивается в юго-восточном направлении, достигая на побережье Обской губы 15—25 миллигал. В лежащей к северо-востоку средней части полуострова Ямал преобладают положительные аномалии. Линия раздела этих полей проходит в северо-западном направлении.

Эта грабенообразная впадина образовалась, вероятно, как краевой прогиб вдоль складчатых палеозойских структур Пай-Хоя. Но в триасе, в период завершения варисской складчатости, она, очевидно, была усложнена глубинными разломами, захватившими и присоединившими к ней соседние части более древних складчатых структур Полярного Урала. Наибольшее погружение произошло, вероятно, вдоль юго-западного борта впадины. Ему соответствуют и наибольшие глубины Байдарацкой губы, достигающие на широте пролива Югорский Шар 270 м. В пределах полуострова Ямал территория впадины характеризуется пониженным по сравнению с соседними участками рельефом, наличием системы озер и вытекающих из них на северо-запад и юго-восток рек с плохо разработанными долинами.

Геологическое строение впадины, вероятно, сложное. Разломы, по-видимому, прошли как вдоль позднепалеозойских структур хребта Пай-Хой, так и через структуры Полярного Урала. Поэтому в юго-восточной части ее в фундаменте возможно наличие толщ древних метаморфических свит кембрия и ордовика Полярного Урала, а в северо-западной — более молодых свит девона, карбона и нижней перми. Согласно геофизическим исследованиям НИИГА, пересмотренным в последнее время Л. Я. Проводниковым [2], простираются породы палеозой-

ского фундамента в пределах ямальской части впадины имеют уралотаймырскую ориентировку, т. е. с юго-запада на северо-восток, тогда как в байдарацкой ее части — пайхойско-новоземельскую; т. е. с юго-востока на северо-запад. Это указывает на то, что данная виргация складок возникла до образования грабена. Вполне вероятно, что в составе 2,5—4-километрового рыхлого покрова будут представлены все ярусы мезо-кайнозоя. Так, в соседних районах на северо-восточном побережье Югорского полуострова из мезо-кайнозойских отложений известны в коренном залегании морские осадки сантона, туфобрекчий и кайнотипные лавы, определяемые В. И. Устрицким [6] как палеогеновые. В составе туфобрекчий, помимо палеозойских пород, содержатся обломки кремнистых морских пород сантона и куски бурого угля, относимого к апт-альбу, являющиеся местными породами. Кроме того, среди валунов известны находки алевролитов и известковых песчаников с остатками морской фауны кимериджского, верхнего волжского и валанжинского ярусов. В начале палеогена, вероятно по разломам, возобновились подвижки, сопровождавшиеся вулканической деятельностью — взрывами и излияниями лав. В процессе этих подвижек палеозойского фундамента, видимо, произошло причленение к Байдарацко-Ямальской впадине и грабена в устье р. Кара [6].

Непосредственным юго-восточным продолжением Байдарацко-Ямальской впадины является, очевидно, Надымская впадина в бассейне р. Надым. Она находится за пределами наших исследований и изучена геологически весьма слабо. Выделение ее обосновывается значительным погружением цоколя четвертичных отложений ниже уровня моря. Так, скважиной ВСЕГЕИ у с. Ныда, пройденной до 183 м ниже ур. м., вскрыты только четвертичные отложения. В устье р. Левая Хета скважиной ВСЕГЕИ на глубине 60 м ниже ур. м. под четвертичными отложениями установлены осадки Сымской свиты. Первоначально Надымская впадина развивалась, вероятно, как тектоническая депрессия. Но в четвертичное время, когда ледниковый покров сузил возможности поверхностного стока в Северный Ледовитый океан, по ней устремились водные потоки. В результате эрозионной деятельности, по-видимому, произошло переуглубление впадины, а при бореальных трансгрессиях она была заполнена морскими и прибрежными четвертичными осадками.

### Структуры третьего порядка

На фоне описанных выше структур второго порядка развиты более мелкие структуры последующих порядков. Но из-за недостаточной геологической изученности полярных районов таких структур известно еще мало. Геофизическими и буровыми исследованиями Усть-Енисейской экспедиции на северо-востоке Тазовско-Енисейской впадины выявлены пологие антиклинальные структуры третьего порядка: Малохетско-Точинская, Яковлевская и Сопочно-Каргинская. Они имеют согласное со структурой палеозойского фундамента района простираение с юго-запада на северо-восток.

Наиболее изученной является Малохетско-Точинская структура, находящаяся в левобережье Енисея в устье р. М. Хета. По данным А. В. Щербакова [7], длина разведанной буровыми работами части структуры не менее 45 км, ширина от 10—12 до 22 км. Геофизические данные свидетельствуют о значительно больших размерах структуры. В строении ее принимают участие породы верхнего палеозоя и мезозоя. В своде структуры вскрыты породы баррем-апта, на крыльях —

альба, сеномана, турона, вдали от структуры — сантона. Углы погружения крыльев колеблются в пределах 5—20°.

На фоне общей антиклинальной структуры, кроме собственно Малохетского, выделяются еще Точинское и Долганское поднятия. Из них наиболее крупное, Точинское, имеет длину 15 км и ширину около 10 м.

Вся структура нарушена многочисленными разрывами, типа сбросов, с амплитудами от нескольких метров до нескольких сотен метров. Значительный по амплитуде и простираению сброс проходит в присводовой части на юго-восточном крыле структуры, протягивающейся параллельно ее оси. Этот сброс, по-видимому, был активен в юрский период и в начале нижнемеловой эпохи, на что указывает различие мощностей разновозрастных свит по ту и другую его сторону. Главные сбросы осложнены более мелкими, отходящими от них под разными углами. Наибольшее количество нарушений выявлено в сводовой части структуры. В направлении к ней проявляется выклинивание или уменьшение мощностей отдельных стратиграфических горизонтов. Часто в этом же направлении обломочный материал становится более грубым. В верхних стратиграфических горизонтах происходит выполаживание структуры. Эта структура формировалась в процессе седиментации слагающих ее мезозойских осадков. Крылья ее выполаживаются постепенно без образования сопряженных отрицательных структур. По Н. С. Шатскому и В. В. Белоусову, такой тип структур свойствен платформенным областям.

Яковлевская структура, находящаяся на восточном берегу Енисейского залива в устье р. Яковлевая, изучена гораздо слабее. Масштабы ее значительно меньше. В своде структуры обнажаются осадки турона, а на крыльях сохранились и осадки сантона. Глубокая скважина в своде углублена до 2511,6 м и остановлена в отложениях валанжина. По сейсмическим данным, палеозойский фундамент находится на глубине 3050 м. Кровля палеозойских пород в сводовой части структуры приподнята.

По геофизическим исследованиям НИИГА, на северо-востоке Средне-Гыданской впадины выделяется положительная антиклинальная пологая Солочно-Каргинская структура небольшой амплитуды. Она подтверждена и бурением по кровле осадков баррем-апта. Геофизические исследования показали, что в складкообразовании ее принимают участие породы не только мезозоя, но и верхних горизонтов палеозоя.

Сейсмическим профилированием, проведенным сотрудниками НИИГА М. П. Зенченко и И. П. Птицыной (см. [8]), выявлена пологая антиклинальная структура в бассейне р. Б. Лайда, правого притока р. М. Хета, названная нами Лайдинской. Ее западное крыло отчетливо фиксируется по обнажающимся на реках Б. Лайда и Сигодега морским осадкам кампан-маастрихта и континентальной толще Сымской свиты (датский ярус — палеоцен). Углы погружения этой складки на запад измеряются в пределах 1°. Восточное крыло ее устанавливается лишь по сейсмическим данным.

В среднем течении р. Соленая, правого притока р. Б. Хета, где в 1949 г. В. Н. Соколовым [4] установлены выходы верхнемеловых пород (датированных им как третичные), нами выявлена антиклинальная складка, названная Соленой [9]. Она прослеживается визуально по горизонту песчаников верхних слоев кампан-маастрихта. В своде складки песчаники залегают на высоте 4,3 м над уровнем р. Соленая, на 1,5 км северо-западнее — на высоте 2,5, а на 1,5 км юго-восточнее — на

высоте 2 м над рекой. В обнажениях замерить углы падения пород, ввиду их незначительности, очень трудно. Но, наблюдая обнажения с некоторого расстояния, можно отчетливо видеть погружение пород на северо-запад и юго-восток.

Таким образом, визуально эта структура прослежена по прямой линии на протяжении 3 км. Наличие ее подтверждено и некоторыми наблюдениями за четвертичным покровом, перекрывающим верхнемеловые отложения, и геоморфологическими особенностями этого участка. Мощность четвертичных отложений в районе антиклинальной складки составляет 17—20 м, тогда как на прилегающих участках вне ее она обычно равняется 30 м и более. Характерным для этого участка является также выпадение из разреза четвертичных отложений морен, мощные толщи которых имеются как выше, так и ниже по течению р. Соленая, на обоих крыльях структуры. Свободная от морен площадь в направлении с северо-запада на юго-восток по р. Соленая достигает в длину 5 км, что до некоторой степени также может свидетельствовать о размерах структуры.

Геолого-геоморфологические наблюдения и некоторые материалы гравитационной съемки дают основание предполагать наличие в области Хетских поднятий еще ряда антиклинальных складок, например, в районе широтного отрезка р. Б. Хета, на междуречье рек Б. Хета и М. Хета, в истоках правого притока р. М. Хета — р. Кодло.

Несомненно, что и в пределах других структур второго порядка при детальном их изучении будут выделены антиклинальные поднятия третьего порядка.

Такого типа структуры представляют практический интерес, как наиболее благоприятные для образования нефтяных и газовых залежей. Их выявление различными методами и последующая разведка являются задачей ближайшего будущего. При этом, применяя геоморфологический метод и изучая строение четвертичного покрова для структурного анализа, не следует забывать, что в ряде мест полярной зоны Западно-Сибирской низменности на формировании рельефа оказали влияние двигавшиеся в четвертичный период ледники, срезавшие и перемещавшие рыхлый покров.

Проявление некоторых структур, особенно третьего порядка, в рельефе и в залегании покровных отложений позволяет широко использовать наблюдения по геоморфологии и геологическому строению четвертичного покрова (особенно морских отложений) при выявлении структур, благоприятных с точки зрения возможности формирования в них нефтяных и газовых залежей, и более целеустремленно проводить поисковые буровые работы.

Западно-Сибирский филиал  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
30/IV 1957

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Вдовин, Современные структуры мезо-кайнозойского покрова полярной зоны Западно-Сибирской низменности. Тезисы докл. X отчетной научн. сессии ЗСФАН СССР, Новосибирск, 1956.
2. Л. Я. П р о в о д и н к о в, Особенности геотектонического строения, нестационарного состава и рельефа фундамента Западно-Сибирской низменности по геофизическим данным. Тезисы докл. XI отчетн. научн. сессии ЗСФАН СССР, Новосибирск, 1957.
3. С. С. К о р ж у е в, Геоморфологические исследования в районе Лучинского поднятия. (Западная Сибирь). Материалы по геоморфологии и палеогеографии СССР, вып. 10. Тр. ин-та географии АН СССР, вып. 58, 1953.



4. В. Н. Соколов, Геологическое строение и геоморфология бассейна верхнего и среднего течения реки Малой Хеты, 1950. (Автореферат отчета). Рефераты, сб. № 2, тр. НИИГА, т. XXXVIII, 1952.
5. М. Н. Бойцов, О неравномерных эпэпигенических движениях в дельте р. Оби. Информационный сборник ВСЕГЕИ, № 1, Госгеолтехиздат, М., 1955.
6. В. И. Устрицкий, Мезозойские отложения, кайнозойские лавы и туфобрекчи Пай-Хоя. Сб. статей по геол. Арктики, вып. 4, тр. НИИГА, т. 72, 1953.
7. А. В. Щербаков, Новые данные по Малохетской площади. Сб. статей по нефтеносности Сов. Арктики, вып. 1, тр. НИИГА, т. XVII, 1951.
8. Б. В. Вихрев, Л. Н. Юрова, Результаты геофизических работ в районе Усть-Енисейского порта за период 1936—1945 гг. Тр. НИИГА, т. XXVII, 1952.
9. В. В. Вдовин, К вопросу поисков антиклинальных структур геолого-геоморфологическим методом на северо-востоке Западно-Сибирской низменности. Изв. вост. филиалов АН СССР, № 7, 1957.

В. Н. ДОВГАЛЬ

### ГЕОЛОГИЯ ДЕВОНСКОГО МАГМАТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РАЙОНА АБАКАНСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В 1955 г. Ю. А. Кузнецовым [1] была высказана мысль о принадлежности всех эффузивных и интрузивных пород девона юга Минусинской котловины к единому базальтоидному магматическому комплексу. Изучая в 1953—1956 гг. девонские изверженные породы района Абаканского месторождения, мы убедились в справедливости этого утверждения. Все эффузивные и интрузивные породы девонского возраста указанного района оказалось возможным относить к единому магматическому комплексу; подтвердилась базальтоидная природа этого комплекса и генетическая связь с ним Абаканского железорудного месторождения.

Нашими работами была охвачена территория около 65 км<sup>2</sup>. На юге она ограничена р. Абакан, на севере — р. Хараджуль, на востоке — меридианом, проходящим через устье лога Сартобан, на западе — правым бортом долины р. Рудная Кеня. В настоящей статье мы не будем касаться вопросов базальтоидного происхождения комплекса и генетической связи с ним железоруднения. Этому будет посвящена специальная работа. Здесь же нам хотелось рассмотреть геологию комплекса и привести доводы, подтверждающие комагматичность входящих в него пород.

Специальное обсуждение геологии девонской толщи района Абаканского месторождения необходимо главным образом потому, что девонский возраст некоторых ее членов, а именно зеленокаменных эффузивов и прорывающей их Абазинской интрузии, вызывает у ряда исследователей сомнение. Они предпочитают относить то и другое к кембрию, породы которого широко развиты в районе. Так, геологами Красноярского геологического управления В. В. Беренгиловым в 1951 г. и О. И. Шохиной в 1954 г. зеленокаменные эффузивы и Абазинская интрузия были закартированы как кембрийские. О «возможно додевонском» возрасте этих эффузивов и интрузии говорят и другие исследователи [2].

Расположенный на границе сочленения структур Западного Саяна и Минусинской котловины, район Абаканского месторождения характеризуется присутствием двух разновозрастных и различных по структурному положению комплексов — кембрийского и девонского. Первый из них, входящий в состав Западно-Саянской складчатой зоны, отличается сильной дислоцированностью, образуя (в пределах изученной нами площади) юго-восточное крыло крупной антиклинальной складки, имеющее северо-восточное простирание и крутое юго-восточное падение (70—90°). В составе кембрийской толщи, согласно стратиграфическим представлениям А. Г. Сивова [3], различают три свиты: Нижнемонокскую ( $Ст_1^2$ ), Верхнемонокскую ( $Ст_2$ ) и Арбатскую ( $Ст_3$ ). Первая из них сложена кварцевыми и бескварцевыми кератофирами, их туфами и кварцевыми

мангеритами. В состав второй свиты входят главным образом граувакковые песчаники, среди которых в небольшом количестве присутствуют мелафиры, авгитовые и роговообманковые порфириты, туффиты, альбитофирные туфы и археоциатовые известняки. В пределах этой свиты локализуются и рудные тела Абаканского месторождения. Арбатская свита представлена граувакковыми песчаниками, в меньшей мере — конгломератами, алевролитами, аргиллитами и редкими линзами известняков.

Площадь распространения кембрийских пород (на заснятой нами территории) практически ограничивается правобережьем р. Рудная Кеня. Левый борт долины реки сложен девонскими эффузивами, которые несколько выше месторождения переходят и на ее правый берег. Сочленение пород девона и кембрия дизъюнктивное — вдоль р. Рудная Кеня проходит взброс, имеющий северо-восточное падение.

В отличие от кембрийских образований девонская толща дислоцирована несравненно слабее. Она образует широкую открытую синклиналиную складку. В основании ее лежат туфопесчаники, туфоконгломераты и красноцветные песчаники с внедрившимися в них послойными пластовыми интрузиями диабазов. Мощность последних колеблется от 6—7 м до 45—50 м и, возможно, более. Сами осадочные породы сохранились среди диабазов в небольшом количестве, и только в трех местах они фиксируются в виде довольно мощных и более или менее выдержанных по простиранию горизонтов. В составе туфоконгломератов отмечается галька диабазов, очень похожих на диабазы силлов, и андезитовых порфиритов, сходных с таковыми из более высоких частей разреза.

Следующим членом девонской толщи являются зеленокаменные эффузивы. В восточной части района они переходят по простиранию в бурые андезитовые порфириты, а выше по разрезу — в андезито-дацитовые порфириты. Представлены зеленокаменные эффузивы в основном миндаляковыми альбитовыми порфиритами, среди которых в очень небольшом количестве присутствуют андезитовые порфириты и очень редко покровные диабазы. Последние ни по минералогическому, ни по химическому составу не отличаются от интрузивных диабазов, поэтому их можно рассматривать как излившиеся аналоги этих пород.

Помимо эффузивов в составе зеленокаменной толщи отмечаются многочисленные быстро выклинивающиеся линзы туфогенно-осадочных пород. Мощность их достигает максимум нескольких метров. Представлены они туфогенными песчаниками и конгломератами, реже витрокластическими андезитовыми туфами и нормально-осадочными конгломератами. В пределах площади развития зеленокаменных эффузивов породы эти распределены неравномерно. Преимущественно распространены они в западной ее части; по направлению на восток количество их резко сокращается, одновременно меняется и состав: исчезают туфы, уменьшается содержание туфового материала в песчаниках и конгломератах, появляются нормально-осадочные конгломераты.

Выше зеленокаменных эффузивов в разрезе появляются андезито-дацитовые порфириты, которые в основной своей массе являются образованиями более молодыми, чем зеленокаменные эффузивы, хотя на ранних этапах образования андезито-дацитовых порфиритов формирования тех и других пород происходило одновременно, на что указывают существующие между ними переходы по простиранию. Андезито-дацитовые порфириты слагают чрезвычайно монотонную толщу, в которой лишь местами фиксируются небольшие горизонты сильно пористых лав да мелкие линзы красноцветных песчаников. В подавляющем большин-

стве это эффузивы, но среди них имеются и интрузивные разности. Первые представляют собой бурые плотные сургучевидные, часто флюидальные породы с переменным количеством порфировых выделений плагиоклаза, иногда афировые. Интрузивные аналоги андезито-дацитовых порфиритов также обладают порфировой структурой, бурой или черной окраской и прекрасно раскристаллизованной мелкозернистой основной массой. Встречаются они довольно редко и по форме залегания являются, по-видимому, силлами.

В северо-восточном углу изученной площади на андезито-дацитовые порфириты налегает горизонт конгломератов, перекрываемый в свою очередь известняками, содержащими среднедевонскую фауну кораллов (род *Minusiella*) [4]. Выше известняков вновь появляются бурые андезито-дацитовые порфириты, по составу и внешнему облику совершенно аналогичные описанным ранее. В состав конгломерата входят местами хорошо, местами слабо окатанная галька лежащих ниже андезито-дацитовых порфиритов, к которой иногда примешивается в очень небольшом количестве галька зеленокаменных — альбитовых эффузивов или красноцветных песчаников. Цемент песчаный, местами с примесью туфового материала.

Все перечисленные породы, как об этом уже говорилось ранее, образуют синклиналиную складку. На схеме геолого-петрографического строения (рис. 1) мы постарались отобразить эту структуру. Проведенные на схеме пунктирные линии не являются стратонизогипсами, а представляют собой элемент условных обозначений. Кроме того, следует предупредить, что, изображая структуру девонских пород, мы не стремились показать все детали тектонического строения толщи, а хотели только проиллюстрировать общий синклиналиный характер ее структуры. Складки второго и более высоких порядков, усложняющие крылья синклинали, на нашей схеме не отражены.

Из геолого-петрографической схемы видно, что ясно выраженное синклиналиное строение девонской толщи наблюдается лишь в южной и восточной частях изученной территории, где простирание пород меняется от северо-западного (район Рудной Кени) до северо-восточного (вдоль Абакана) при углах падения 30—60° в северных румбах. По направлению на север породы постепенно приобретают моноклиналиное падение, простирание их (исключая северо-восточный угол) становится широтным, углы падения уменьшаются до 25—35°. В более широком структурном плане девонские эффузивы (закартированные нами) слагают часть южного крыла крупной брахисинклиналиной складки, мульда которой расположена примерно на 15 км севернее — где-то в бассейне р. Бутрахта.

Явно секущее положение по отношению к перечисленным породам занимают тела кислой Абазинской интрузии, которые в количестве трех располагаются на территории нашего района. Они представляют собой штоки, имеющие в плане вытянутые очертания и обладающие углами падения контактов не менее 60° в различные стороны. Два тела интрузии локализуются в пределах площади распространения зеленокаменных пород, оказывая на них явное контактное воздействие. Третье приурочено к границе между зеленокаменными эффузивами и диабазами, причем последние на контакте с интрузией испытывают точно так же сильный метаморфизм.

Сложена интрузия главным образом кварцевыми олигоклазитами, среди которых в виде пятен, которые могут достигать иногда очень больших размеров (десятков метров), присутствуют кварцевые альби-

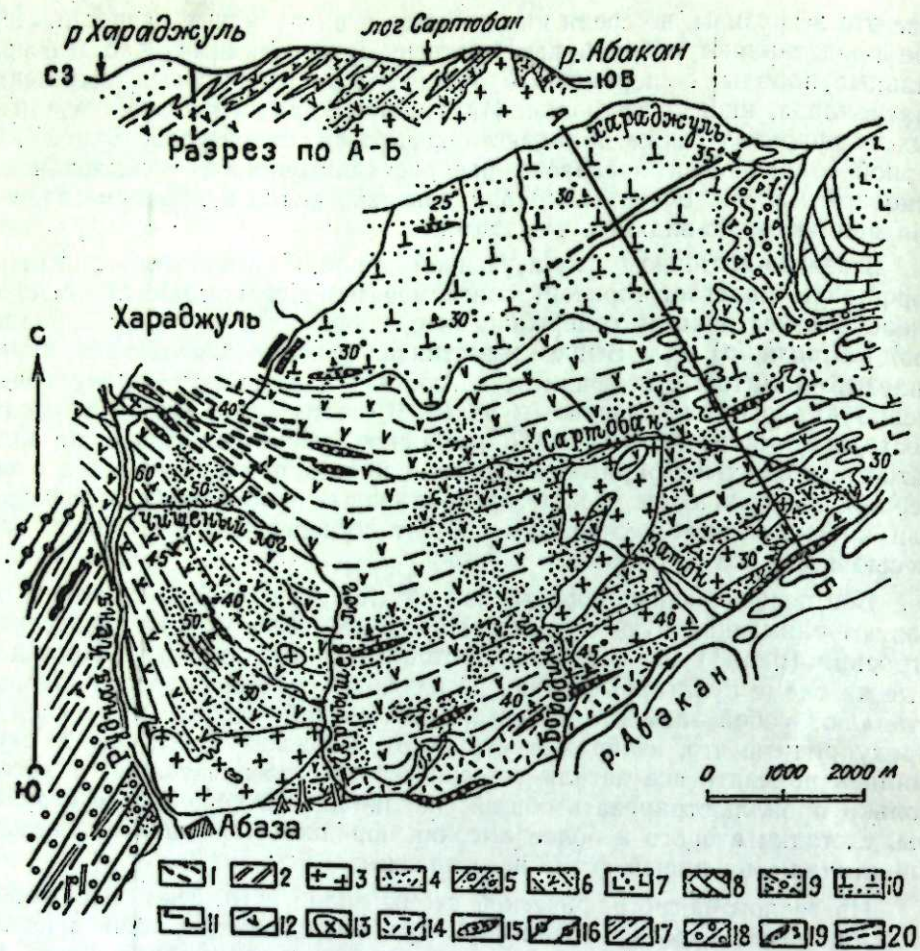


Рис. 1. Схема геолого-петрографического строения междуречья Хараджуля и Абакана (составил В. Н. Довгаль, 1955 г.).

- 1 — дайки кварцевых и бескварцевых порфиров, 2 — дайки кварцевых олигоклазит-порфиров и диорит-порфиров, 3 — Абазинская интрузия ( $D_1^2 - D_2^2$ ). Окварцованные, альбитизированные и серицитизированные породы: 4 — диабазы, 5 — песчаники, конгломераты и алевролиты Арбатской свиты, 6 — окварцованные, серицитизированные зеленокаменные эффузивы, Абаканская свита ( $D_2^2 - Abak$ ): 7 — андезит-дацитовые порфиры, Таштыпская свита ( $D_2^1 - Tash$ ): 8 — известняки, Толочковская свита ( $D_2^1 - Tol$ ): 9 — конгломераты, Чиланская свита ( $D_1^2 - Tschil$ ): 10 — андезит-дацитовые порфиры, 11 — андезитовые порфиры, 12 — зеленокаменные эффузивы, 13 — габбро, 14 — диабазы, 15 — осадочные, туфогенно-осадочные породы, туфы, Кембрийские породы: 16 — кератофиры, авгитовые порфиры, туфы — Нижнемонокская свита ( $St_1^2$ ), 17 — мелафиры, авгитовые и роговообманковые порфиры, граувакковые песчаники, археоциатовые известняки, туфы — Верхнемонокская свита ( $St_2^1$ ), 18 — песчаники, конгломераты, алевролиты с лизимами известняков — Арбатская свита ( $St$ ), 19 — рудные тела Абаканского месторождения, 20 — дизъюнктивные нарушения.

титу. Они представляют собой продукт аутометасоматического преобразования, альбитизации, кварцевых олигоклазитов. В эндоконтактах интрузии в небольшом количестве отмечаются гибридные образования — кварцевые андезиниты.

В современном денудационном срезе вскрыты самые верхние части интрузивных тел. Об этом свидетельствуют многочисленные останцы эффузивной кровли, которые встречаются на водоразделах, сложенных породами интрузии, присутствие в породах интрузии иногда очень крупных по размерам ксенолитов порфиров, а также наличие шлировых текстур, что характерно для гипсометрически наиболее высоких частей интрузивных тел.

Интрузия сопровождается жильной серией, которая представлена дайками кварцевых олигоклазит-порфиров и диорит-порфиров.

В северо-западной части района исследований в пределах Хараджульского месторождения на дневную поверхность выходит небольшое тело габбро. Кроме этого места, аналогичные породы фиксируются по логу Сартобан в месте слияния двух его вершин, где их вскрыл канавой геолог В. В. Беренгилов. По своему минералогическому составу и химизму, габбро целиком соответствуют диабазам, а поэтому их следует рассматривать как более глубокие аналоги этих пород, внедрившиеся, безусловно, позднее диабазов, поскольку они занимают более высокое стратиграфическое положение. По форме залегания габбро, надо думать, представляют собой тоже согласную пластовую интрузию. Подобное предположение основывается на том, что в корне скважин, пробуренных на Хараджульском месторождении и подсекших контакт габбро с красноцветными песчаниками, видно, как габбро близ самого контакта инъецировали по плоскостям наслонения в песчаники, вызвав их слабо ороговование.

В северной части изученной нами площади от верховьев р. Рудная Кеня до северо-восточного угла района протягивается мощная тектоническая зона. Представлена она большим количеством мелких нарушений, простирание которых на отдельных участках может отклоняться от общего северо-восточного направления зоны, становясь широтным или северо-западным. Более крупное нарушение наблюдается только на восточном фланге зоны, где оно прослеживается вдоль одного из притоков р. Хараджуль на расстоянии примерно 3 км, прекрасно отражаясь в рельефе.

К мелким нарушениям в западной части тектонической зоны приурочены многочисленные дайки кварцевых и бескварцевых порфиров, имеющие восточное — юго-восточное простирание и южное — юго-западное падение под углами 60—70°. Дайки очень сильно изменены несколько более поздними гидротермальными процессами, приведшими к их окварцеванию, серицитизации, местами карбонатизации. Помимо даек, подобные изменения претерпевают и вмещающие их породы, главным образом зеленокаменные эффузивы. Окварцевание, серицитизация и в некоторых случаях карбонатизация последних проявляются вдоль тектонических нарушений, подобных тем, по которым происходило внедрение даек порфиров. Зоны таких гидротермально измененных эффузивов, которые благодаря светлой окраске слагающих их пород прекрасно фиксируются в поле, обладают мощностью от десятков сантиметров до 80 м; протяженность их может достигать нескольких сотен метров при широтном или юго-восточном простирании.

Девонский возраст всех перечисленных выше эффузивных, интрузивных и осадочных образований впервые был установлен М. А. Усовым еще в 1917 г. [5]. Не вызывал он сомнений и у более поздних исследователей, работавших в этом районе (Ю. А. Кузнецов [6], А. Г. Сивов [4] и др.). Однако в настоящее время, как мы уже указывали, кое-кто из геологов высказался против девонского возраста зеленокаменных эффузивов и Абазинской интрузии, полагая, что они относятся к кембрию,

породы которого слагают правобережье р. Рудная Кеня. Принадлежность к девону прочих членов интересующей нас толщи для всех исследователей является вполне очевидной.

Поводом для того, чтобы считать девонские зеленокаменные эффузивы кембрийскими, служит только их внешнее сходство с зеленокаменными породами кембрия — и не более! Основанием для отнесения к кембрию Абазинской интрузии является, во-первых, то, что тела ее локализируются среди зеленокаменных эффузивов, а во-вторых, внешняя аналогия состава этой интрузии с составом пород несомненно среднекембрийского Майнского гранодиорита, что приводит некоторых геологов к мысли об одновозрастности этих плутонов. Кстати, вплоть до середины 30-х годов их и считали такими аналогами и обоим им приписывался девонский возраст. В 1934 г. И. К. Баженов [7] впервые усомнился в правильности подобной параллелизации, полагая, что Майнская интрузия может оказаться среднекембрийской, а два года спустя М. А. Усов [8] произвел это разделение, отнеся гранодиориты к среднему кембрию, а Абазинскую интрузию — к девону.

Данные наших исследований подтверждают девонский возраст зеленокаменных эффузивов, а следовательно, и интрузии. Мы никак не можем согласиться с отнесением этих эффузивов к кембрию, руководствуясь при этом следующими соображениями:

1. Кембрийские породы и зеленокаменные эффузивы принимают участие в строении двух совершенно различных структур (см. рис. 1), что уже само по себе является достаточно красноречивым указанием на разновозрастность тех или других пород.

2. В поле развития зеленокаменных эффузивов осадочные породы играют весьма и весьма подчиненную роль, а нормально-осадочные породы вообще представляют собой редкость. Арбатская же и Верхнемонокская свиты кембрия, на простирании которых находятся зеленокаменные эффузивы, являются первая целиком осадочной, вторая существенно осадочной. Встречающиеся в пределах Верхнемонокской свиты в небольшом количестве мелафиры, пироксеновые и роговообманковые андезитовые порфириты отличаются по своему составу от зеленокаменных эффузивов девона: последние почти целиком представлены альбитовыми разностями, состоящими из альбита, хлорита и окислов железа, а названные выше кембрийские эффузивы содержат основной или средний плагиоклаз, авгит или роговую обманку. Андезитовые порфириты, иногда отмечающиеся среди зеленокаменных эффузивов, практически полностью принадлежат к лейкократовым породам, и пироксен фиксируется в них лишь в редких случаях.

Несопоставимы с рассматриваемыми зеленокаменными порфиритами и эффузивы Нижнемонокской свиты, поскольку они относятся в основном к кислым разностям — кварцевым кератофирам.

3. Вдоль левого борта долины р. Рудная Кеня с переходом немного выше Абаканского месторождения на правый ее борт А. Г. Сивов выделил горизонт лабрадоровых порфиритов, которые он рассматривает как дайковые образования, имеющие более молодой возраст, чем вмещающие их зеленокаменные эффузивы. Макроскопически это весьма своеобразные породы, характеризующиеся присутствием в них крупных, иногда до 2 см и более, порфировых выделений плагиоклаза. А. Г. Сивов относит эти порфириты к Печинковской формации (свите) ( $D_2^1$ ), и девонский возраст их ни у кого не вызывает сомнений.

В процессе наших исследований было установлено, что среди лабрадоровых порфиритов наряду с интрузивными имеются и несомненные эффузивные разности, представляющие собой маломощные покровы

(или потоки), залегающие среди альбитовых порфиритов, да и сами они зачастую являются не лабрадоровыми, а альбитовыми с сохранением упомянутого выше своеобразного внешнего облика. Основанием, побудившим нас прийти к такому выводу, послужили находки среди этих порфиритов многочисленных линзочек зеленовато-серых алевролитов и тонкозернистых песчаников. Длина линзочек колеблется от нескольких сантиметров до 60 см (возможно и более), мощность — от 1—2 см до 15—20 см. Почти всегда в них хорошо выражена тонкая параллельная слоистость. В обнажениях линзочки располагаются в виде цепочек одна на продолжении другой, обладая совершенно одинаковыми элементами залегания. Элементы залегания их в различных обнажениях также мало чем отличаются друг от друга и равны: азимут простирания 150—160°, падение северо-восточное, 50—60°.

Появление подобных линз алевролитов и песчаников среди порфиритов можно объяснить лишь как результат отложения из водной среды обломочного материала в углублениях и неровностях внешней поверхности эффузивного потока.

Таким образом, не подлежит сомнению, что часть лабрадоровых порфиритов представляет собой поверхностные излияния. Из этого следует, что они являются образованиями, сингенетичными с зеленокаменными эффузивами, и притом наиболее древними из них, так как лежат в низах зеленокаменной толщи. А поскольку эти порфириты имеют несомненно девонский возраст, то и все перекрывающие их зеленокаменные эффузивы следует относить к девону. Кстати, подобные лабрадоровые порфириты имеются и в других частях зеленокаменной толщи, например, они фиксируются по логу Затон, где являются покровными образованиями.

В отношении же лабрадоровых порфиритов, образующих дайку, следует сказать, что они, ничем не отличаясь по составу и структуре от своих эффузивных разностей, являются интрузивными аналогами последних.

4. Выше мы говорили о том, что зеленокаменные эффузивы в восточной части района переходят по простиранию в андезитовые и андезито-дацитовые порфириты, принадлежность к девону которых ни у кого не вызывает сомнений. Чтобы понять, что это за переходы и чем они обусловлены, необходимо остановиться на условиях образования пород зеленокаменной толщи.

Эти породы формировались в подводной обстановке (на что указывает присутствие среди них шаровых лав) и относятся по своему составу к спилитам. Однако назвать их спилитами мы не можем, поскольку под таковыми понимают типичные геосинклинальные образования, чего нельзя сказать об эффузивах Минусинской котловины. Поэтому они являются всего лишь спилитоподобными.

Отнесение зеленокаменных эффузивов к спилитоподобным исключает необходимость каких-либо особых комментариев по поводу генезиса главной массы этих пород — альбитовых порфиритов. Они образовались в результате альбитизации в подводных условиях пород андезитового и базальтового состава, а в верхних частях зеленокаменной толщи — в результате альбитизации андезито-дацитовых порфиритов. Действительно, среди альбитовых порфиритов встречаются андезитовые порфириты и диабазы. В двух случаях было установлено, что андезитовые и альбитовые порфириты слагают один и тот же поток: первые — нижнюю и центральную часть его, вторые — верхнюю. Есть среди зеленокаменных эффузивов и андезито-дацитовые порфириты, связанные с ними постепенными переходами. Наконец, в альбитовых

порфиридах встречаются, хотя и редко, реликты незамещенного основного плагиоклаза — лабрадора.

Таким образом, при излиянии магмы андезитового, базальтового и андезито-дацитового состава в водный бассейн за счет нее в конечном счете возникали альбитовые порфириды. В тех случаях, когда эта же магма кристаллизовалась в наземных условиях, продукты ее кристаллизации были иными, соответствуя андезитам, базальтам или андезито-дацитам. Если магма кристаллизовалась частично на суше, частично под водой, то за счет ее одновременно могли возникнуть те и другие породы, которые дают между собой переходы по простираннию. Именно такая картина наблюдается в рассматриваемом нами случае.

Таковы основные доводы, которые мы можем привести в опровержение высказываемой в настоящее время мысли о кембрийском возрасте зеленокаменных эффузивов.

Итак, все породы, занимающие территорию восточнее р. Рудная Кеня, имеют девонский возраст. Согласно стратиграфической схеме Н. А. Белякова и В. С. Мелешенко [9, 10], диабазы, зеленокаменные, андезитовые и андезито-дацитовые порфириды следует относить к Чиланской свите ( $D_1^1$ ). Лабрадоровые порфириды, о которых мы говорили выше и которые А. Г. Сивов [4] считает среднедевонскими, также включаются в состав этой свиты, так как они являются образованиями сингенетичными с зеленокаменными эффузивами. Конгломераты, известняки и перекрывающие их андезито-дацитовые порфириды северо-восточного угла района имеют уже среднедевонский возраст. Первые из них относятся к Толочковской ( $D_2^1$ ), вторые — к Таштыпской ( $D_2^1$ ), третьи — к Абаканской ( $D_2^2$ ) свитам. Имекская свита — вторая нижнедевонская свита в схеме Н. А. Белякова и В. С. Мелешенко, — перекрывающая Чиланскую, из разреза девонских отложений нашего района выпадает, что является, по мнению А. И. Анатольевой [11], следствием регионального перерыва в осадконакоплении, который имел место на границе нижнего и среднего девона на большей части территории Минусинской котловины.

Выяснив положение, занимаемое эффузивами в разрезе девонских отложений Минусинского межгорного прогиба, мы можем с полной определенностью говорить и о возрасте Абазинской интрузии. Метаморфизирующее воздействие ее на нижнедевонские зеленокаменные эффузивы и диабазы совершенно очевидно. В непосредственном контакте с интрузией оно выражается в появлении во вмещающих породах актинолита, эпидота, магнетита, иногда пренита, которые являются здесь продуктами собственно контактового метаморфизма, возникшими в момент внедрения и кристаллизации магмы. С постмагматической деятельностью интрузии, в связи с проработкой вмещающей толщи растворами, выделившимися из уже раскристаллизованных магматических тел, связано интенсивное окварцевание и серицитизация зеленокаменных альбитовых порфиридов, альбитизация, окварцевание и серицитизация диабазов, залегающих в пределах зеленокаменной толщи андезитовых порфиридов, а также осадочных пород кембрия в устье р. Рудная Кеня. Процесс этот проявился на значительных площадях, охватив главным образом зеленокаменные эффузивы.

Как видно из схемы геолого-петрографического строения, гидротермально измененные породы тяготеют в основном к штокам интрузии. Там же, где они удалены от них, локализуются вдоль зон дробления и интенсивной расщепки, совпадающих по направлению с простираннием девонских пород, поэтому в конфигурации полей окварцевания и

серицитизации находит отражение структура девонской толщи. Можно полагать, что такие участки измененных эффузивов, отстоящие на значительное расстояние от интрузивных тел, представляют собой покрывки близко расположенных от поверхности, но еще не вскрытых денудацией интрузивных штоков.

А. Г. Сивов [4] относит нижнюю возрастную границу интрузии к эйфельскому веку, исходя из того, что она прорывает, по его мнению, эйфельские лабрадоровые порфириды (речь о них шла выше). Но так как эти порфириды оказываются в действительности, как и все прочие нижнедевонские эффузивы нашего района, кобленцскими, нижний предел возраста интрузии следует понизить до кобленцкого века ( $D_1^1$ ).

Верхняя же возрастная граница интрузии относится А. Г. Сивовым к живецкому веку, так как галька альбитов «уже обнаруживается в базальном конгломерате Тейской формации» ( $D_2^2$ ), [12]. Конечно, нет уверенности в том, что описываемая А. Г. Сивовым галька является галькой именно интересующей нас интрузии, но выглядит это весьма правдоподобно, так как Тейская формация (свита), являясь целиком осадочной, лежит непосредственно на эффузивной толще девона, с которой Абазинская интрузия образует единый магматический комплекс. Эта точка зрения согласуется и с представлениями В. С. Мелешенко [13], утверждающего, что девонские интрузии в Минусинской котловине не прорывают отложений моложе илеморовских (Илеморовская свита ( $D_2^2$ )) подстилает Бейскую ( $D_2^2$ ), которая, по мнению Г. И. Теодоровича [14], сопоставляется с Тейской формацией А. Г. Сивова).

Рассмотрим теперь соображения, на основании которых доказывалась комагматичность всех входящих в состав этой толщи изверженных пород.

Принадлежность к единому магматическому комплексу эффузивов, а именно зеленокаменных, андезитовых и андезито-дацитовых порфиридов, не требует доказательств. Об этом достаточно ясно свидетельствует характер взаимоотношений между ними. Что касается интрузивных диабазов, залегающих в виде силлов в основании девонского разреза, а также габбро района Хараджульского месторождения, то их комагматичность устанавливается на основании минералогического и химического сходства с покровными диабазами, которые изредка встречаются среди зеленокаменных эффузивов и рассматриваются нами как излившиеся аналоги интрузивных диабазов.

Несколько сложнее доказать принадлежность к магматическому комплексу пород Абазинской интрузии. В пределах изученной нами площади нет никаких эффузивных аналогов интрузии, наличие которых явилось бы наиболее надежным и простым подтверждением такой комагматичности. Поэтому пришлось обратиться к району среднего и нижнего течения р. Бутрахта (примерно на 15 км севернее месторождения), где имеются альбитофиры и кварцевые альбитофиры. Последние могли оказаться и оказались в действительности аналогами кварцевых альбититов.

По А. Г. Сивову [4], кварцевые альбитофиры входят в состав Печинской формации (свиты) ( $D_2^1$ ), образуя в ней самостоятельную «Бутрахтинскую свиту». Они представляют собой силлы, купола или дайки, являясь, таким образом, тоже интрузивными образованиями. Но с ними тесно ассоциируют, переслаиваясь с породами Печинской формации (свиты), туфы этих альбитофиров, а это уже не оставляет никаких сомнений в принадлежности кварцевых альбитофиров к девонскому магматическому комплексу. Они залегают в мульде той брахисинклиналь-

ной складки, часть южного крыла которой слагают породы нашего района и венчают собой тот разрез эффузивного девона, с низами которого мы имеем дело.

Кварцевые альбититы и кварцевые альбитофиры по минералогическому составу мало чем отличаются друг от друга. Первые состоят из альбита, кварца (35—45%), аксессуаров (апатит, сфен, магнетит, изредка — циркон, рутил). В них в переменной количестве (от 1—2 до 20%) присутствует вторичная роговая обманка — слабжелезистый актинолит, эпидот и хлорит. Кварцевые альбитофиры сложены точно так же кварцем и альбитом (примерно в таких же соотношениях), в них имеется магнетит, нередко сфен, минералы группы эпидота, хлорит. Довольно часто встречаются псевдоморфозы из окислов железа и хлорита, вероятно, по роговой обманке. Местами в кварцевых альбитофирах встречаются участки, где плагиоклаз представлен олигоклазом, а не

Таблица 1

	Химический состав, %			Числовые характеристики по А. Н. Заварицкому			
	кварцевый альбитит (устье р. Рудная Кеня)*	кварцевый альбитит (устье р. Рудная Кеня)**	кварцевый альбитофир (район с. Бутрахта)***		кварцевый альбитит (устье р. Рудная Кеня)*	кварцевый альбитит (устье р. Рудная Кеня)**	кварцевый альбитофир (район с. Бутрахта)***
SiO <sub>2</sub>	75,12	75,10	77,06	a	12,4	13,2	10,3
TiO <sub>2</sub>	0,37	0,26	0,28	c	0,8	1,0	0,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,94	14,33	10,93	b	5,7	4,7	6,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,68	0,10	0,48	s	81,1	81,0	82,6
FeO	1,18	1,60	2,80				
MgO	2,06	0,21	0,94	f'	26,9	32,9	44,8
CaO	0,70	0,95	0,80	m'	57,2	6,8	23,9
Na <sub>2</sub> O	5,61	5,90	4,71	a'	15,9	60,3	29,2
K <sub>2</sub> O	0,69	0,73	0,27	n	92,7	93,1	96,2
H <sub>2</sub> O'	0,10	—	0,10				
п. п. п.	1,66	0,94	1,30				
Сумма	100,11	100,17	99,67				

\* Анализ выполнен в аналитической лаборатории ХМИ ЗСФАН.

\*\* Анализ заимствован из отчета О. И. Шохиной.

\*\*\* Анализ выполнен в аналитической лаборатории ХМИ ЗСФАН.

альбитом. По составу они отвечают кварцевым плагиопорфирам и представляют собой реликты той самой первичной породы, за счет альбитизации которой возникли кварцевые альбитофиры.

Помимо минералогического тождества, наблюдается сходство и в химических составах обеих пород (табл. 1).

Из сказанного следует, что кварцевые альбититы Абазинской интрузии являются аналогами кварцевых альбитофиров, а следовательно, и сама интрузия принадлежит к девонскому магматическому комплексу.

Западно-Сибирский филиал  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
29/X 1957

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. А. Кузнецов, Железороденение и генетические типы интрузий. Изв. АН СССР, сер. геол., № 2, 1955.
2. Полевой атлас фауны и флоры девонских отложений Минусинской котловины. Под ред. М. А. Ржонсницкой и В. С. Мелешенко. Изд. ВСЕГЕИ, 1955.
3. А. Г. Сивов, Верхнекембрийская арбатская формация Западного Саяна. Изв. Томского Политехн. ин-та, т. 65, вып. 2, 1950.

4. А. Г. Сивов, Элементы стратиграфии и тектоники девонских отложений Минусинской котловины. Тр. Томского ун-та, т. 132, 1954.
5. М. А. Усов, Геологическое строение района Абаканского железорудного месторождения Енисейской губернии. Томск, 1917.
6. Ю. А. Кузнецов, Геологическое строение Абаканского железорудного месторождения. Изв. Зап.-Сиб. отд. Геол. комитета, т. VIII, вып. 3, 1929.
7. И. К. Баженов, Западный Саян. Очерки по геологии Сибири. Изд. АН СССР, 1934.
8. М. А. Усов, Фазы и циклы тектогенеза Западно-Сибирского края. Изд. Зап.-Сиб. геол. треста, Томск, 1936.
9. В. С. Мелешенко, О некоторых вопросах стратиграфии девонских отложений Минусинской котловины. Тр. ВСЕГЕИ, Палеонт. и стратигр., Госгеолиздат, 1953.
10. В. С. Мелешенко, Проект унифицированной схемы стратиграфии девонских отложений межгорных впадин Саяно-Алтайской области. Тезисы докл. на междувед. совещ. по разработке унифицированной стратиграф. схем Сибири. Л., 1956.
11. А. И. Анатольева, К вопросу об универсальной стратиграфической схеме девонских отложений Минусинского межгорного прогиба. Тезисы докл. на междувед. совещ. по разработке унифицированной стратиграф. схем Сибири. Л., 1956.
12. М. Г. Сивов, А. А. Любэрцов, Характер минерализации вдоль Саянского надвига в Западном Саяне. Вестник ЗСГУ, вып. 3, 1941.
13. В. С. Мелешенко, Некоторые вопросы геологии межгорных впадин Саяно-Алтайской складчатой области. Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 3, 1956.
14. Г. И. Теодорович, Основные черты стратиграфии и палеогеографии девона Минусинской котловины. Сб. погр. геол. Азии, т. 1, 1954.

С. В. ПУЧКОВ, В. П. СОЛОНЕНКО, А. А. ТРЕСКОВ, Н. А. ФЛОРЕНСОВ  
НОВОЕ СИЛЬНОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

27 июня 1957 г. на востоке страны произошло землетрясение, охватившее огромную площадь — от верхнего течения Лены до южной окраины Забайкалья и верхнего Приамурья. Это землетрясение было одним из сильнейших в Восточной Сибири за последние 250 лет: по данным наблюдений сейсмических станций СССР и зарубежных, оно имело интенсивность  $M = 7\frac{1}{2} - 7\frac{3}{4}$ , что соответствует 10 баллам.

По определению С. И. Голенецкого (методом Гейгера), использовавшего наблюдения 29 станций, координаты эпицентра  $56,1^{\circ} \pm 0,1^{\circ}$  с. ш. и  $116,7^{\circ} \pm 0,1^{\circ}$  в. д.

За основным землетрясением последовали многочисленные повторные толчки; наиболее значительный из них (29 июня) имел эпицентр, практически совпадающий с предыдущим:  $-56,4^{\circ} \pm 0,1^{\circ}$  с. ш. и  $116,9^{\circ} \pm 0,1^{\circ}$  в. д. (определен С. И. Голенецким по материалам 16 станций).

Естественно, что это землетрясение привлекло внимание широкого круга сейсмологов и геологов, тем более, что оно произошло в области, которая, по принятой в 1951 г. схеме сейсмического районирования, считалась асейсмичной. Анализируя причины столь существенной погрешности в карте сейсмического районирования для северо-восточной части Восточной Сибири, приходится признать, что ее составители не учли некоторых известных фактов, а именно: восьмибалльного землетрясения 1917 г. (по К. В. Пшеникину, координаты его эпицентра  $57^{\circ}$  с. ш. и  $115^{\circ}$  в. д., интенсивность, по С. Л. Соловьеву,  $M = 6$ ) и семи-восьмибалльного землетрясения, наблюдавшегося в 1902 г. участниками гидрографической экспедиции в пункте  $56,7^{\circ}$  с. ш. и  $112,7^{\circ}$  в. д. (междуречье Верхней Ангары и Мамы); не были также приняты во внимание особенности геологического строения и геологической истории Северо-Восточного Прибайкалья.

Исследования двух последних десятилетий показали, что территория, испытавшая 27 июня 1957 г. наибольшее потрясение (Бодайбинский район Иркутской области, Каларский район Читинской области, где находится эпицентр, и Баунтовский аймак Бурят-Монгольской АССР), по характеру и интенсивности неотектонических движений, а также по проявлению последних в современном рельефе, принципиально ничем не отличается от Юго-Западного Прибайкалья, давно известного своей высокой сейсмичностью, обилием юных, выраженных в рельефе разломов, следами молодого вулканизма в виде потоков и покровов четвертичных базальтов, выходами термальных вод и т. д.

Наиболее активные тектонические структуры Восточной Сибири в виде впадин байкальского типа образуют прерывистую полосу, протягивающуюся через все высокогорное Прибайкалье. На его восточном фланге, в Витимо-Олекминской горной стране, они имеют типичных представителей — Муйскую, Чарскую, Токкинскую межгорные впадины.

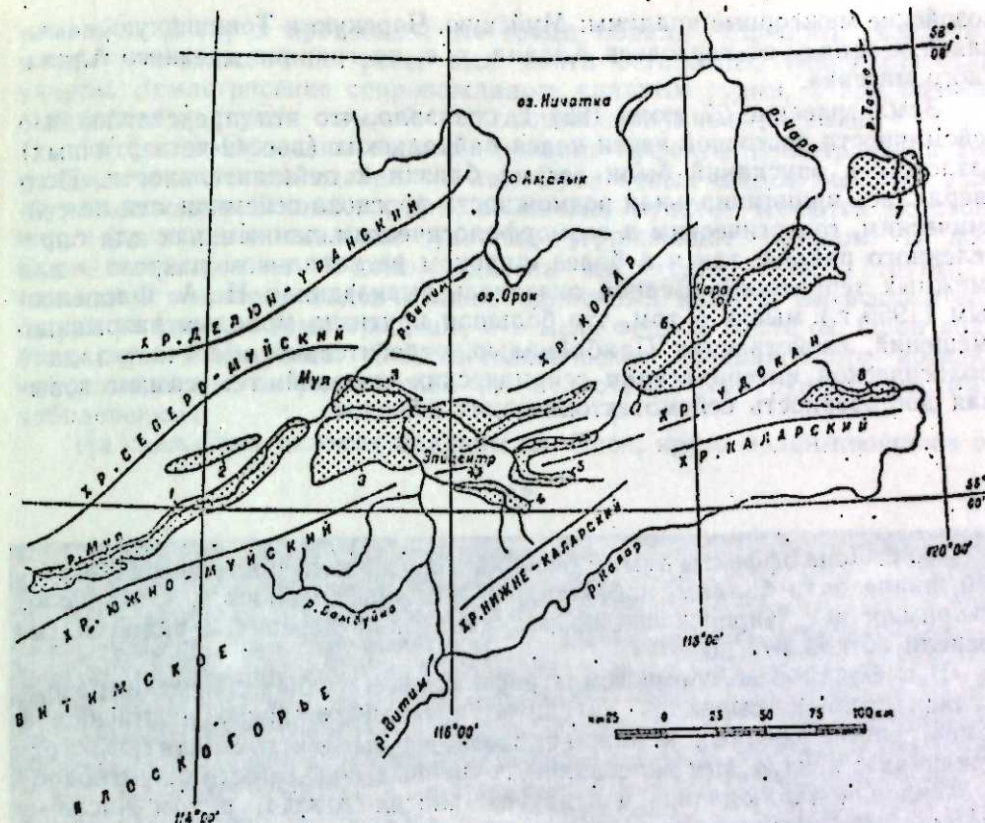


Рис. 1. Схема расположения хребтов и впадин в области эпицентра Муйского землетрясения.

Впадины: 1 — Верхне-Муйская, 2 — Муйкинская, 3 — Муйская, 4 — Таксинская, 5 — Куандинская, 6 — Чарская, 7 — Токкинская, 8 — Каларская.

Последние заканчивают собой на востоке зону крупнейших разломов и прогибов неоген-четвертичного возраста, развившихся в древнем (главным образом допалеозойском) субстрате по линиям, связанным с очень древними глубинными разломами. Здесь, в системе хребтов: Северо-Муйский, Южно-Муйский, Делюн-Уранский, Удокан, Кодар и другие (рис. 1), и разделяющих их межгорных впадин, как и в Юго-Западном Прибайкалье, имеются многочисленные выходы термальных вод, остатки обширных лавовых полей (хр. Удокан), следы очень молодых, почти современных опусканий (например, впадина оз. Орон). За последнее десятилетие в районе оз. Ничатка (Бодайбинский район, склоны хр. Делюн-Уранский), по данным Я. М. Яблокова (1953 г.), и в бассейне р. Чукчуду (система р. Калар, южные склоны хр. Удокан), по устному сообщению П. Е. Луненка, были обнаружены мощные, зияющие на поверхности трещины длиной в 1 км и более, рассекающие древние кристаллические толщи. Образование этих трещин естественно связать с очень сильными землетрясениями, происшедшими здесь в геологически недавнее время.

Учитывая эти и другие данные, В. П. Солоненко, А. А. Тресков и Н. А. Флоренсов в декабре 1956 г. предложили новый вариант карты сейсмического районирования Восточной Сибири, в котором Байкальская сейсмическая зона, по сравнению с изображением ее на прежних схемах, протягивалась от северной оконечности Байкала значительно далее к востоку и восьмибалльная изосейста целиком охватывала кай-

нозойские межгорные впадины: Муйскую, Чарскую и Токкинскую, замыкаясь к западу от верховьев Алдана, т. е. по границе древнего Алданского массива.

Землетрясение 27 июня 1957 г. показало, что эти представления о сейсмичности восточной части пояса байкальских (неоген-четвертичных) разломов и опусканий были весьма близки к действительности. Подтвердилась принципиальная возможность прогноза сейсмичности по сейсмическим, геологическим и геоморфологическим данным как для определенного района, так и в более широком региональном разрезе — для смежных территорий. Верной оказалась высказанная Н. А. Флоренсовым (1955 г.) мысль о том, что большая крутизна молодых разрывных смещений, свойственная Прибайкалью, относительно облегчает задачу геологической интерпретации сейсмических явлений, тем самым повышая достоверность сейсмотектонических выводов.

\*\*

По р. Лена эффекты землетрясения\*, соответствующие по официальной шкале пяти баллам, наблюдались вниз по течению от д. Марково. Например, в г. Киренск сильно раскачивались деревья и радиомачты, звенели стекла и т. д.

В г. Бодайбо во время землетрясения растрескивались печи, разрушались трубы, осыпалась штукатурка, причем преимущественно в домах, расположенных в нижней части города, на аллювиальных отложениях с неглубоким залеганием грунтовых вод. Вместе с тем подобные явления наблюдались и в других частях города, в том числе в зданиях, построенных на скальном основании.

Аналогичные деформации построек произошли на станциях Бодайбинской ж. д. и на приисках групп Светлой и Бодайбинской.

К юго-востоку от г. Бодайбо, в долине р. Витим, вверх по ее течению, эффекты землетрясения постепенно нарастали до пос. Амалык. Так, в пос. Синя, имеющем около 30 деревянных домов, повреждены почти все трубы, а в двух сравнительно больших домах разрушены печи, обвалилась штукатурка, растрескались стекла. Меньше пострадал пос. Прониха, но здесь в окрестных горах отмечены обвалы, а на берегу р. Витим, в 3 км выше поселка, на склоне 80-метровой террасы, произошел довольно значительный оползень (рис. 2). На левом берегу реки от пос. Синя до пос. Синюга землетрясение было заметно сильнее, чем на правом.

Около пос. Нерпо на реке отмечена остановка моторов катера и лодки вследствие гидравлического удара по гребным винтам, ниже по течению реки, т. е. дальше от эпицентра, этого не наблюдалось.

В долине р. Витим землетрясение наиболее сильно проявилось в пос. Амалык, расположенном на правом берегу реки, на 4 км ниже Делюно-Оронского порога\*\*. Здесь были разрушены все трубы и печи, построенные на фундаменте. Печи, поставленные на пол, только растрес-

\* Обследование землетрясения проведено с 12 июля по 1 августа 1957 г. Кроме авторов статьи, в нем приняли участие Г. Н. Бугаевский и Т. А. Тресков. Наша группа пересекла область землетрясения по маршруту Иркутск — Киренск — Бодайбо (и его поисковый район) — Мама — долина р. Витим (от Бодайбо до хр. Южно-Муйский) — эпицентр — Чара — Чита. Кроме того, обработаны корреспондентские сообщения. Сведения о землетрясении получены из 112 пунктов.

\*\* На многих картах пос. Амалык ошибочно показан выше Делюно-Оронского порога.

кивались. В горах произошли массовые обвалы. Мощный дизельный катер, проходивший по реке, был почти остановлен гидравлическим ударом. Землетрясение сопровождалось сильным гулом, а под почвенным слоем — стуком камней, слагающих валунные россыпи.

За Делюно-Оронским порогом внешние эффекты землетрясения выражены значительно слабее: до пос. Орон ясных следов бывшего землетрясения не установлено, хотя во многих пунктах имеются неустойчивые россыпи и скальные участки, угрожающие обвалом. В пос. Орон, состоящем из 13 домов, уцелели все стекла, печи и трубы, в гольцах отмечалось падение лишь одиночных камней, но все жители ощущали сильное землетрясение, а в мелководном месте оз. Орон вода была сильно взмучена. Сейсмогеологические условия этого поселка неблагоприятны: он расположен на мелкоземистых грунтах, местами заболоченных.

На скалистых склонах впадины оз. Орон, круто поднимающихся от



Рис. 2. Оползень (осов) на правом берегу р. Витим, образовавшийся во время землетрясения 27 июня 1957 г. Фото 18/VII 1957 г.

уреза воды на 1600 м, следов сколько-нибудь крупных обвалов не видно, хотя надводные склоны этой удивительной тектонической «щели» на значительном протяжении являются обвалоопасными.

Далее, до прииска Каролон зарегистрировано всего четыре оползня ниже ключа Никишкина и один скальный обвал на водораздельном мысе Челолок — Витим. На приiske Каролон землетрясение проявилось так же, как и в пос. Орон.

Между прииском Каролон и р. Янгуда никаких признаков землетрясения не установлено, несмотря на значительное количество обвалоопасных участков, где многие скалы сильно разбиты трещинами, имеют нависшие глыбы и чрезвычайно неустойчивы.



Выше р. Янгуда появились вначале одиночные и небольшие, затем все более крупные и многочисленные, а выше устья р. Таллая — массовые обвалы россыпей и скал, но преимущественно на левом склоне долины и в ущельях левых притоков р. Витим, хотя оба склона долины в одинаковой мере обвалоопасны.

На Парамском гольце во время землетрясения произошли массовые обвалы, заметно изменившие его облик (рис. 3). Облако пыли, окутавшее голец, поднялось значительно выше его вершины (относительная высота 1265 м, абсолютная — 1721 м). На правобережном массиве обвалов было значительно меньше. Ощутительные сотрясения около

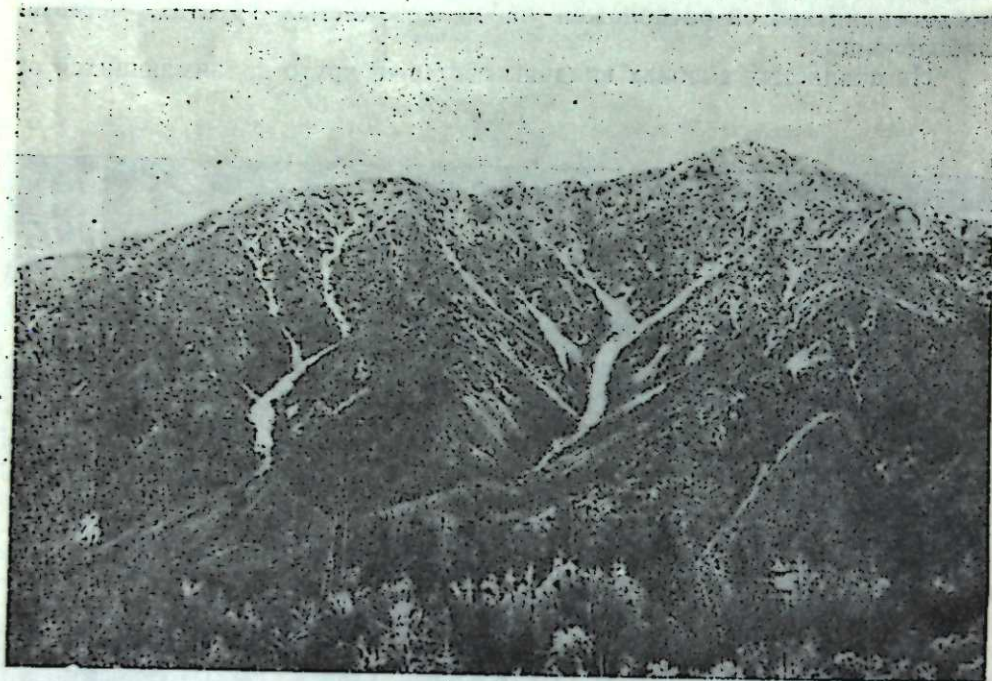


Рис. 3. Следы массовых обвалов 27 июня 1957 г. на парамском гольцовом массиве. Фото 24/VII 1957 г.

Парамского порога повторялись несколько раз, особенно сильное было 29 июня.

В Муйской впадине сила землетрясения снова резко понизилась. По своим эффектам землетрясение здесь должно быть отнесено к шестибалльным (пос. Неляты, Догопчан, Усть-Муя, Муя). Эта зона «затишья», охватившая Муйскую впадину, может быть обусловлена сейсмогеологическими особенностями впадины, сложной мощной толщей (сотни метров) рыхлых отложений, часть которых, несомненно, сквана вечной мерзлотой. Несколько сильнее землетрясение проявилось вблизи Южно-Муйского хребта в пос. Спицино\*, где подземные толчки ощущались почти ежедневно до 24 июля, но скачкообразного усиления землетрясения при переходе из впадины в хребет установить не удалось.

\* На некоторых географических картах назван поселком или факторией ВСП.

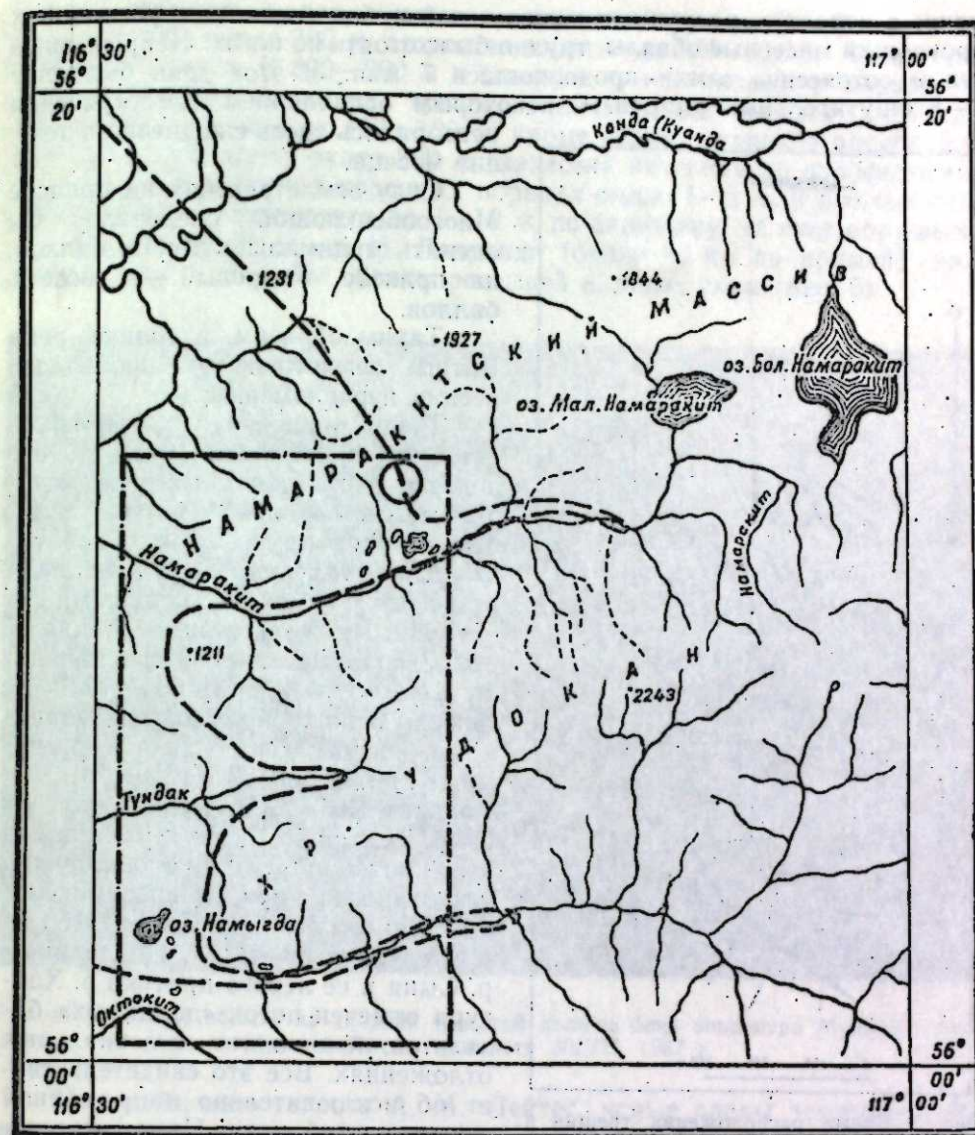


Рис. 4. Карта района эпицентра Муйского землетрясения.

1 — маршрут самолета, 2 — эпицентральная площадь по инструментальным данным, 3 — участок обнаруженных трещин.

В ущелье р. Витим, прорезающем хр. Южно-Муйский, землетрясение проявилось в разных пунктах неодинаково. На прииске Многообещающий гул и удар во время землетрясения 27 июня шли с востока, при этом с гор катились лишь отдельные камни, в поселке было разрушено всего две трубы из десяти. Толчки повторялись ежедневно в течение месяца.

На приисках Безымянный и Кедровый, расположенных в 14—18 км к западу от эпицентра, землетрясение 27 июня проявилось значительно

ярче: в поселках разрушено много печей и большинство труб, в горах произошли массовые обвалы, трудно было стоять на ногах. Непрерывный гул и сотрясение земли продолжалось 7 мин., в этот день было еще 5—6 ощутительных ударов. С некоторым ослаблением землетрясения повторялись здесь ежедневно в течение месяца.

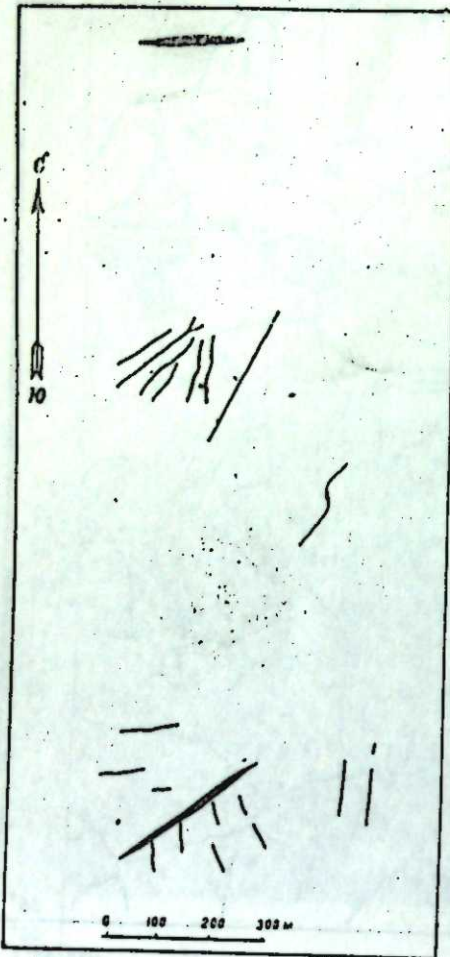


Рис. 5. Схема расположения трещин в районе Муйского землетрясения 27 июня 1957 г.

мацией земли лежит к югу от небольшой ( $8 \times 2,5 - 3$  км) озерно-болотной котловины, расположенной между хр. Удокан и Намаракитским массивом. По-видимому, эта котловина представляет собой эмбриональную форму развивающейся впадины байкальского типа. В районе чрезвычайно ярко выражены следы перестраивающейся речной сети (перехваты рек, сквозные долины и т. п.).

На склонах водораздельных мысов правых притоков р. Намаракит хорошо видны следы опустошительного землетрясения: поломанные и поваленные деревья, массовые обвалы на склонах гор, многочисленные трещины в земле (рис. 5)\*. Одна из главных трещин прослеживается почти вдоль подножия горного отрога, несколько поднимаясь по склону;

\* Схема составлена по аэроизуальным наблюдениям 30 июля 1957 г., в центральной ее части уточнена по аэрофотоснимку.

Силу землетрясения на прииске Многообещающий следовало бы оценить минимально в семь баллов, на прииске Кедровый — в восемь баллов.

Таким образом, в долине реки Витим землетрясение проявилось весьма неравномерно.

Район эпицентра, по аэровизуальным наблюдениям (рис. 4), находится в гольцовом массиве, который можно назвать Намаракитским. Массив расположен между хребтами Южно-Муйский и Удокан. Он резко отчленен от них широкими современными и древними долинами рек. Длина массива 39 км, ширина до 14 км, абс. отм. 600—1927 м. Массив осложнен молодыми впадинами, часть которых занята озерами, часть которых занята озерами. М. Намаракит ( $7 \times 4$  км), М. Намаракит ( $3,5 \times 2$  км). К востоку от оз. Б. Намаракит на водоразделе левых притоков р. Сыня обнаружен тектонический ров длиной в несколько километров, шириной до 150 м при глубине 30—50 м. По долинам р. Сыня и ее левых притоков р. Хангура отмечен поток «долинных» базальтов, лежащих на аллювиальных отложениях. Все это свидетельствует об исключительно напряженной тектонической жизни Намаракитского массива. Весьма любопытно, что зона наиболее интенсивных дефор-

от нее отходит целая система «опережающих» трещин. Длина главной трещины около 300 м, второстепенных — до 100—120 м. Вдоль главной виден уступ. В 800—900 м к северу и северо-западу от первой трещины образовался пучок трещин, занимающих участок диаметром около 200 м. Длина их 100—120 м, кроме одной, отдельно расположенной, имеющей длину около 300 м (нанесена на схему по аэрофотоснимку). Ширина трещин в коренных породах около 1—2 м, в рыхлых отложениях она увеличивается до 8—10 м, по-видимому, за счет обрушения.

От эпицентра до оз. М. Лепридо (около 50 км по прямой) нами наблюдались массовые обвалы россыпей и, реже, скал (рис. 6).



Рис. 6. Массовые обвалы на склонах троговой долины близ эпицентра Муйского землетрясения. Фото с самолета 30/VII 1957 г.

По сообщению геолога А. М. Лейтес, ясные следы землетрясения видны на водораздельной части хр. Удокан в 80—90 км юго-восточнее пос. Чара. Здесь по всем рекам наледи и снежники покрыты свежими осыпями, по р. Б. Икобья в ряде мест завалены тропы, а близ озера в долине этой реки в рыхлых отложениях обнаружена свежая трещина шириной 1,5 м при длине 15—20 м и глубине 1,5 м.

На юг сильное землетрясение распространилось до Читы. Здесь в ряде каменных зданий, в том числе в домах старой, весьма прочной постройки, образовались сквозные трещины, обвалилась штукатурка и произошли другие деформации. В трех буровых скважинах пункта питьевого водоснабжения города уровень воды повысился на 2 м, а дебит скважин увеличился с 60 до 100 м<sup>3</sup>/час. Вместе с тем общая картина землетрясения в Чите крайне неоднородна: эффекты его по принятой шкале соответствуют 5—6, а в отдельных пунктах и 7 баллам. Возможно, это обусловливается чрезвычайно неоднородными инженерно-геологическими условиями территории. Город расположен на различных геоморфологических элементах долин рек Ингода и Читинка, мощность и состав рыхлых грунтов весьма изменчивы, как и стояние грунтовых

вод; здесь имеется вечная мерзлота островного типа разной мощности, неоднороден и состав коренной основы.

### Выводы

Зона трещин и массовых обвалов, отмеченная на маршруте облета (см. рис. 5), определяется координатами  $56,2^\circ$  с. ш. и  $116,7^\circ$  в. д., что хорошо согласуется с эпицентром, определенным методом Гейгера для основного землетрясения, а также с эпицентром наиболее сильного, повторного толчка 29 июня 1957 г.

Согласуются с этим расположением эпицентра и направления распространения землетрясения, зафиксированные в некоторых пунктах (поселки Прониха, Нерпо, Многообещающая Коса, Кедровка).

Таким образом, положение эпицентра можно считать установленным достаточно верно: он находится в районе южного борта Муйской межгорной впадины, что дает основание именовать это землетрясение Муйским.

Характерной чертой Муйского землетрясения является высокая интенсивность поверхностных волн: сигнализатор в Иркутске реагировал на них в течение полутора часов, многие жители Читы, а также других населенных пунктов до Благовещенска включительно во время землетрясения испытывали ощущение тошноты. Смещения почвы в Москве превышали 1000 микронов.

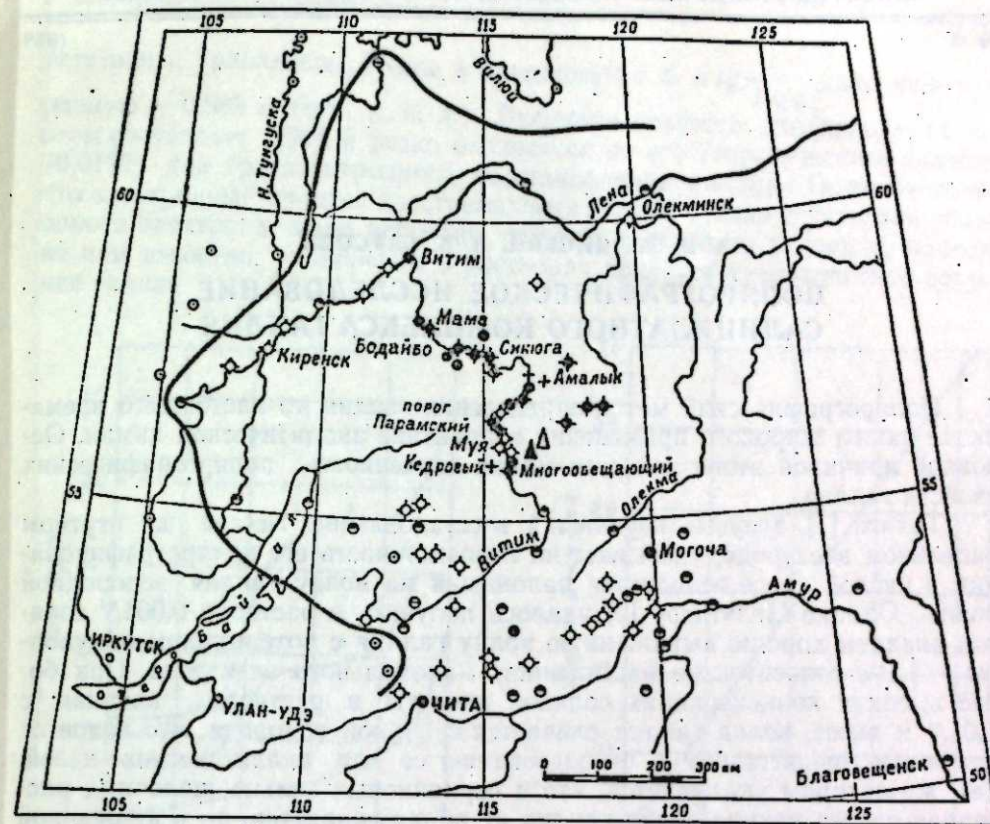
Макросейсмические сведения поступили из 112 пунктов и отражены на прилагаемой карте (рис. 7). Эту карту нужно рассматривать как отображение фактов только в первом приближении. Высокая сейсмостойкость рубленых изб, являющихся для подавляющего числа пунктов единственным типом зданий, отсутствие во многих местах кирпичных печей и малочисленность сведений (для большинства пунктов имеется по одному сообщению) делают крайне трудной оценку фактической балльности.

Естественно, конечно, что отметки, соответствующие высоким баллам, группируются преимущественно вокруг эпицентра, однако для построения изосейст тех сведений, которыми мы располагаем, явно недостаточно. Оказалось возможным провести только примерную границу ощущавшегося населением сотрясения, да и то незамкнутую, так как из пунктов, расположенных восточнее  $120^\circ$ , сведений, как правило, нет.

В пос. Амалык и на прииске Кедровый наблюдавшиеся эффекты достигали максимальной силы, отвечающей восьми баллам.

Особое место занимают сведения, относящиеся к Чите. Здесь в основном землетрясение было пятибалльным, но для некоторых зданий повреждения соответствуют 7 баллам. Такую же оценку землетрясения можно дать и по значительному изменению уровня грунтовых вод и дебита скважин.

Толчки, связанные с Муйским землетрясением, продолжают до настоящего времени (конец ноября 1957 г.). Из них можно указать на землетрясение 17 сентября 1957 г., ощущавшееся в пос. Синюга (4—5 баллов), приближенные координаты эпицентра которого  $56,5^\circ$  с. ш. и  $113^\circ$  в. д., и на землетрясение 4 октября 1957 г. с приближенным положением эпицентра  $54^\circ$  с. ш. и  $112^\circ$  в. д. Трудно сомневаться в том, что мы наблюдаем во всех этих фактах процесс современного оживления разломов байкальской системы.



Баллы: ○ не ощущалось; ○-III; ○-IV; ◇-V; ●-VI; ◆-VII; +-VIII; Δ-X (эпицентр 27.6.1957); Δ-эпицентр 29.6.1957.

Рис. 7. Карта области Муйского землетрясения.

Приведенные данные говорят о том, что сейсмическая активность Прибайкалья весьма высока и не укладывается в рамки прежних представлений. Отсюда вытекает необходимость организации в ближайшее время углубленных сейсмических и неотектонических исследований в Прибайкалье.

Восточно-Сибирский филиал  
Академии наук СССР  
Институт физики Земли  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
14/XII 1957

А. И. ЗЕЛЯНСКАЯ, Н. В. БАУСОВА

ПОЛЯРОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
САЛИЦИЛАТНОГО КОМПЛЕКСА ГАЛЛИЯ

Полярографический метод определения галлия до настоящего времени не нашел широкого применения в практике аналитической химии. Основной причиной этого является малая изученность полярографических свойств галлия.

Такаги [1], впервые изучавший восстановление галлия на ртутном капельном электроде, указывает на невозможность его полярографирования в кислой среде вследствие наложения на волну галлия водородной волны. Однако Цельтцеру [2] удалось получить в растворе 0,001*N* соляной кислоты хорошо выраженную волну галлия с потенциалом полуволны — 1,1 в относительно насыщенного каломельного электрода. При более высоких концентрациях соляной кислоты в растворах, начиная с 0,01*N* и выше, волна галлия сливается с волной водорода, что является основным препятствием к использованию ее для аналитических целей. Тем же автором указывается, что в сернокислых сильно щелочных растворах едкого натрия волна галлия не обнаруживается, но в аммиачной среде галлий восстанавливается при потенциале — 1,5 в.

Позднее одним из авторов настоящей работы А. И. Зелянской совместно с Н. И. Пегуниной [3] была получена устойчивая волна галлия в аммонийно-аммиачном электролите и предложена методика полярографического определения галлия в промышленных образцах.

В. А. Циммергакл и В. И. Вовненко [4] предложили проводить полярографирование галлия на фоне роданистого калия при температуре 80°С, но практически это трудно осуществимо и требует специальной установки.

Чтобы найти другие индифферентные электролиты для полярографирования галлия, нами были испытаны растворы углекислого аммония, йодистого калия, тетроборокислого натрия, винной, лимонной, щавелевой и салициловой кислот. Из всех перечисленных сред лишь в кислых салицилатных растворах удалось получить хорошо выраженную волну галлия.

В результате исследования этой волны в растворах с различной концентрацией салицилата натрия, хлористого натрия, желатина и с разной рН раствора оказалось, что лучшим для получения волны галлия является раствор состава: салицилат натрия — 0,1*M*, хлористый натрий — 0,1*M*, рН раствора — 2,5—3,8. Добавка желатина к раствору оказывает отрицательное влияние, резко уменьшая высоту волны галлия и ухудшая ее форму. Поэтому рекомендуется проводить полярографирование при отсутствии в растворе желатина, тем более, что волна галлия не имеет максимума.

В рекомендуемых условиях форма волны четко выражена (рис. 1) и сохраняется прямо пропорциональная зависимость между величиной диффузионного тока и концентрацией галлия в растворе (рис. 2).

Определение значения полуволнового потенциала графически в соот-

ветствии с уравнением волны, в координатах  $E$  и  $\lg \frac{i}{I_0 - i}$  дало величину, равную — 0,988 в (отн. н. к. э.). Величина углового коэффициента при этом составляет 0,064 и резко отличается от его теоретического значения (0,0197) для трехэлектронного восстановления галлия. Предположение, что электродный процесс восстановления галлия связан с участием только одного электрона, мало вероятно, так как в обычных условиях, насколько нам известно, устойчивым в растворах является трехвалентное состояние галлия.

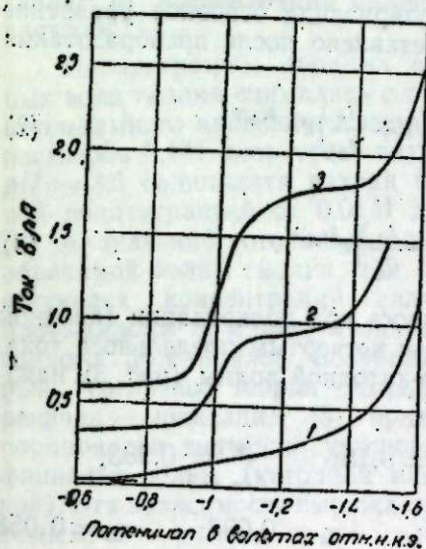


Рис. 1. Волны галлия в растворе состава:

0,1 *M* салицилат натрия, 0,1 *M* хлористый натрий, рН=3,6, 1 — остаточный ток, 2 — галлия 0,0285 мм, 3 — галлия 0,0570 мм.

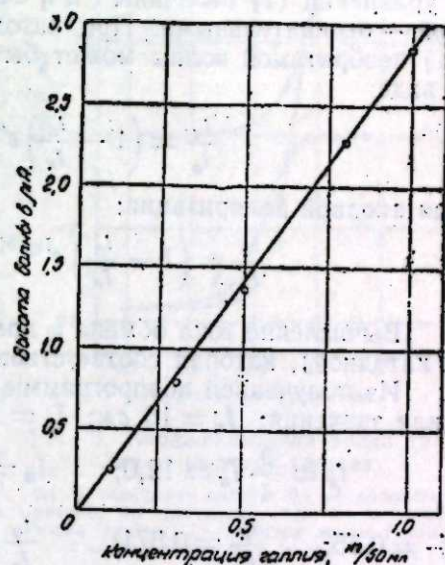


Рис. 2. Зависимость высот волн от концентрации галлия в растворе состава:

0,1 *M* салицилат натрия, 0,1 *M* хлористый натрий, рН раствора 3,6.

Отклонение полученного значения углового коэффициента от теоретического свидетельствует о необратимом характере электродного процесса. Рядом работ А. Г. Стромберга и других авторов [5—7] показано, что при необратимых электродных процессах потенциалы полуволны анодной и катодной волны не совпадают между собой и величины угловых коэффициентов отличаются от их теоретического значения.

В подтверждение необратимости электродной реакции восстановления галлия была снята анодно-катодная волна на амальгамном капельном электроде в растворе 0,1*M* салицилата галлия, 0,1*M* хлористого натрия и рН=3,6. Полученная разница потенциалов полуволны между анодной и катодной волнами составляет почти 0,1 в, и наклоны их резко отличаются от теоретического значения; это подтверждает необратимость электродного процесса.

Другим критерием, также доказывающим необратимый характер волны, является величина тока обмена, которая может быть определена из уравнения необратимой волны, выведенной А. Г. Стромбергом [8]. В общем виде это уравнение представляется в форме:

$$\frac{i}{I_0} = \frac{I_k - i}{I_k} e^{\alpha \eta / b'} - \frac{I_a - i}{I_a} e^{-\beta \eta / b'} \quad (1)$$

где:  $I_0$  — ток обмена,

$i$  — ток,  
 $I_k$  и  $I_a$  — предельные катодный и анодный токи,  
 $e$  — полувольтный потенциал,  
 $\eta$  — поляризация,

$$b' = \frac{b}{2,3} \quad (b \text{ — теоретический угол наклона}),$$

$\alpha$  и  $\beta$  — коэффициенты разряда и ионизации.

Уравнение (1) характеризует как катодную, так и анодную поляризацию на амальгамном капельном электроде. При катодной поляризации в уравнении (1) величины  $i$  и  $\eta$  считаются положительными, а при анодной — отрицательными. При катодной поляризации основное уравнение (1) необратимой волны может быть представлено после преобразования в виде:

$$\frac{i_k}{i_0} = \left(1 - \frac{i_k}{I_k}\right) e^{\alpha \eta_k / b'} - \left(1 + \frac{i_k}{I_a}\right) e^{-\beta \eta_k / b'}, \quad (2)$$

при анодной поляризации:

$$\frac{i_a}{i_0} = \left(1 - \frac{i_a}{I_a}\right) e^{\beta \eta_a / b'} - \left(1 + \frac{i_a}{I_k}\right) e^{\alpha \eta_a / b'}. \quad (3)$$

Вычисление тока обмена  $i_0$  производилось при поляризации (анодной и катодной), которая соответствовала трем четвертым предельного тока.

Из полученной полярограммы анодно-катодной волны (рис. 3) находили значения:  $I_k = 16 \text{ см}$ ;  $I_a = 12,2 \text{ см}$ ,

$$i_k = \frac{3}{4} I_k = 12,0; \quad i_a = \frac{3}{4} I_a = 9,15; \quad \frac{i_k}{I_a} = 0,983;$$

$$\frac{i_k}{I_k} = 0,75; \quad \frac{i_a}{I_k} = 0,571; \quad \frac{i_a}{I_a} = 0,75; \quad \eta_k = 0,098; \quad \eta_a = 0,058$$

Подставляя найденные значения в уравнение для катодной поляризации (2), получаем:

$$\frac{12,0}{i_0} = 0,25 e^{4,517\alpha} - 1,983 e^{-4,517\beta} \quad (4)$$

и для анодной поляризации:

$$\frac{9,15}{i_0} = 0,25 e^{2,91\beta} - 1,571 e^{-2,91\alpha} \quad (5)$$

Далее методом подбора были найдены значения коэффициентов  $\alpha = 0,41$  и  $\beta = 0,59$ , справедливость которых подтверждалась одинаковой величиной тока обмена при катодной и анодной поляризации. Действительно, подставляя указанные значения  $\alpha$  и  $\beta$  в уравнения (4) и (5), находим при катодной поляризации  $i_0 = \frac{12,00}{17,745} = 0,676$ , при анодной поля-

$$\text{ризации } i_0 = \frac{9,15}{13,53} = 0,676.$$

Малая величина тока обмена (меньше 0,7) также доказывает необратимость восстановления галлия на ртутном капельном электроде из кислого салицилатного раствора. Поэтому, в связи с необратимым характером электродного процесса, число электронов, участвующих в электродной реакции, определялось нами методом кулонометрической полярографии [9] и в среднем оказалось равным 2,9, т. е. близким к трем. Следовательно, электродная реакция соответствует в действительности трехэлектронному восстановлению галлия.

Исследование волны галлия в зависимости от концентрации в растворе ионов салицилата при постоянном  $pH$  (3,6) показало, что потенциалы полувольты смещаются в сторону более отрицательных значений с повышением содержания салицилата в растворе. Это указывает на процесс образования комплексного соединения салицилата галлия. Чтобы определить состав и устойчивость комплексного салицилатного иона галлия, была изучена зависимость полувольтных потенциалов анодных, катодных и обратимых волн галлия от концентрации салицилата в растворе.

Полярограммы анодных и катодных волн галлия снимались с помощью амальгамного капельного электрода из растворов 0,1М хлористого натрия при  $pH = 3,6$  салицилата натрия переменной концентрацией от 0,01М до 0,2М. Расчет значений потенциала полувольты обратимой волны галлия для соответствующих концентраций салицилата производился по сдвигу анодного и катодного потенциалов полувольты, который, согласно теории замедленного разряда — ионизации [5], прямо пропорционален значению углового коэффициента волны (катодной или анодной). Эта зависимость выражается уравнением:

$$\frac{b_k}{b_a} = \frac{\Delta E_{1/2k}}{\Delta E_{1/2a}} \quad \text{или} \quad \Delta E_{1/2a} = \Delta E_{1/2k} \cdot \frac{b_k}{b_k + b_a}, \quad (6)$$

где:  $b_k$  — угол наклона катодной волны,

$b_a$  — угол наклона анодной волны,

$\Delta E_{1/2k}$  — разность полувольтных потенциалов катодной необратимой и обратимой волн,

$\Delta E_{1/2a}$  — разность полувольтных потенциалов анодной необратимой и обратимой волн,

$\Delta E_{1/2ak}$  — разность потенциалов полувольты катодной и анодной необратимых волн.

Экспериментальные и расчетные значения обратимых полувольтных потенциалов в зависимости от концентрации салицилата указаны в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость обратимых полувольтных потенциалов от концентрации салицилата натрия

Концентрация салицилата (С), моля	$Id_{C_{sal}}$	$E_{1/2k}$	$E_{1/2a}$	$\Delta E_{1/2ak}$	$\theta_a$	$\theta_k$	$\Delta E_{1/2k}$	$E_{1/2обр}$
0,01	-2	-0,934	-0,884	0,050	0,036	0,077	0,037	-0,897
0,03	-1,52	-0,965	-0,912	0,053	0,035	0,060	0,024	-0,931
0,05	-1,30	-0,972	-0,926	0,046	0,036	0,060	0,028	-0,944
0,10	-1,00	-1,010	-0,940	0,070	0,042	0,058	0,050	-0,958
0,20	-0,70	-1,035	-0,956	0,089	0,036	0,056	0,054	-0,981

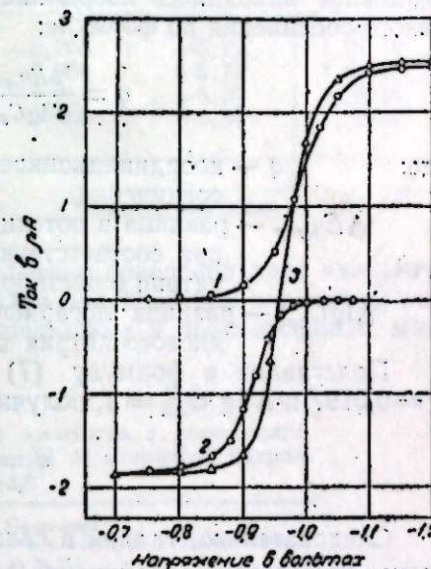


Рис. 3. Анодно-катодная волна галлия в растворе состава:

0,1 М салицилат натрия, 0,1 М хлористый натрий,  $pH$  раствора 3,6. 1 — катодная волна галлия, 2 — анодная волна галлия, 3 — анодно-катодная волна галлия.

Из приведенных данных видно, что при десятикратном увеличении концентрации ионов салицилата в растворе обратимый потенциал полуволны сдвигается на 0,061 в.

На основании вычисленных значений обратимых полуволновых потенциалов находилось координационное число образующегося комплексного соединения по формуле:

$$q = \frac{\Delta E_{1/2обр}}{\Delta \lg C_{sal}} \cdot \frac{1}{b} \quad (7)$$

где:  $q$  — координационное число образующегося комплексного соединения,

$\Delta E_{1/2обр}$  — разница в потенциалах полуволн обратимых волн галлия при соответствующих концентрациях салициловокислого натрия в растворе,

$\Delta \lg C_{sal}$  — разница логарифмов взятых концентраций салициловокислого натрия в растворе.

Подставляя в формулу (7) найденные значения:  $\Delta E_{1/2обр} = 0,061$ ,  $b = 0,0197$  и  $\Delta \lg C_{sal} = 1$ , получили:

$$q = \frac{0,061}{0,0197} = 3,1.$$

Следовательно, галлий в салицилатных растворах при  $pH = 3,6$  образует комплексное соединение состава  $[Ga(sal^n)_3]^{3-}$ . Для нахождения константы нестойкости этого комплексного салицилатного соединения использовали известное в полярографии уравнение:

$$\lg K_n = \frac{\Delta E_{1/2}}{b} + q \lg C_{sal} \quad (8)$$

где  $K_n$  — константа нестойкости комплексного соединения,

$\Delta E_{1/2}$  — разность обратимых полуволновых потенциалов восстановления простого и комплексного иона галлия,

$C_{sal}$  — концентрация салицилата.

Необходимая для расчета константы нестойкости величина обратимого полуволнового потенциала простого иона галлия определялась по уравнению (6), так как при отсутствии в растворе комплексообразователя восстановление галлия протекает необратимо. Были сняты анодно-катодные волны галлия в растворах 0,001N соляной кислоты и 0,01N хлористого натрия с амальгамным капельным электродом. Потенциалы полуволн анодной и катодной волн определялись из графической зависимости  $E$  от  $\lg \frac{i}{I-i}$  и были соответственно равны  $E_{1/2a} = -0,750$  в и  $E_{1/2к} = -1,102$  в (отн. н. к. э.). Найденные значения углов наклона оказались для  $b_a = 0,073$  и  $b_k = 0,088$ . Разница величин полуволновых потенциалов катодной и анодной необратимых волн составляла  $\Delta E_{1/2} = 0,352$  в. Расчет значения обратимого потенциала полуволны по формуле (6) дал величину, равную  $-0,908$  в (отн. н. к. э.).

В табл. 2 приведены полученные значения констант нестойкости салицилатного комплекса галлия при  $pH = 3,6$ .

Средняя величина константы нестойкости салицилатного комплекса галлия  $K_n = 1,93 \cdot 10^{-6}$  свидетельствует о сравнительно малой устойчивости комплексного иона.

Для выяснения возможности полярографического определения галлия в присутствии других элементов на ртутном капельном электроде на

Таблица 2

Константы нестойкости салицилатного комплекса галлия

Концентрация салицилата (С), мол	$\lg C_{sal}$	$E_{1/2обр}$ с комплексообразователем	$E_{1/2обр}$ без комплексообразователя	$\lg K_n$	$K_n$
0,03	-1,52	-0,931	-0,908	-5,72	$1,91 \cdot 10^{-6}$
0,05	-1,30	-0,944	-0,908	-5,73	$1,87 \cdot 10^{-6}$
0,10	-1,00	-0,958	-0,908	-5,60	$2,50 \cdot 10^{-6}$
0,20	-0,7	-0,981	-0,908	-5,80	$1,59 \cdot 10^{-6}$
Среднее значение					$1,93 \cdot 10^{-6}$

фоне салицилатных растворов было испытано поведение ряда элементов. В табл. 3 приведены значения потенциалов полуволн для элементов, наиболее часто сопутствующих галлию в природных и промышленных материалах.

Таблица 3

Потенциалы полуволн некоторых элементов в электролите состава: 0,1 M салицилат натрия, 0,1 M хлористый натрий,  $pH = 2,5-3,8$ 

Элемент	Потенциал полуволн, в (отн. н. к. э.)	Примечания
Алюминий	не восст.	
Железо (III)	0,0 и -1,4	
Мышьяк (III)	-1,0	
Мышьяк (V)	не восст.	
Медь	-0,12	
Цинк	-1,1	
Кадмий	-0,56	
Кобальт	-	Сливается с волной водорода
Никель	-0,87	
Индий	-0,56	
Таллий	-0,50	
Висмут	-	Гидролизует
Вольфрам	не восст.	
Молибден	-0,65	Вторая волна сливается с волной водорода
Марганец (II)	-1,1	
Марганец (VII)	не восст.	
Свинец	-0,43	
Сурьма	-0,46	
Олово (II)	-	Гидролизует

Алюминий на ртутном капельном электроде не восстанавливается из салицилатных растворов, что позволяет проводить определение галлия без предварительного отделения алюминия. Опыты с синтетическими растворами галлия и алюминия при различном их соотношении (табл. 4) показали, что даже при содержании алюминия в растворе в 2000 раз больше, чем галлия, удается количественно определять галлий полярографическим методом.

Железо, восстанавливаясь на ртутном капельном электроде при потенциале, отличающемся от потенциала восстановления галлия, в неболь-

Таблица 4

Определение галлия  
полярографическим методом  
в присутствии алюминия

Взято		Найдено галлия	
галлия, мг	алюминия, мг	мг	%
1,00	1,60	0,97	97
1,00	3,2	1,02	102
1,00	8,0	0,98	98
1,00	16,0	0,98	98
0,50	16,0	0,52	104
0,50	32,0	0,50	100
0,50	200	0,48	96
0,50	500	0,50	100
0,50	1000	0,51	102

ших концентрациях не мешает полярографированию галлия из салицилатных растворов (табл. 5).  
Медь восстанавливается при потенциале значительно более положительном, чем галлий, что позволяет производить полярографирование его в присутствии умеренных содержаний меди в растворе. Индий, таллий, кадмий и свинец образуют хорошо выраженные волны на фоне салицилатных растворов, восстанавливаются при потенциале меньшем, чем потенциал

Таблица 5

Определение галлия  
полярографическим методом  
в присутствии железа

Взято		Найдено галлия	
галлия, мг	железа, мг	мг	%
1,0	3,2	1,03	103
0,50	6,4	0,51	102
0,50	12,8	0,48	96
0,50	25,6	0,52	104
1,0	35,2	1,02	102

галлия, на 0,4—0,6 в и не мешают полярографированию в небольших количествах. Наличие на полярограмме отдельных волн галлия и индия, галлия и таллия, галлия и кадмия, галлия и свинца позволяет проводить полярографическое определение той или иной пары элементов из одного раствора при соотношении концентраций одного порядка.

Сурьма в салицилатных растворах в присутствии желатина образует волну с острым максимумом с  $E_{1/2} = -0,46$  в. Небольшие количества сурьмы не препятствуют полярографированию галлия.

Присутствие в растворе вольфрама не оказывает отрицательного действия на волну галлия.

Заметно ухудшается волна галлия от наличия в растворе молибдена, поэтому молибден рекомендуется предварительно отделить.

Двухвалентный марганец в растворе мешает полярографированию галлия вследствие близости потенциалов восстановления, но окисление марганца до семивалентного состояния устраняет его отрицательное действие.

Висмут в условиях полярографирования галлия гидролизует. Опыты показали, что при содержании висмута до 10 мг не наблюдается заметной адсорбции галлия и полярографирование его еще возможно.

Олово в тех же условиях гидролизует, заметно уменьшая высоту волны галлия, это вызывает необходимость предварительного отделения его.

В присутствии цинка, никеля и кобальта в растворе не удается полу-

чить отдельной волны галлия из-за близости потенциалов восстановления их в салицилатной среде. Поэтому перед полярографированием галлия необходимо отделить количественно от цинка, никеля и кобальта.

Щелочные и щелочно-земельные металлы не оказывают заметного влияния на полярографирование галлия в салицилатном электролите.

### Выводы

1. Исследованием установлено, что в кислых салицилатных растворах ( $pH = 2,5-4,0$ ) галлий образует хорошо выраженную волну с потенциалом  $-0,988$  в (отн. н. к. э.).

2. Между концентрацией галлия в растворе и значением диффузионного тока сохраняется линейная зависимость.

3. С помощью амальгамного капельного электрода установлено, что процесс восстановления галлия из салицилатных растворов протекает необратимо.

4. На основании изучения зависимости полуволновых потенциалов анодных, катодных и обратимых волн галлия от концентрации салицилата в растворе найдено, что образующийся комплексный ион галлия имеет состав  $[Ga(sal'')_3]^{3-}$ , константа нестойкости которого равна  $1,93 \cdot 10^{-6}$ .

5. Полярографированию галлия на фоне салицилатного раствора не мешает присутствие в растворе алюминия, пятивалентного мышьяка, семивалентного марганца, щелочных и щелочно-земельных элементов, а также небольших количеств меди, висмута, сурьмы, железа, индия, таллия, кадмия и свинца. Цинк, никель, кобальт, молибден, олово препятствуют полярографированию галлия и должны быть предварительно количественно отделены от него.

Уральский филиал  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
27/III 1957

### ЛИТЕРАТУРА

1. Takagi J. Chem. Sci, 301, 1928.
2. Zeltzer. Coll. Czech. Chem. Comm., 4, 319, 1932.
3. Н. И. Петунина, А. И. Зеллянская. Тр. ИХМ УФАН СССР, № 4, 1954.
4. В. А. Циммергакл, В. И. Вовненко. Украинский хим. журн., 22, 504, 1954.
5. А. Г. Стромберг, А. И. Зеллянская. Тр. конф. по аналит. химии, 4 (7), 5, 1952.
6. А. Г. Стромберг. ЖФХ, 27, 1287, 1953.
7. А. Г. Стромберг. ЖФХ, 29, 409, 1955.
8. А. Г. Стромберг. ЖФХ, 29, 2152, 1955.
9. А. Г. Стромберг, Т. Б. Маркачева. ЖФХ, 28, 671, 1954.

Л. Ф. ВОЛКОВА

СУЛЬФАТ-КАРБОНАТНЫЙ ОБМЕН ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ  
В РАСПЛАВАХ

Из сульфат-карбонатного обмена щелочных металлов в расплавах изучены визуально-политермическим методом следующие тройные взаимные системы: Li, Na || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> (Л. Ф. Волкова и Н. Н. Волков [1]), Li, K || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> (Л. Ф. Волкова), Li, Rb || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> (Л. Ф. Волкова), Na, K || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> (Л. Ф. Волкова), Na, Rb || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> (М. Н. Захвалинский, Л. Ф. Волкова), K, Rb || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> (М. Н. Захвалинский). Не изучены из этого обмена системы с солями цезия.

Особенностью систем сульфат-карбонатного обмена является наличие твердых растворов, которые в большинстве систем занимают значительную часть общей поверхности кристаллизации. В системе Li, Na || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> твердые растворы сульфата и карбоната натрия занимают 51,44% от общей площади квадрата. В системе Li, K || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> твердые растворы сульфата и карбоната калия занимают 53,44%. В системе Li, Rb || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> твердые растворы сульфата и карбоната рубидия занимают небольшую площадь поверхности кристаллизации, так как претерпевают распад около двойной стороны Rb<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — Rb<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. В системах же Na, K || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub>; Na, Rb || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> и K, Rb || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> вся поверхность кристаллизации занята твердыми растворами сульфатов и карбонатов натрия, калия и рубидия.

В системе Li, Na || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> на стороне Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> — Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> имеется незначительное (около 6%) соединение состава 1 : 1, занимающее всего 0,48% от общей площади квадрата системы. На стороне Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — два инконгруэнтно плавящихся соединения состава 1 : 1 Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и 1 : 2 Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 2Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> с областью распространения на стороне 19%. Оба соединения занимают 5,77% от общей площади квадрата системы. Сторона Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> представляет непрерывный ряд твердых растворов, а сторона Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> — эвтектику. Реакция обмена в данной системе сдвинута в сторону стабильной пары Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> — Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Отношение сумм радиусов катионов и анионов равно 0,64 Å.

В системе Li, K || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> на стороне Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> — K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> также имеется соединение состава 1 : 1 с областью распространения 22,5% и незначительным максимумом при 500°. Это соединение вдавывается в глубь системы и занимает 6,87% от общей площади квадрата. На стороне Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — два соединения состава 1 : 1 и 2 : 1 с областью распространения на стороне 42,5%. Соединение Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> имеет явный максимум, занимает 14,06% от общей площади квадрата и сильно вдавывается в глубь системы. Соединение 2Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> инконгруэнтно плавящееся, выклинивается небольшим участком и занимает всего 0,36%. Сторона K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> представляет непрерывный ряд твердых растворов. Реакция обмена в данной системе сдвинута в сторону стабильной пары Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> — K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Отношение сумм радиусов катионов и анионов равно 0,76 Å.

В системе Li, Rb || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> на стороне Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> — Rb<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> соединение Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · Rb<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> имеет еще большую область распространения, чем аналогичное соединение в калиевой системе, а именно 30%. Это соединение с резко выраженным максимумом при 560°, следовательно, оно является наиболее прочным. Большого распространения в глубь системы соединение не имеет, оно занимает всего 1,22% общей площади квадрата. На стороне Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — Rb<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> образуются два соединения с областью распространения 50,5%, одно инконгруэнтно плавящееся, состава 2 : 1, другое состава 1 : 1 с явным максимумом при 736°. Оба они еще сильнее вдавываются в глубь системы, чем в калиевой системе, и занимают большую площадь — 22,53%. Сторона Rb<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> — Rb<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> представляет непрерывный ряд твердых растворов с минимумом, от которого начинается распад твердых растворов. Поле наиболее тугоплавкого компонента Rb<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, в соответствии с правилом А. П. Палкина [2], занимает большую область распространения — 51,25%. Реакция обмена в данной системе сдвинута в сторону стабильной пары Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> · Rb<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Отношение сумм радиусов катионов и анионов равно 0,82 Å.

Таким образом, в рассмотренных трех взаимных системах сульфат-карбонатного обмена (рис. 1) образование карбонатных и сульфатных комплексов наблюдается только при участии лития. Чем больше величина, характеризующая отношение сумм радиусов катионов и анионов, тем больше у лития проявляется склонность к комплексообразованию. Например, в системе Li, Na || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> сульфатные комплексы занимают 5,77% от общей площади квадрата, в калиевой — 14,42%, а в рубидиевой — 22,53%; область распространения карбонатных комплексов на стороне в тех же системах увеличивается от натриевой системы к рубидиевой.

На основании сказанного выше можно ожидать, что неизученная система Li, Cs || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub> должна иметь еще более ярко выраженное комплексообразование, так как отношение сумм радиусов катионов и анионов в этой системе больше, чем в рассмотренных ранее, а именно 0,88 Å. Реакция обмена в системе должна быть сдвинута в сторону стабильной пары Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> — Cs<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Предполагаемая диаграмма плавкости цезиевой системы изображена пунктиром на рис. 1\*.

Во всех исследованных системах соблюдается правило Г. Г. Густавсона и Н. Н. Бекетова [3], согласно которому при реакциях обмена взаимодействие направляется в сторону соединения больших атомов (ионов) с большими, меньших с меньшими. Действительно, стабильной парой во всех рассмотренных системах является пара, образованная солями, одна из которых содержит наименьшие катион и анион, например, Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, а другая содержит наибольшие катион и анион, например, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в системе Li, Na || SO<sub>4</sub>, CO<sub>3</sub>.

Чтобы сравнить, как изменяется характер диаграммы плавкости взаимных систем в зависимости от отношений сумм радиусов катионов и анионов и от положения металла в периодической системе, расположим рассмотренные выше системы в горизонтальные ряды. В первом ряду поместим системы, образованные щелочными металлами, стоящими в группах периодической системы рядом; во втором ряду — системы, образованные щелочными металлами, стоящими в группах через клетку; в третьем ряду — системы, образованные щелочными металлами, стоящими через две клетки. При таком расположении систем в каждом горизонтальном ряду периодически, закономерно увеличивается отношение сумм радиусов ка-

\* Другие не изученные системы также изображены пунктиром на рис. 1.



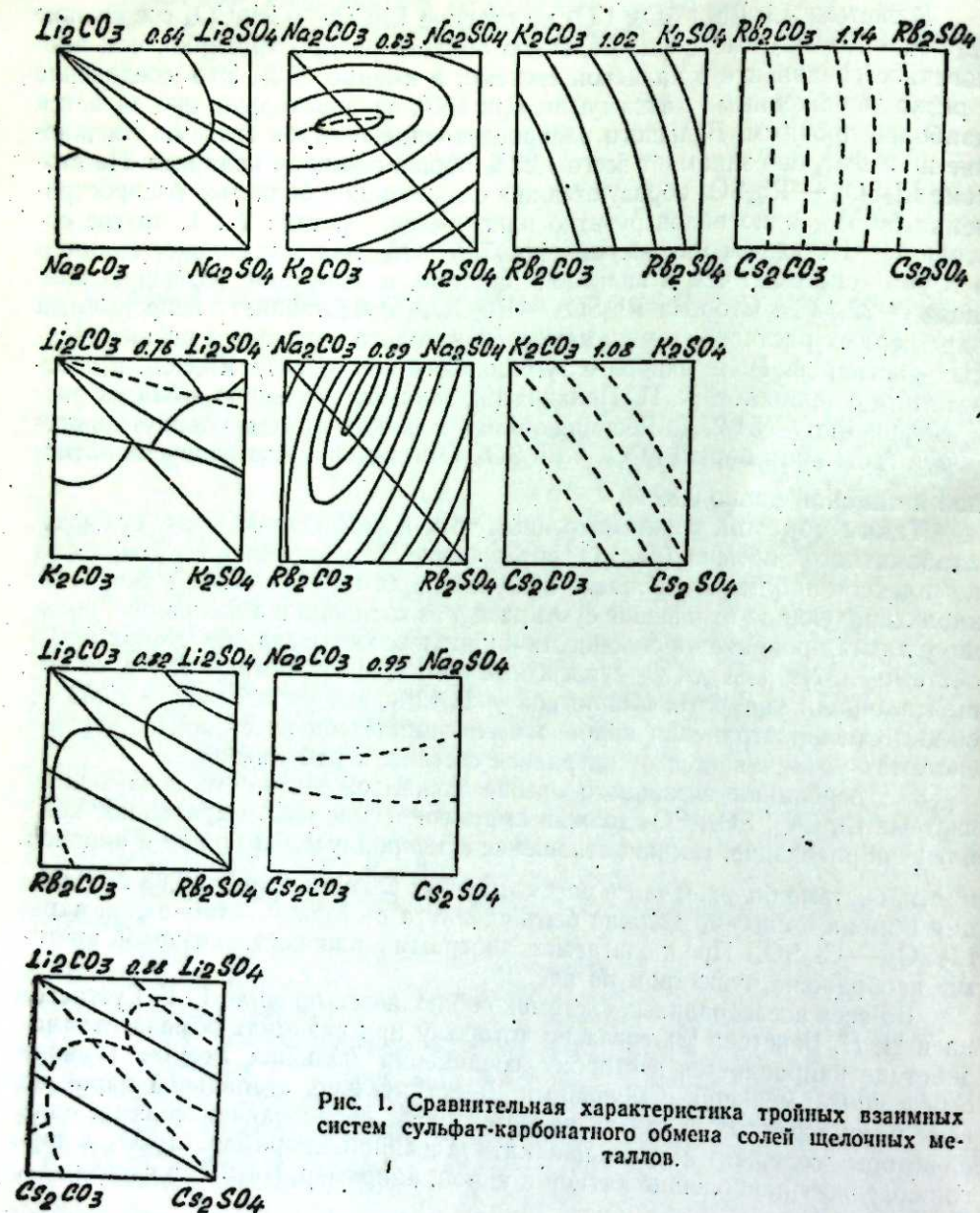


Рис. 1. Сравнительная характеристика тройных взаимных систем сульфат-карбонатного обмена солей щелочных металлов.

тионов и анионов, наблюдается и периодическое изменение диаграмм плавкости.

Так, в первом ряду рис. 1 наиболее сложной является взаимная система, которая имеет отношение  $\frac{\epsilon_{RK}}{\epsilon_{Ra}} = 0,64 \text{ \AA}$ . Вторая система  $\text{Na, K} \parallel \text{SO}_4, \text{CO}_3$  не является сложной, так как поверхность кристаллизации ее представляет непрерывный ряд твердых растворов с распадом на диагонали. В этой системе отношение сумм радиусов катионов и анионов равно  $0,83 \text{ \AA}$ . Следующая система  $\text{K, Rb} \parallel \text{SO}_4, \text{CO}_3$  имеет отношение  $\frac{\epsilon_{RK}}{\epsilon_{Ra}} = 1,02 \text{ \AA}$ , и еще более простую диаграмму плавкости с непрерывным рядом твердых растворов. Четвертая в этом ряду система  $\text{Rb, Cs} \parallel \text{SO}_4, \text{CO}_3$  не изучена; по нашим предположениям, она также должна быть представ-

лена непрерывным рядом твердых растворов, так как отношение сумм радиусов катионов и анионов у нее еще больше —  $1,14 \text{ \AA}$ . Таким образом, увеличение отношений сумм радиусов катионов и анионов ведет за собой упрощение диаграмм плавкости взаимных систем.

Во втором горизонтальном ряду первая система  $\text{Li, K} \parallel \text{SO}_4, \text{CO}_3$  имеет сложную диаграмму плавкости с комплексообразованием на двух сторонах. Отношение сумм радиусов катионов и анионов у нее наименьшее в ряду —  $0,76 \text{ \AA}$ . Вторая система в этом ряду  $\text{Na, Rb} \parallel \text{SO}_4, \text{CO}_3$  имеет отношение радиусов ионов, равное  $0,89 \text{ \AA}$  и диаграмму плавкости в виде непрерывного ряда твердых растворов, т. е. более простую. Следующая за ней система  $\text{K, Cs} \parallel \text{SO}_4, \text{CO}_3$  не изучена, но также должна представлять непрерывный ряд твердых растворов, так как имеет отношение радиусов ионов  $1,08 \text{ \AA}$ . Следовательно, и во втором ряду с увеличением отношений сумм ионных радиусов упрощается диаграмма плавкости взаимной системы.

Та же закономерность наблюдается и в третьем ряду. В четвертом горизонтальном ряду — одна система, поэтому наблюдать такую закономерность невозможно.

При сравнении вертикальных рядов отмечается обратная закономерность: чем больше отношение сумм ионных радиусов, тем сложнее диаграмма плавкости взаимной системы. Так, система  $\text{Li, Na} \parallel \text{SO}_4, \text{CO}_3$ , первая в вертикальном ряду, если смотреть сверху вниз, имеющая отношение  $0,64 \text{ \AA}$ , — диагонального типа. Вторая система  $\text{Li, K} \parallel \text{SO}_4, \text{CO}_3$  имеет отношение сумм радиусов катионов и анионов  $0,76 \text{ \AA}$ , комплексообразование в ней проявляется в большей степени, и относится она к системам переходного типа. Третья система  $\text{Li, Rb} \parallel \text{SO}_4, \text{CO}_3$  имеет отношение сумм радиусов катионов и анионов  $0,82 \text{ \AA}$  и еще более сложную диаграмму плавкости; эта система, хотя и относится к системам переходного типа, имеет два диагональных сечения, следовательно, больше приближается к системам диагонального типа, чем калиевая. Четвертая система  $\text{Li, Cs} \parallel \text{SO}_4, \text{CO}_3$  не исследована, но так как отношение ионных радиусов ее равно  $0,88 \text{ \AA}$ , то можно предполагать, что диаграмма плавкости системы будет самой сложной в этом ряду.

Такая же закономерность в усложнении диаграмм плавкости взаимных систем с увеличением ионных радиусов наблюдается и в других вертикальных рядах.

### Выводы

1. При сравнении взаимных систем сульфат-карбонатного обмена щелочных металлов установлено, что все системы имеют твердые растворы, которые занимают значительную часть общей поверхности кристаллизации.
2. Во всех рассмотренных системах образование карбонатных и сульфатных комплексов наблюдается только при участии солей лития, и склонность к комплексообразованию у лития тем больше, чем больше отношение сумм радиусов катионов и анионов.
3. Все сульфат-карбонатные взаимные системы подчиняются правилу Г. Г. Густавсона и Н. Н. Бекетова.
4. На характер диаграммы плавкости влияет величина отношения сумм радиусов катионов и анионов и положение металла в периодической системе Д. И. Менделеева.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Волков, Л. Ф. Волкова. Изв. физ.-хим. научно-исследоват. ин-та, т. 2, вып. 1, Иркутск, 1953.
2. А. П. Палкин. Изв. СФХА, т. XVII, 1949.
3. Н. Н. Бекетов, В. Н. Бекетов. Изв. АН СССР, 18, 1903.

Т. М. СОСНАТРОВ

**О ФОРМИРОВАНИИ ТЕНАРДИТА  
В СУЛЬФАТНО-ХЛОРИДНЫХ ОЗЕРАХ  
КУЛУНДИНСКОЙ СТЕПИ**

Процесс образования тенардита давно привлекал к себе внимание исследователей, заинтересованных в выяснении генезиса тенардита и возможностей использования его для промышленных целей. Этому вопросу посвящен ряд работ [1—6]. В настоящей статье приводятся результаты изучения условий политермического равновесия рапы двух наиболее важных озер Кулунды: Кучук и Б. Ажбулат, с двумя твердыми фазами — мирабилитом и тенардитом. Наряду с этим нами была изучена кинетика дегидратации мирабилита под действием рапы озер Кучук и Б. Ажбулат в изотермических условиях. Подобное исследование было проведено Ю. П. Никольской и А. Г. Василевской с рапой оз. Кучука при температуре 25° [5]. В наших опытах был несколько расширен диапазон температур и принят более точный метод подсчета выходов тенардита.

**Политермическое равновесие рапы озер Кучук и Б. Ажбулат  
с двумя твердыми фазами**

Для исследования была взята естественная рапа озер Кучук и Б. Ажбулат, отобранная нами летом 1954 г.

Изучение политермического равновесия проводилось в термостате с толуоловым терморегулятором. Точность замера температуры  $\pm 0,1^\circ$ . В реакционный сосуд с мешалкой загружался свежесажженный мирабилит, заливался расчетным количеством рапы и перемешивался до установления равновесия, которое определялось рефрактометрическим способом. Данные равновесных составов рапы для температур 21, 25, 27 и 30° приведены в табл. 1 и 2, а равновесные политермические кривые даны в ортогональных проекциях в четырехмерном пространстве на рис. 1. Для сравнения на графике приведена политермическая кривая, полученная С. З. Макаровым для рапы оз. Б. Мормышанское [1].

Расположение политермических кривых определяется различной степенью метаморфизации исходных рассолов и совпадает с расположением кривых зависимости равновесных сульфатных коэффициентов  $K = \frac{\text{Na}_2\text{SO}_4}{\text{MgSO}_4}$

от температуры, как показано на рис. 2.

Надо полагать, что политермические кривые рассолов других озер будут располагаться выше или ниже кривых для озер Б. Ажбулат, Кучук и Б. Мормышанское в зависимости от коэффициента метаморфизации. По расположению их для рапы того или иного состава можно судить о степени пригодности рапы для обезвоживания мирабилита и получения тенардита, а также о возможности образования тенардита в самом озере естественным путем.

Таблица 1  
Химический состав рапы оз. Кучук при равновесии с двумя твердыми фазами — мирабилитом и тенардитом — при различных температурах

Температура	№ сосудов	Уд. вес	Ионный состав в %				Солевой состав в %						K=Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> MgSO <sub>4</sub>	Состав твердой фазы
			Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	MgSO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	Сумма солей	Сухой остаток			
Начальная рапа		1,245	1,374	8,43	5,45	12,98	6,80	0,034	21,40	28,23	29,20	0,005		
	30°	1,309 1,310	0,365 0,374	10,241 10,051	8,52 8,11	3,10 3,22	1,807 1,851	25,40 24,60	5,11 5,31	32,32 31,76	31,69 31,74		S+S <sub>10</sub> *	
Среднее		1,310	0,369	10,151	8,31	3,16	1,829	25,00	5,21	32,04	31,72	13,65		
27°	1	1,292	0,543	9,699	15,28	5,25	2,688	19,424	8,66	30,77	31,08		S+S <sub>10</sub>	
	2	1,282	0,504	9,412	15,09	4,84	2,495	19,371	7,98	29,85	29,90			
Среднее		1,287	0,523	9,55	15,18	5,04	2,59	19,29	8,32	30,31	30,49	7,42		
25°	1	1,281	0,755	9,425	13,04	7,108	3,737	14,874	11,72	30,33	30,63		S+S <sub>10</sub>	
	2	1,280	0,743	9,467	13,08	7,11	3,678	15,02	11,72	30,40	30,04			
Среднее		1,281	0,749	9,447	13,06	7,11	3,71	14,94	11,72	30,36	30,34	4,03		
21°	1	1,270	1,027	9,18	10,10	9,72	5,084	8,89	16,02	29,99	30,38		S+S <sub>10</sub>	
	2	1,270	1,023	9,13	10,15	9,64	5,064	8,87	15,89	29,82	30,54			
Среднее		1,270	1,025	9,15	10,13	9,68	5,074	8,88	15,95	29,90	30,46	1,75		

\* S—тенардит, S<sub>10</sub>—мирабилит

Таблица 2  
Химический состав рапы озера Б. Ажбулаг при равновесии с двумя твердыми фазами — мирабилитом и тенардитом — при различных температурах

Температура	№ сосудов	Уд. вес	Ионный состав в %				Солевой состав в %						K=Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> MgSO <sub>4</sub>	Состав твердой фазы
			Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	MgSO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	Сумма солей	Сухой остаток			
Начальная рапа		1,2554	0,898	8,621	10,71	8,01	4,453	10,581	13,20	28,24	28,84	2,68	S+S <sub>10</sub>	
	30°	1,297 1,298	0,504 0,488	9,67 9,67	16,18 16,50	4,44 4,13	2,495 2,416	20,98 21,55	7,32 6,82	30,80 30,785	31,10 31,24			
Среднее		1,298	0,496	9,67	16,31	4,29	2,456	21,26	7,07	30,79	31,12	8,68		
27°	3	1,292	0,543	9,70	15,28	5,25	2,688	19,42	8,66	30,77	31,08		S+S <sub>10</sub>	
	4	1,282	0,504	9,41	15,09	4,84	2,495	19,37	7,98	29,85	—			
Среднее		1,287	0,524	9,55	15,19	5,05	2,592	19,40	8,32	30,31	31,08	7,48		
25°	3	1,281	0,732	9,42	13,15	6,95	3,62	15,17	11,47	30,26	30,59		S+S <sub>10</sub>	
	4	2,285	0,744	9,44	13,12	7,04	3,68	15,06	11,61	30,35	30,77			
Среднее		1,284	0,736	9,43	13,14	7,00	3,65	15,110	11,54	30,30	30,68	4,17		
21°	3	1,268	0,993	9,27	10,12	9,72	4,915	9,165	16,02	30,10	30,10		S+S <sub>10</sub>	
	4	1,268	0,989	9,02	10,01	9,41	4,896	9,025	15,51	29,43	30,17			
Среднее		1,268	0,991	9,15	10,06	9,57	4,905	9,095	15,77	29,77	30,14	2,49		

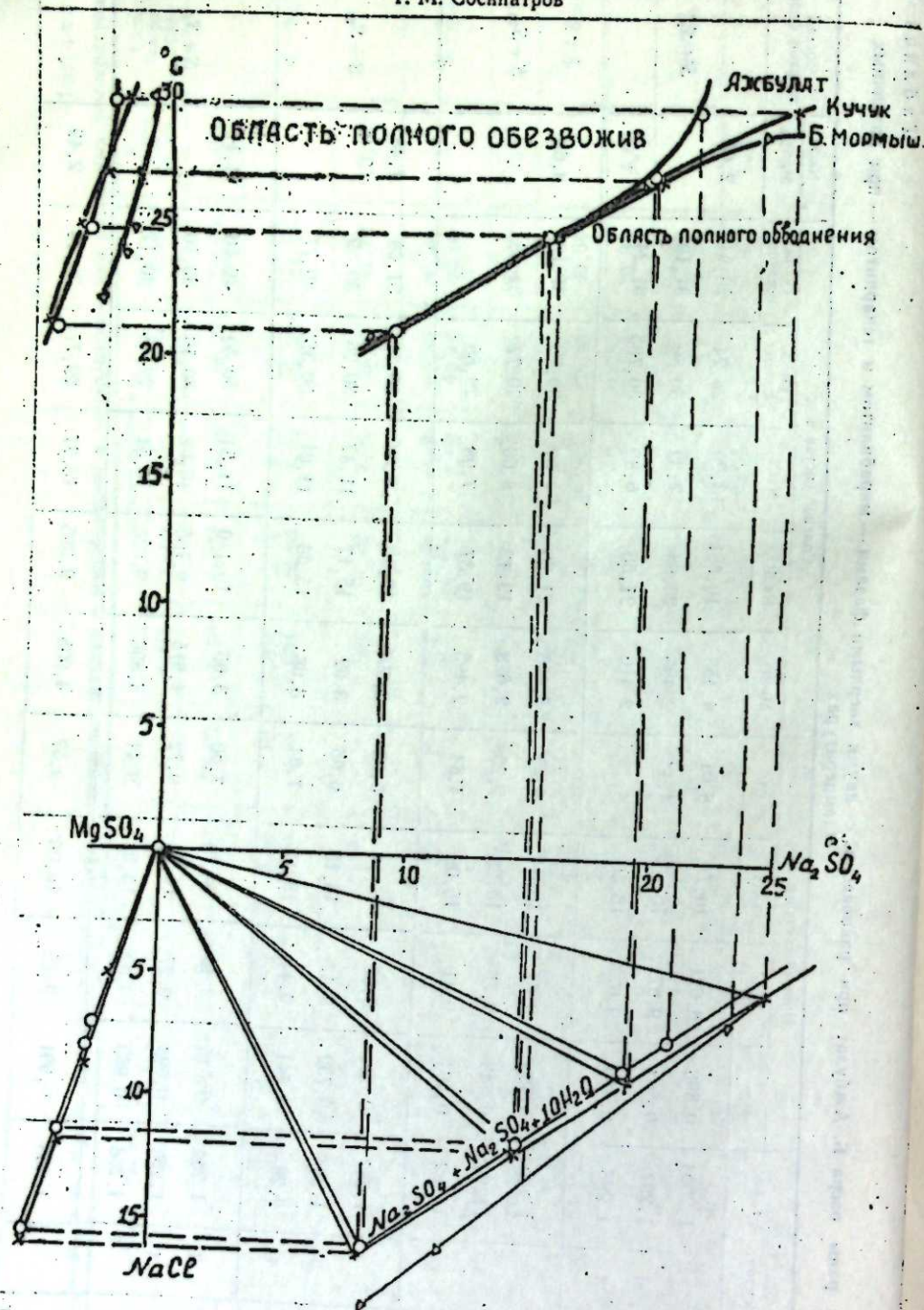


Рис. 1. Политермы обезвоживания для рапы озер Кучук, Б. Ажбулат и Б. Мормышанское.

Политермические кривые дают равновесный состав рапы при данной температуре. Рапа оз. Кучук выгодно отличается от рапы других озер более высоким содержанием поваренной соли как основного высаливающего реагента, и, при прочих равных условиях, она может выделить большее количество тенардита.

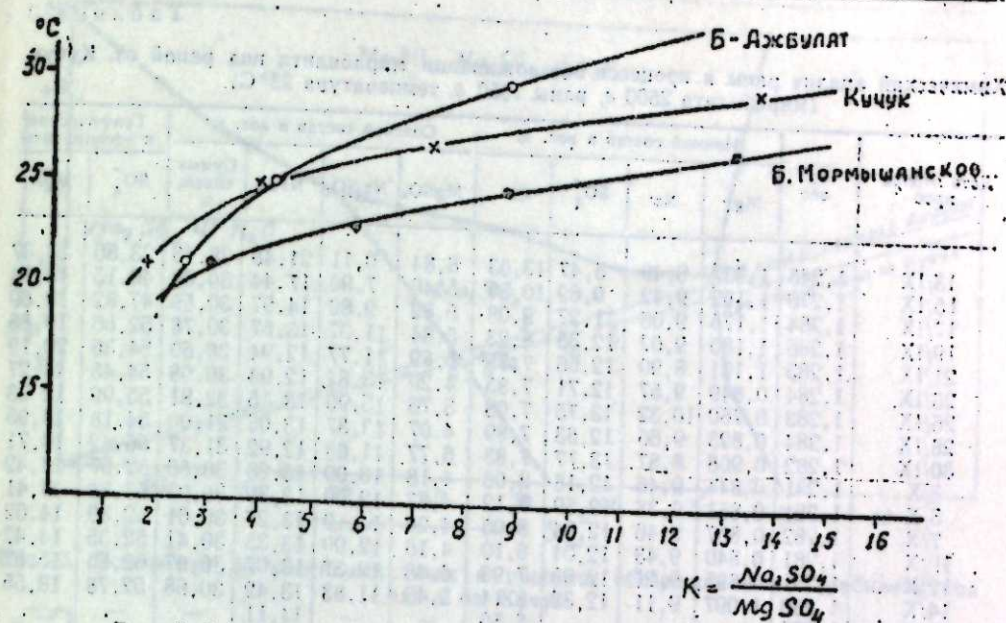


Рис. 2. Зависимость сульфатных коэффициентов от температуры.

#### Кинетика обезвоживания мирабилита под действием рапы озер Кучук и Б. Ажбулат

Чтобы установить возможные пути образования тенардита и дать количественную оценку протекающих при обезвоживании мирабилита процессов, было проведено изучение кинетики дегидратации мирабилита под действием рапы озер Кучук и Б. Ажбулат в изотермических условиях.

Как и в предыдущих опытах для исследования были взяты рапа озер Кучук и Б. Ажбулат, отобранная летом 1954 г., и свежесажженный мирабилит. Опыты проводились в термостатных условиях с интервалом изменения температуры  $\pm 0,3^\circ$  в стаканах, куда загружалось каждый раз одно и то же количество мирабилита (2500 г) и рапы (1265  $\text{cm}^3$  или 1550 г по весу). Количество образующегося тенардита рассчитывалось по балансу воды в жидкой фазе и изменению содержания ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  в рапе согласно ее анализу. Убыль и прибыль воды в жидкой фазе рассчитывались по количеству в рапе  $\text{NaCl}$ , как невыпадающему компоненту. Потери воды на испарение определялись взвешиванием на технических весах с точностью  $\pm 0,5$  г, что при взятых навесках следует считать достаточно точным. Опыт продолжался до начала выпадения поваренной соли, после чего твердая фаза отжималась, взвешивалась и анализировалась.

Весовое количество тенардита, найденное в твердой фазе, достаточно хорошо согласуется с расчетными данными. По количеству образовавшегося тенардита, выраженному в процентах к количеству загруженного мирабилита, строились кривые зависимости выходов тенардита от времени. Опыты проводились при температурах 25, 27 и  $30^\circ$ , наиболее вероятных в природных условиях.

Изменения состава рапы оз. Кучук в процессе обезвоживания для температур 25 и  $30^\circ$  приведены в табл. 3 и 4.

Фигуративные точки рассолов на диаграмме (рис. 3) для  $25^\circ$  по мере обезвоживания перемещаются по лучу кристаллизации сульфата натрия из поля галлита в поле тенардита и отражают изотермическое протекание процесса.

Таблица 3

Химический анализ рапы в процессе обезвоживания мирабилита под рапой оз. Кучук (мирабилита 2500 г, рапы 1550 г, температура 25°С)

Дата отбора проб	Уд. вес	Ионный состав в вес. %				Солевой состав в вес. %				Графические коэффициенты	
		Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	MgSO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	Сумма солей, %	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Mg <sup>++</sup>
13/IX	1,245	1,367	8,48	5,47	13,03	6,84	0,11	21,48	28,43	23,66	23,37
15/IX	1,276	1,102	9,42	9,69	10,58	5,46	7,90	17,44	30,80	40,15	18,18
17/IX	1,284	1,175	9,06	11,27	9,08	5,82	9,80	14,97	30,59	47,82	19,69
19/IX	1,286	1,180	9,02	12,35	8,23	5,84	11,37	13,57	30,78	52,56	19,65
21/IX	1,285	1,191	8,90	12,66	7,85	5,89	11,77	12,94	30,60	54,36	20,19
23/IX	1,284	0,849	9,57	12,71	7,85	4,20	13,84	12,94	30,98	54,45	14,27
26/IX	1,283	0,760	10,52	13,75	7,98	3,76	15,90	13,15	32,81	55,99	12,23
28/IX	1,284	0,823	9,66	12,63	7,89	4,07	13,87	13,06	31,00	54,18	13,95
30/IX	1,282	0,908	8,87	13,77	7,83	6,77	11,68	12,92	31,37	56,42	14,71
3/X	1,251	0,844	9,46	12,18	8,08	4,18	13,09	13,28	30,55	52,67	14,42
5/X	1,281	0,861	9,38	12,59	8,12	4,87	12,69	13,39	30,95	53,38	14,41
7/X	1,282	0,857	9,46	12,24	8,05	4,24	13,10	13,27	30,61	52,89	14,62
10/X	1,281	0,840	9,43	12,04	8,10	4,16	12,90	13,35	30,41	52,35	14,42
12/X	1,281	0,895	9,21	12,03	7,93	4,43	12,57	13,07	30,07	52,84	15,52
14/X	1,280	1,097	9,11	12,33	8,14	5,43	11,83	13,42	30,68	52,78	18,55
17/X	1,280	—	—	—	8,56	—	—	14,11	—	—	—
19/X	1,275	1,065	—	—	9,03	—	—	14,88	—	—	—
21/X	1,273	1,002	9,21	10,49	9,39	4,96	9,65	15,48	30,09	45,19	17,05

Таблица 4

Химический анализ рапы в процессе обезвоживания мирабилита под рапой оз. Кучук (мирабилита 2500 г, рапы 1557 г, температура 30°С)

Дата отбора проб	Уд. вес	Ионный состав в вес. %				Солевой состав в вес. %				Графические коэффициенты	
		Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	MgSO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	сумма солей	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Mg <sup>++</sup>
14/II	1,2418	1,374	8,429	5,45	12,98	6,80	0,034	21,398	28,23	23,68	23,60
15/II	1,283	1,001	9,47	11,31	9,18	4,95	10,88	15,13	30,96	47,64	16,65
14/II	1,292	0,778	9,71	13,49	7,27	3,85	15,41	11,99	31,25	57,80	13,16
17/II	1,290	0,692	9,69	13,98	6,65	3,43	16,68	10,96	31,02	60,81	11,91
18/II	1,288	0,694	9,61	13,85	6,61	3,44	16,43	10,90	30,77	60,73	10,70
19/II	1,282	0,689	9,64	13,81	6,67	3,41	16,40	11,00	30,81	60,44	11,92
21/II	1,285	0,735	9,77	13,66	6,61	3,65	16,19	11,52	31,36	60,42	12,85
22/II	1,283	0,722	9,60	13,56	6,90	3,57	15,84	11,37	30,78	59,21	12,46
23/II	1,281	0,730	9,60	13,32	7,09	3,61	15,44	11,69	30,74	58,11	12,57
24/II											
25/II											
26/II											
1/III	1,277	0,890	9,27	11,41	8,47	4,41	11,67	13,96	30,04	49,87	15,38
7/III											
9/III	1,267	1,267	9,06	7,71	11,96	6,27	4,01	19,72	30,00	32,25	20,89

Изменение концентрации Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в процессе обезвоживания представлено на рис. 4.

Содержание Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в начале процесса резко падает до некоторого минимума, а затем начинает расти. Содержание NaCl, наоборот, растет до максимума, а затем с повышением температуры быстро падает.

В результате плавления и частичного растворения мирабилита концентрация Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в растворе вначале возрастает, а затем резко падает вследствие выпадения в твердую фазу тенардита или мирабилита.

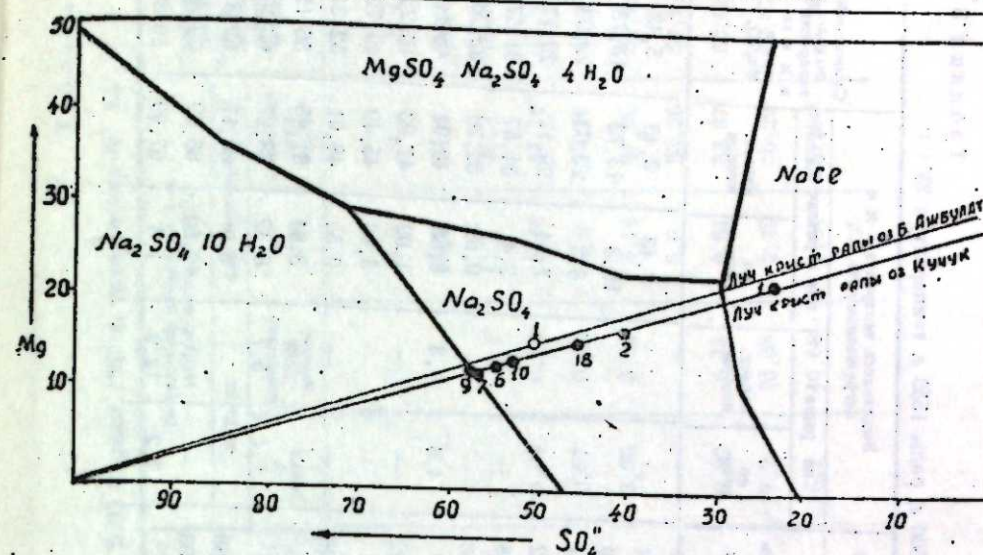
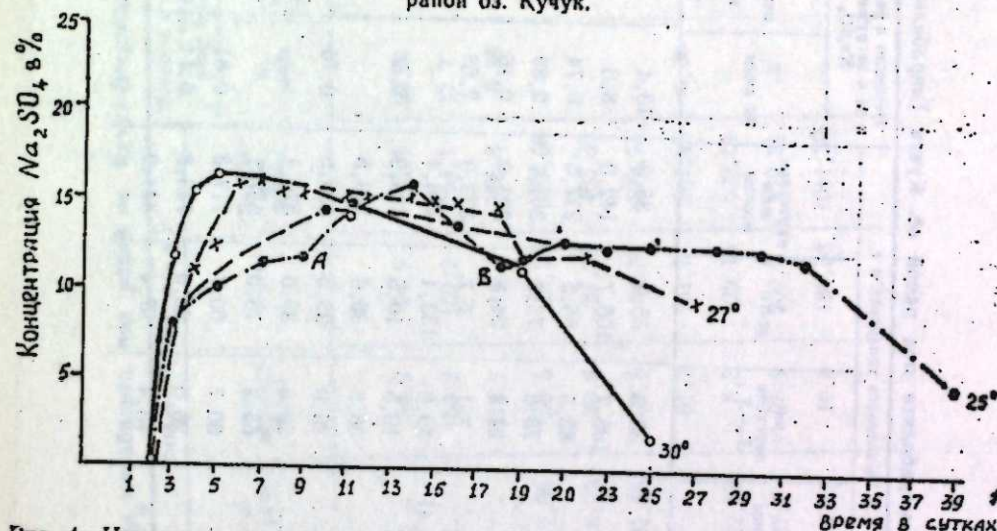


Рис. 3. Положение фигуративных точек в процессе обезвоживания мирабилита под рапой оз. Кучук.

Рис. 4. Изменение концентрации Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в процессе обезвоживания мирабилита под рапой оз. Кучук, при 25°С.

О ходе процесса можно судить по данным табл. 5 и 6 (для температуры 25 и 30°), в которых даны результаты подсчета выходов тенардита.

Обезвоживание мирабилита характеризуется тем, что, по мере насыщения рапы, количество сульфата натрия, переходящего в растворы, уменьшается, а количество образующегося тенардита растет. В момент наступления равновесия, когда содержание ионов SO<sub>4</sub><sup>-</sup> в рапе достигает максимума, начинается выпадение тенардита непосредственно из рапы. Уменьшение концентрации ионов SO<sub>4</sub><sup>-</sup> при этом восполняется, хотя и не полностью, в результате плавления мирабилита и испарения рапы. Это приводит к тому, что образование тенардита из рапы на некоторое время прекращается. Тенардит образуется только в результате плавления мирабилита до тех пор, пока снова не наступит состояние насыщения ионами SO<sub>4</sub><sup>-</sup> и не начнется выпадение тенардита из рапы. Количественные соотношения между тем и другим процессами видны из кинетических кривых рис. 5.

Таблица 5  
Выход тенардита при обезвоживании мирабилита под рапой оз. Кучук (мирабилита 2500 г, рапы 1550 г, температура 25°С)

Дата отбора проб	Перешло в раствор в г		Выделилось тенардита в г				Перешло в раствор в % к загруженному Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		Выделилось тенардита в % к загруженному Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>				Суммарный выход тенардита в % к загруженному Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> · 10H <sub>2</sub> O	из рапы	при переходе S <sub>10</sub> -S	всего	нарастающим итогом	по дням	нарастающим итогом	из рапы	при переходе S <sub>10</sub> -S	нарастающим итогом	по дням		нарастающим итогом	
	15/IX	147,8	335,6	—	35,3	35,3	35,3	13,4	13,4	—	—	—		—	—
17/IX	94,84	215,34	—	106,7	106,7	142,0	8,6	22,0	—	—	—	—	—	10,3	13,73
19/IX	74,19	168,45	—	85,5	85,5	227,5	6,74	28,74	—	—	—	—	—	8,3	22,03
21/IX	31,71	72,0	—	73,6	73,6	301,1	2,88	31,62	—	—	—	—	—	7,14	29,17
23/IX	1,77	4,02	—	24,8	24,8	325,9	0,16	31,78	—	—	—	—	—	2,4	31,57
26/IX	29,5	67,6	—	7,1	7,1	333,0	2,68	34,46	—	—	—	—	—	0,69	32,26
28/IX	—	—	44,41	89,0	133,4	466,4	—	—	4,3	4,3	—	—	—	8,65	40,91
30/IX	42,5	96,5	—	10,5	10,5	476,9	3,86	38,32	—	—	—	—	—	1,02	41,93
3/Х	—	—	—	36,6	36,6	513,5	—	—	—	—	—	—	—	3,56	45,49
5/Х	9,44	21,44	—	26,0	26,0	539,5	0,76	39,08	—	—	—	—	—	2,52	48,01
7/Х	—	—	—	39,6	39,6	579,1	—	—	—	—	—	—	—	3,84	51,85
10/Х	—	—	11,8	66,2	78,0	657,1	—	—	—	—	—	—	—	6,42	58,27
12/Х	8,85	20,13	—	60,7	60,7	717,8	0,81	39,89	—	—	—	—	—	5,9	64,17
14/Х	1,5	2,0	—	26,0	26,0	743,8	0,14	40,03	—	—	—	—	—	2,52	66,69
21/Х	—	—	84,0	13,4	97,4	841,2	—	—	—	—	—	—	—	1,3	67,99

Таблица 6  
Выход тенардита при обезвоживании мирабилита под рапой оз. Кучук (мирабилита 2500 г, рапы 1557 г, температура 30°С)

Дата отбора проб	Перешло в раствор в г		Выделилось тенардита в г				Перешло в раствор в % к загруженному Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		Выделилось тенардита в % к загруженному Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>				Суммарный выход тенардита в % к загруженному Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		
	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> · 10H <sub>2</sub> O	из рапы	при переходе S <sub>10</sub> -S	всего	нарастающим итогом	по дням	нарастающим итогом	из рапы	при переходе S <sub>10</sub> -S	нарастающим итогом	по дням		нарастающим итогом	
	15/II	242,19	549,89	—	94,9	94,9	94,9	23,5	23,5	—	—	—		—	—
16/II	181,7	412,6	—	159,2	159,2	254,1	17,7	41,7	—	—	—	—	—	15,4	24,6
17/II	70,8	160,75	—	114,7	114,7	368,8	6,86	48,0	—	—	—	—	—	11,1	35,7
18/II	—	—	2,36	56,5	58,86	427,66	—	—	0,23	0,23	—	—	—	5,48	41,41
19/II	—	—	6,93	30,8	37,73	465,39	—	—	0,67	0,90	—	—	—	2,9	44,08
21/II	—	—	31,56	32,8	64,36	529,75	—	—	3,06	3,96	—	—	—	3,18	47,26
22/II	2,95	6,70	—	61,7	61,7	591,45	0,38	48,3	—	—	—	—	—	6,0	53,26
23/II	—	—	22,86	6,3	29,16	620,61	—	—	2,22	6,18	—	—	—	0,61	53,87
1/III	—	—	177,0	25,2	202,2	822,81	—	—	17,2	23,38	—	—	—	2,42	56,29
9/III	—	—	171,98	16,6	188,58	1011,39	—	—	16,7	40,08	—	—	—	1,61	57,90

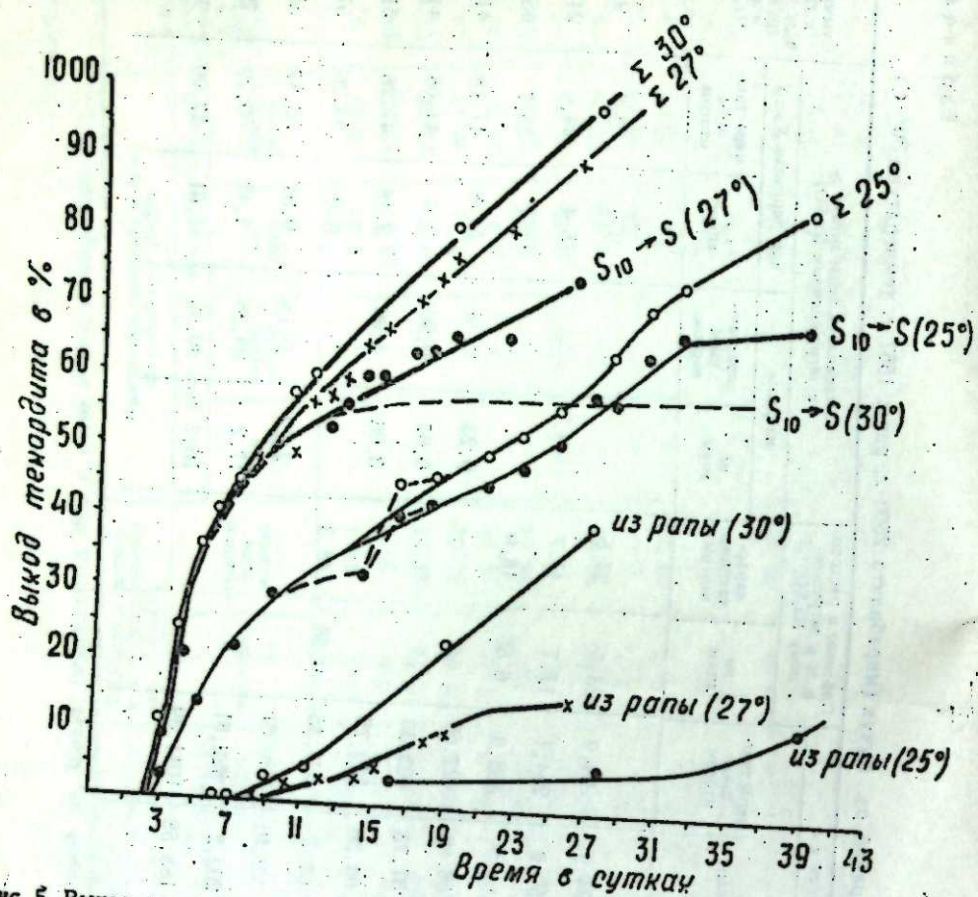


Рис. 5. Выход тенардита в процессе обезвоживания мирабилита под рапой озера Кучук (температура 25, 27 и 30°C).

Σ — суммарный выход тенардита,  $S_{10} \rightarrow S$  — выход тенардита при плавлении мирабилита.

Обращает внимание характерный излом на кривых для 25° (нанесенный пунктиром), показывающий снижение выхода тенардита, получающегося при плавлении мирабилита (переход  $S_{10} \rightarrow S$ ). По времени снижения выхода тенардита совпадает с моментом резкого падения концентрации  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в рапе (рис. 4, точки А и В) и образования крупных сростков мирабилита на поверхности тенардита. Такой результат не является неожиданным и объясняется тем, что состав рапы (в точках А и В на диаграмме для 25°) находится на линии двойного насыщения (рис. 3).

Из образующегося мирабилита затем снова кристаллизуется тенардит.

Механизм обезвоживания мирабилита под рапой оз. Б. Ажбулат таковой же, как и оз. Кучук (рис. 6). Однако скорость образования тенардита и количественные соотношения здесь иные. Уже при 30° выход тенардита за одно и то же время для рапы оз. Б. Ажбулат значительно меньше и начало процесса выпадения тенардита запаздывает на 2—3 дня. С понижением температуры эта разница становится более резко выраженной. При 25° образование тенардита непосредственно из рапы оз. Б. Ажбулат не происходит. Выпадение мирабилита наступает при более высокой температуре (при 27° вместо 25° для рапы оз. Кучук). Такое различие в скорости образования тенардита и в количественных соотношениях для рапы двух озер объясняется разным содержанием поваренной соли в ис-

ходных рассолах и неодинаковой скоростью достижения равновесного состава рапы с двумя твердыми фазами — мирабилитом и тенардитом — при данной температуре.

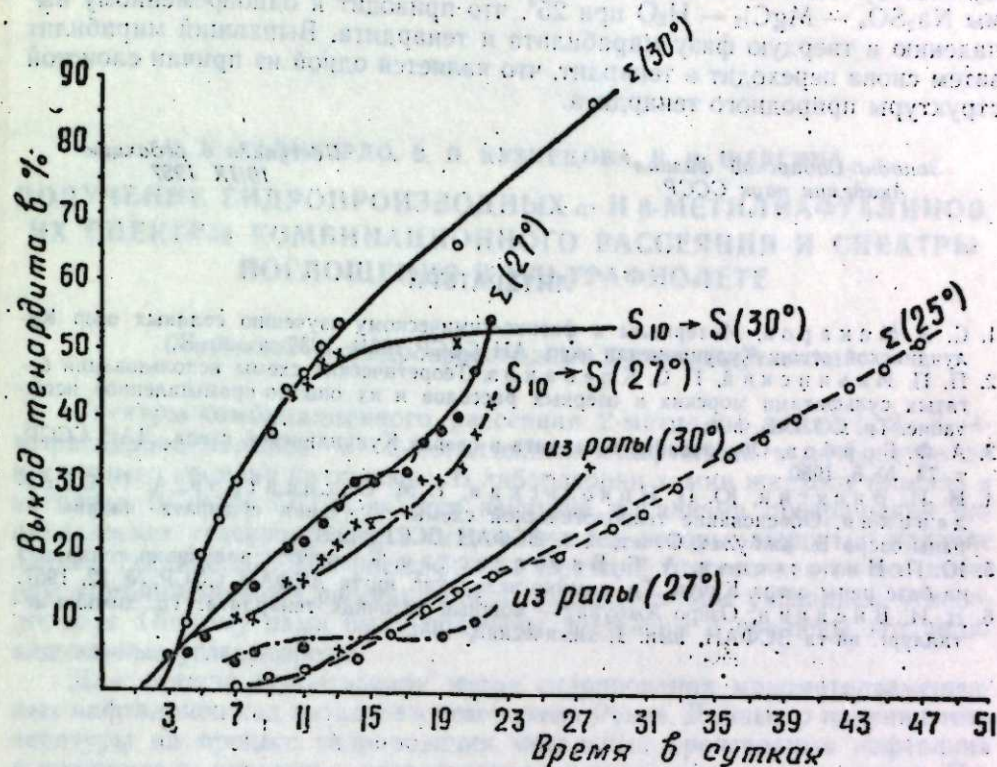


Рис. 6. Выход тенардита в процессе обезвоживания мирабилита под рапой озера Б. Ажбулат (температура 25, 27 и 30°C).

Σ — суммарный выход тенардита,  $S_{10} \rightarrow S$  — выход тенардита при плавлении мирабилита.

#### Выводы

1. Изучено состояние политермического равновесия при обезвоживании мирабилита соляными рассолами озер Б. Ажбулат и Кучук в термических условиях. Получены политермические кривые равновесия двух твердых фаз — мирабилита и тенардита с рапой данного состава, при данной температуре.

2. Установлено, что характер расположения политермических кривых обусловлен различной степенью метаморфизации исходных рассолов.

3. В изотермических условиях изучена кинетика обезвоживания мирабилита из рапы озер Кучук и Б. Ажбулат при температурах 25, 27 и 30°C.

4. Показано, что скорость образования тенардита увеличивается с повышением температуры. Выход его, при прочих равных условиях, значительно выше для рапы оз. Кучук (фигуративная точка рапы находится в поле галлита химической диаграммы), чем для рапы оз. Б. Ажбулат.

5. Количественно подтвержден механизм образования тенардита: инконгруэнтное плавление мирабилита, частичный переход его в тенардит и выпадение тенардита непосредственно из рапы при ее испарении. Определены количественные соотношения между этими процессами образования тенардита и установлена их зависимость от химического состава исходной рапы (главным образом содержания  $\text{NaCl}$ ), скорости ее испарения и температуры опыта.

6. Установлено, что в процессе обезвоживания мирабилита при определенных условиях может образоваться рассол, соответствующий по своему составу линии двойного насыщения на химической диаграмме системы  $\text{Na}_2\text{SO}_4 - \text{MgCl}_2 - \text{H}_2\text{O}$  при  $25^\circ$ , что приводит к одновременному выпадению в твердую фазу мирабилита и тенардита. Выпавший мирабилит затем снова переходит в тенардит, что является одной из причин слоистой структуры природного тенардита.

Западно-Сибирский филиал  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
10/IX 1957

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С. З. Макаров, Материалы к физико-химическому изучению соляных озер Кулундинской степи. Кулундинская эксп. АН СССР 1931—1932 гг., ч. II.
2. П. П. Ильинский, Г. С. Клебанов, Теоретические схемы использования богатых сульфатами морских и озерных рассолов и их опытно-промышленное испытание. Тр. СОЛАБ, вып. 4.
3. А. Ф. Горбов, Образование тенардита в озерах Кулундинской степи. ДАН СССР, т. 74, № 5, 1950.
4. Н. И. Висягин, Ю. П. Никольская, Т. М. Сосипатров, А. Г. Василевская, Обоснование технологической схемы получения сульфата натрия из рапы озера Б. Ажбулат. Отчет, ч. I, ЗСФАН СССР, 1954.
5. Ю. П. Никольская, А. Г. Василевская, К вопросу получения тенардита на базе рапы озера Кучук. Тр. химико-металлург. ин-та ЗСФАН СССР, № 12, 1957.
6. Н. И. Висягин, Озеро Ажбулат — мощный источник тенардита. Тр. химико-металлург. ин-та ЗСФАН, вып. 1, химический, 1951.

Л. М. КАЛИБЕРДО, В. П. КУЗНЕЦОВА, Н. И. ШЕРГИНА

### ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОПРОИЗВОДНЫХ $\alpha$ - И $\beta$ -МЕТИЛНАФТАЛИНОВ, ИХ СПЕКТРЫ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ И СПЕКТРЫ ПОГЛОЩЕНИЯ В УЛЬТРАФИОЛЕТЕ

#### Сообщение 1. Гидропроизводные $\beta$ -метилнафталина

Спектры комбинационного рассеяния 2-метил- и 6-метил-1, 2, 3, 4-тетрагидронафталинов и 2-метилдекагидронафталина в литературе до настоящего времени не описаны. В лаборатории химии жидкого топлива и катализа ВСФАН СССР ведется изучение механизма превращений бициклических углеводородов, в гидрогенизатах которых вероятно наличие данных соединений. Для расшифровки фракций гидрогенизатов по спектрам комбинационного рассеяния необходимы эталоны указанных углеводородов. Поэтому нами были получены, выделены и очищены эти индивидуальные углеводороды.

Для синтеза использовали метод гидрирования монометилзамещенных нафталинов над катализатором никель Ренея. Данных о влиянии температуры на процесс гидрирования метильных производных нафталина в присутствии никелевых катализаторов в литературе мы не нашли. Поэтому провели серию поисковых опытов по подбору условий частичного и полного гидрирования  $\beta$ -метилнафталина.

#### Экспериментальная часть

Чистый  $\beta$ -метилнафталин дважды перекристаллизовывался из спирта, после чего его константы хорошо совпадали с литературными данными. Температура его плавления  $37,2^\circ\text{C}$ ,  $n_D^{40} = 1,6022$  (литературные данные [1] — т. пл.  $35,0-36,0^\circ\text{C}$ ,  $n_D^{39,9} = 1,6026$ ). Полученный для него пикрат, перекристаллизованный из спирта, плавился при температуре  $115^\circ\text{C}$ . Очищенный  $\beta$ -метилнафталин гидрировался в полулитровом вращающемся автоклаве с 20—30% катализатора никель Ренея в присутствии электролитического водорода. Результаты опытов по подбору условий частичного и полного гидрирования  $\beta$ -метилнафталина приводятся в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, при гидрировании  $\beta$ -метилнафталина до температуры  $200^\circ\text{C}$  поглощения водорода не происходит. При  $200^\circ$  в час поглощается около 1 ата, при  $210^\circ$  — около 5 ата, при  $230^\circ$  — 8—10 ата. При температуре  $240-250^\circ$  процесс поглощения водорода идет значительно быстрее.

Гидрогенизаты, полученные в опытах при различных температурах, разделялись методом хроматографического адсорбционного анализа на силикагеле марки МСМ крупностью — 150 + 200 меш. Хроматограммы гидрогенизатов опытов 7, 8 и 13 приведены на рис. 1.

Фракции, полученные в результате хроматографического разделения, с показателями преломления, близкими к показателям описанных в лите-



Таблица 1  
Изменение состава гидрогенизата  $\beta$ -метилнафталина в зависимости от температуры

№ опыта	Время гидрирования, час	Температура гидрирования, °C	К-во водорода, поглощенного за опыт, ата	К-во водорода, поглощенного в час, ата	Выход жидкого гидрогенизата, %	$n_D^{20}$	Примечание
1	2,0	100	—	—	—	—	Автоклав не разгружался
2	1,5	120	—	—	—	—	
3	1,5	140	—	—	—	—	
4	1,5	160	—	—	—	—	
5	1,5	180	—	—	—	—	
6	3,0	200	3	—	—	—	
7	6,0	207—210	27	1	—	—	
8	4,0	230	34	4,5	98,4	1,5370	
11	2,0	235	21	8,5	95,5	1,5330	
13	2,5	248—250	57	10,5	93,0	1,5435	
				22,8	98,2	1,4978	

ратуре 2-метил и 6-метил-1, 2, 3, 4-тетрагидронафталинов и 2-метилдекагидронафталина, объединялись и разгонялись на ректификационной колонке с внутренним диаметром 12 мм высотой 40 см с трехгранной никромовой насадкой. На рис. 2 и 3 приведены данные разгонок фракций, содержащих  $\beta$ -метилдекалин и  $\beta$ -метилтетралин.

По данным хроматографического разделения отдельных гидрогенизатов, полученных в различных условиях, видно, что при более низких температурах (до 230°) гидрируется вначале одно кольцо, не несущее заместителя, а затем второе. При температуре 250° гидрируются сразу оба кольца, но закономерность гидрирования колец с заместителем и без заместителя сохраняется.

Для указанных на рис. 2 и 3 фракций, соответствующих индивидуальным  $\beta$ -метилдекалину, 2-метил- и 6-метил-1, 2, 3, 4-тетрагидронафталинам, определялись физические константы: температура кипения при нормальном давлении, удельный вес и показатель преломления. Полученные данные (двух определений) приведены в табл. 2.

Таблица 2  
Физические константы полученных углеводородов в сравнении с литературными данными [2]

Углеводороды	Экспериментальные данные			Литературные данные		
	Т. кип., °C	P, мм рт. ст.	$n_D^{20}$	Т. кип., °C	$n_D^{20}$	$n_D^{20}$
$\beta$ -метилдекалин	101,3—102	20	—	—	—	0,8815
	204,5—205,4	715	1,4752	0,8803	203—205	1,4752
6-метил-1, 2, 3, 4-тетрагидронафталин	106—107	10	1,5358	0,9529	229,2	1,5357
	228,5—229	760	—	—	—	0,9537
2-метил-1, 2, 3, 4-тетрагидронафталин	97—98	10	—	—	—	—
	216,3—217	713	1,5275	0,9422	220,2	1,5267
						0,9432

Ниже приводится схема всех возможных превращений  $\beta$ -метилнафталина в присутствии никелевых катализаторов (рис. 3 а).

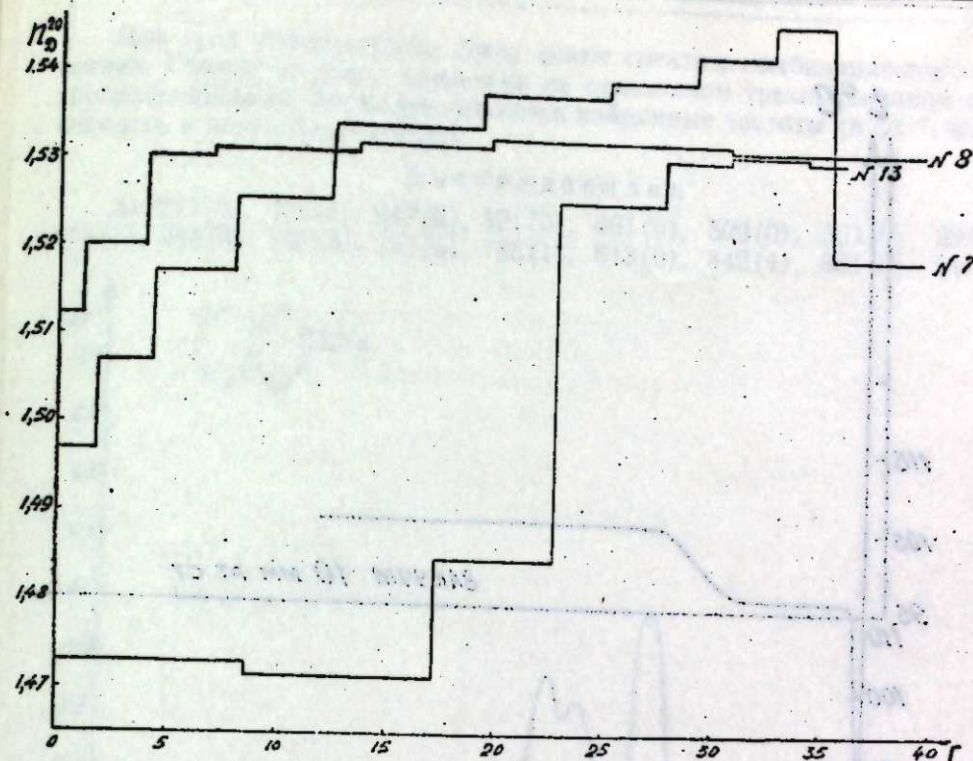
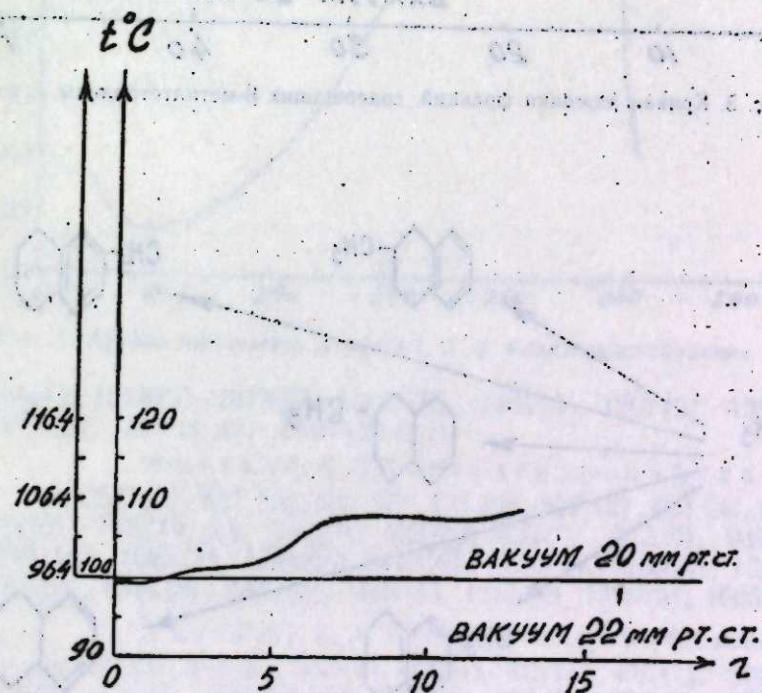


Рис. 1. Хроматограммы гидрогенизатов опытов 7, 8, 13.

Рис. 2. Кривая разгонки фракций, содержащих  $\beta$ -метилдекалин.

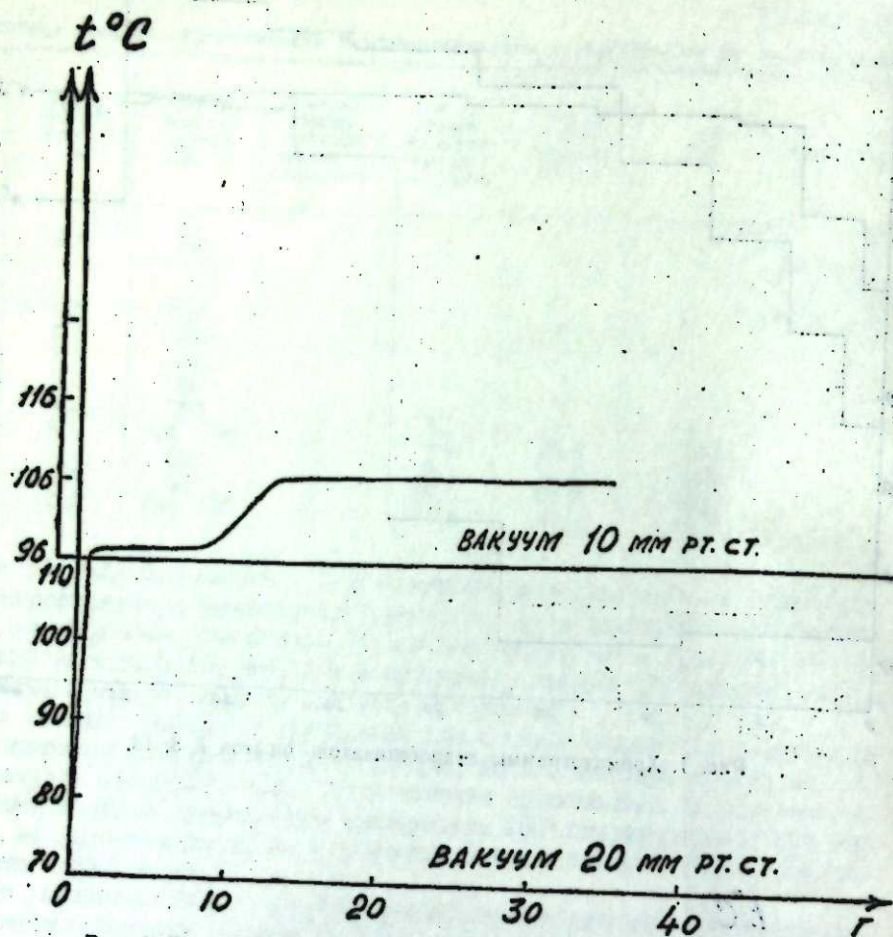


Рис. 3. Кривая разгонки фракций, содержащих β-метилтетралина.

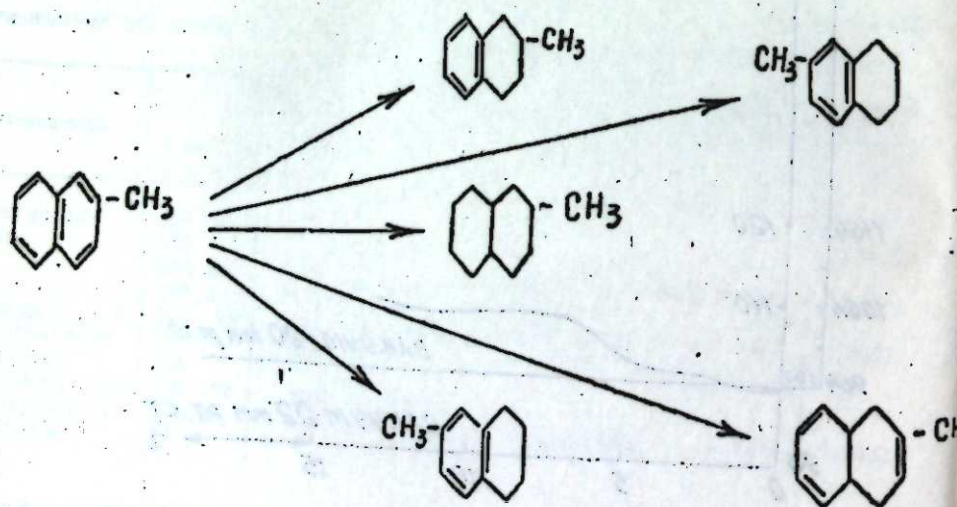


Рис. 3а. Схема превращений β-метилтетралина.

Для трех углеводородов были сняты спектры комбинационного рассеяния. Съемка их была проведена на стеклянном трехпризменном спектрографе ИСП-51. Ниже указываются найденные частоты (в  $\text{см}^{-1}$ , интенсивность в визуальной шкале).

## β-метилдекалин

$\Delta\nu$  272(0), 331(1), 347(0), 391(0), 461(0), 503(0), 561(0), 593(4), 616(1), 646(0), 736(5), 755(5), 788(1), 813(0), 842(4), 881(0), 937(0),

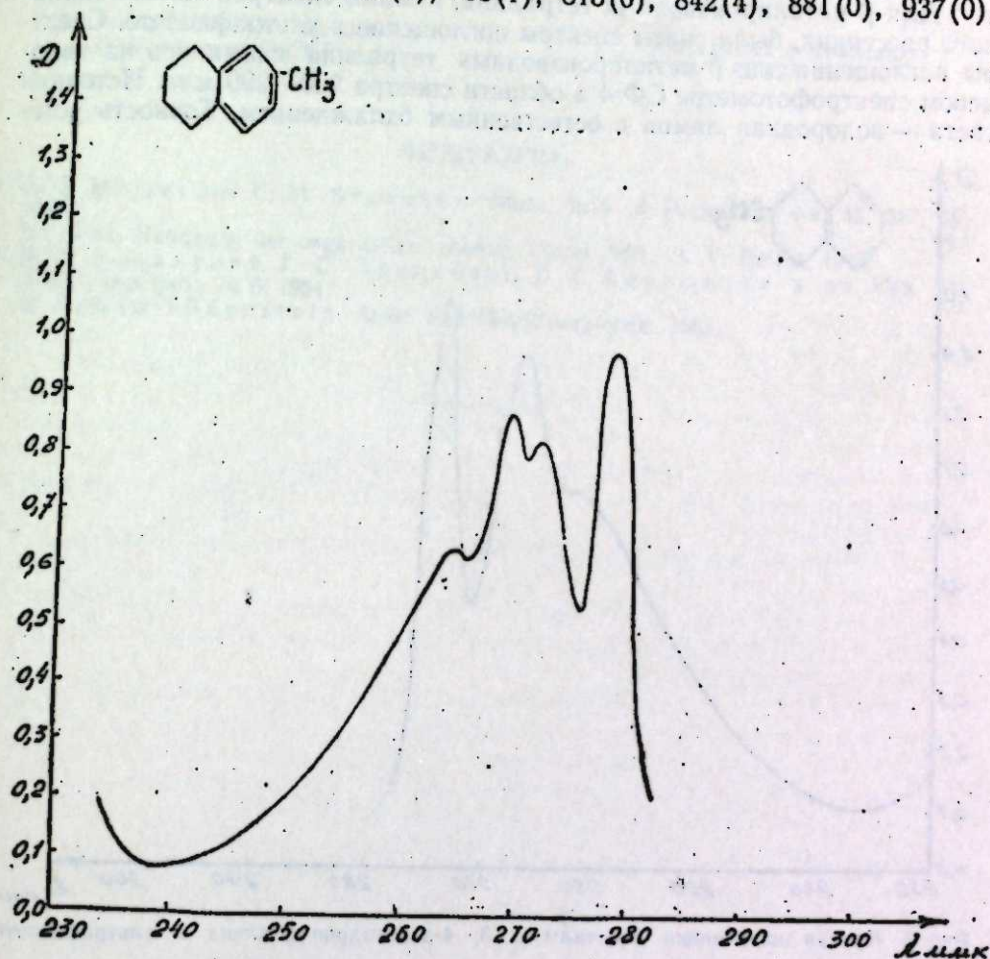


Рис. 4. Кривая поглощения 2-метил-1, 2, 3, 4-декагидронафталина в ультрафиолете.

976(1), 1012(2), 1073(5), 1097(0), 1169(4), 1201(0), 1238(3), 1266(0), 1305(0), 1347(4 ш.), 1449(10 ш.).

## β-метил-1, 2, 3, 4-тетрагидронафталин

$\Delta\nu$  257(1), 384(8), 450(0), 475(2), 507(2), 584(4), 622(0), 671(1), 699(0), 728(10 р.), 796(2), 829(1), 850(0), 912(0), 940(0?), 1014(3), 1043(10), 1065(1), 1098(2), 1118(2), 1159(4), 1200(5), 1221(2), 1264(3), 1295(4), 1343(3), 1380(2), 1429(5), 1455(4), 1583(3), 1605(5).

## 2-метил-1, 2, 3, 4-тетрагидронафталин

$\Delta\nu$  203(2), 248(2), 332(2), 400(1), 422(1), 445(1), 514(2), 545(1, 5), 600(2), 671(0), 728(10 р.), 797(0), 821(0), 894(3), 925(0, 5), 983(1), 1063(1), 1152(0), 1200(0), 1228(2), 1241(3), 1293(4), 1336(3), 1375(5), 1431(7), 1454(3), 1514(1), 1577(3), 1613(8).

Как видно из данных, спектры 2-метил- и 6-метил-1, 2, 3, 4-тетрагидронафталинов очень богаты линиями. Частоты 507(2), 514(2), 1380(2), 1375(5), 1583(3), 1577(3), наблюдаемые в этих спектрах, характерны для нафталина и его гомологов. Частота 725 (10 p.), характерная для тетралина, в спектрах 2-метил- и 6-метил-1, 2, 3, 4-тетрагидронафталинов смещается до значения 728 (10 p.). По-видимому, частота 725 (10 p.) присуща не только тетралину, но и его производным [4].

Для  $\beta$ -метилпроизводных тетралина, помимо спектров комбинационного рассеяния, были сняты спектры поглощения в ультрафиолете. Спектры поглощения для  $\beta$ -метилпроизводных тетралина снимались на кварцевом спектрофотометре СФ-4 в области спектра 230—290 мк. Источник света — водородная лампа с естественным охлаждением. Точность уста-

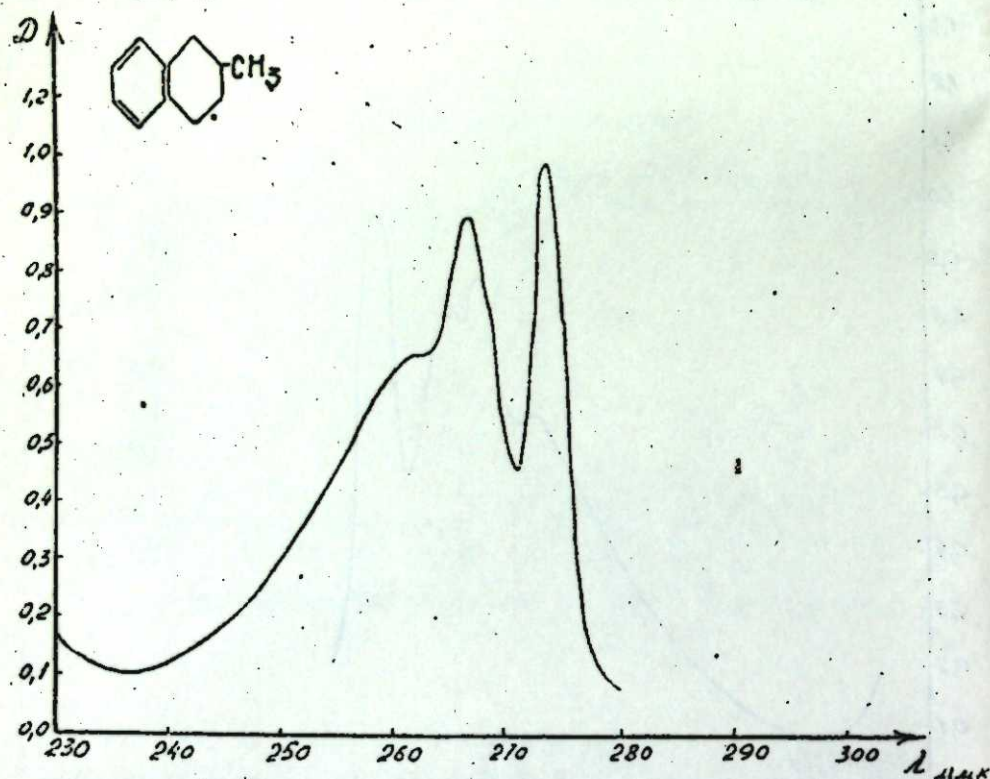


Рис. 5. Кривая поглощения 6-метил-1, 2, 3, 4-декагидронафталина в ультрафиолете.

новки длины волны по шкале длин волн — 0,05 мк. Оптическая плотность ( $D$ ) замерялась с точностью до 0,005 относительно измеряемой величины. Толщина поглощающего слоя 1 см. В качестве растворителя применялся оптически чистый изооктан.

Кривые поглощения 2-метил-1, 2, 3, 4-тетрагидронафталина и 6-метил-1, 2, 3, 4-тетрагидронафталина представлены на рис. 4, 5.

2-метил-1, 2, 3, 4-тетрагидронафталин имеет две резкие полосы поглощения (262—271 мк и 271—275 мк) с максимумами при 266 мк ( $K=3,44$ ) и 273 мк ( $K_{273}=3,70$ ) и искривление в области спектра 259—263 мк.

6-метил-1, 2, 3, 4-тетрагидронафталин имеет три резкие полосы поглощения (263—266 мк, 266—271 мк, 276—280 мк) и одну нерезкую (271—274 мк) с максимумами соответственно при 265 мк ( $K_{265}=3,39$ ), 270 мк ( $K_{270}=4,47$ ), 273 мк ( $K_{273}=4,32$ ) и 279 мк ( $K_{279}=5,00$ ).

## Выводы

1. Гидрированием  $\beta$ -метилнафталина над никелем Ренея получены  $\beta$ -метилдекалин, 2-метил- и 6-метил-1, 2, 3, 4-тетрагидронафталины.
2. Сняты их спектры комбинационного рассеяния, а для 2-метил- и 6-метил-1, 2, 3, 4-тетрагидронафталинов, кроме того, спектры поглощения в ультрафиолете.

Восточно-Сибирский филиал  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
15/VII 1957

## ЛИТЕРАТУРА

1. A. S. Bailei and C. M. Staveley. Journ. Inst. of Petroleum, vol. 42, 387, 97, 1956.
2. Beilstein, Handbuch der organischen chemie. Vierte Aufl., B. V, Berlin, 1943.
3. Б. А. Казанский, Г. С. Ландсберг, В. Т. Алексанян и др. Изв. АН СССР, сер. физ., № 6, 1954.
4. B. Landolt-Börnstein. Atom und Molekularphysik. 1951.

Д. М. ЛИСИН

К ИЗУЧЕНИЮ ПРОЦЕССА КОКСОВАНИЯ УГЛЕЙ

Коксование углей — процесс термического разложения твердого топлива, характеризующийся сложными необратимыми химическими и физико-химическими превращениями исходного угля в газ, воду, деготь и коксовый остаток.

Изучение литературы по этому вопросу [1] и непосредственно процесса термического разложения углей позволяет представить его в виде общей схемы (рис. 1).

В основу построения этой схемы положены две особенности рассматриваемого термического процесса, а именно: а) наличие в нем трех различных по природе процессов — физического (теплого), химического и физико-химического, б) наличие в его химическом процессе двух противоположных по характеру реакций — диссоциации (распада) и ассоциации (объединения).

Три процесса, составляющие первую особенность, выражаются в следующем.

Физический процесс характеризуется прогревом угля от начальной до заданной температуры и подчиняется в общем виде закономерностям теплопередачи.

Химический процесс характеризуется последовательным образованием трех отличительных групп летучих продуктов реакций: а) паров  $H_2O$  (в основном) и газов  $CO$ ,  $CO_2$  (стадия бертинирования), б) паров дегтя и газов в основном метанового и этиленового ряда (стадия основного процесса), в) газов, главным образом  $H_2$  и  $CH_4$ , образование последних при более высоких температурах сопровождается вторичными реакциями в паровой фазе (стадия газообразования). Химический процесс в общем виде подчинен закономерностям кинетики концентраций.

Физико-химический процесс отличается рядом явлений, характеризующих изменения свойств реагирующей среды вследствие последовательного превращения исходного угля ( $У$ ) в первое промежуточное состояние ( $П_1$ ), затем во второе ( $П_2$ ) и в кокс ( $К$ ), как конечное состояние. К этим явлениям относятся фильтрация паров и газов через слой; их диффузия к поверхности угольных зерен и через пористый материал; размягчение и затвердевание, спекание, вспучивание и усадка; коллоидные и сорбционные процессы. При этом такие явления, как размягчение и затвердевание, вспучивание и спекание, необязательны; их наличие связано с составом угля и условиями термического процесса.

Все эти явления протекают по определенным законам физической химии и в общем виде с некоторой степенью приближения могут быть объяснены кинетикой физико-химических свойств.

Указанные три группы различных по природе процессов термического разложения угля протекают, таким образом, по своим законам и связаны между собой. Отыскание закономерностей этих процессов и установле-

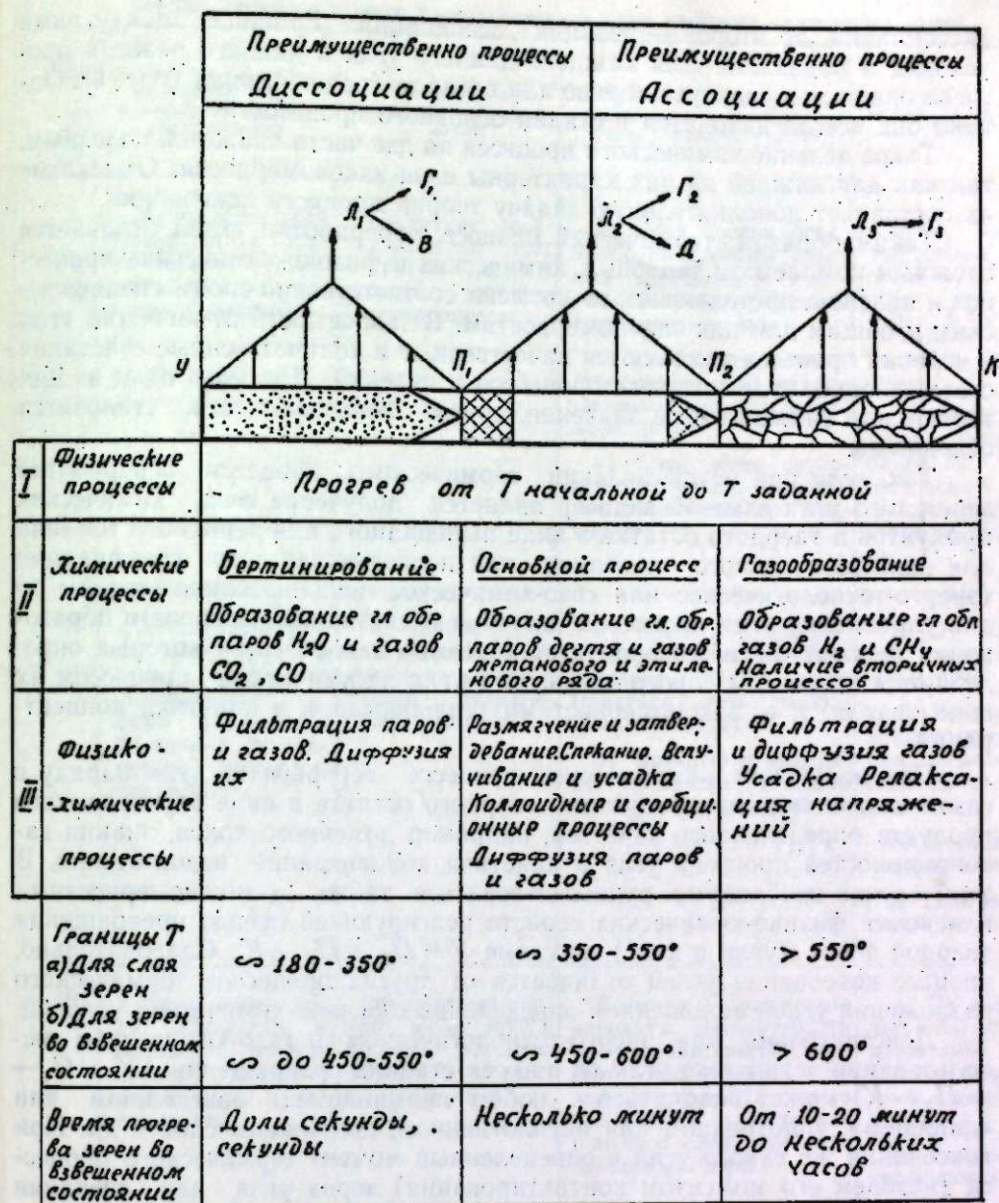


Рис. 1. Общая схема термического процесса переработки углей.

ние их взаимосвязи составляет основную задачу теории процесса коксования.

Второй особенностью рассматриваемого термического процесса является, как сказано выше, наличие в его химическом процессе одновременно идущих двух различных групп реакций, обуславливающих превращение исходного угля в кокс. С одной стороны, происходит глубокий распад молекул органического материала угля (пиролиз), с другой — соединение ненасыщенных атомных групп (молекулярная ассоциация) [2]. Сочетание и соотношение реакций пиролиза и молекулярной ассоциации различны и меняются по ходу процесса.

Характеризуя химический процесс скоростью выделения летучих продуктов, можно разделить его на две части: в первой преобладают реакции

диссоциации, во второй — реакции ассоциации. Граница между ними условна и подвижна. Для каждого данного угля и данного режима прогрева она своя и сдвинута вправо или влево от средней линии (рис. 1). Однако она всегда находится в стадии основного процесса.

Такое деление химического процесса на две части окажется полезным, так как для каждой из них характерны свои закономерности. Отыскание их составляет дополнительную задачу теории процесса коксования.

Таким образом, термический процесс переработки углей отличается сложным комплексом тепловых, химических и физико-химических процессов и явлений, протекающих во времени соответственно своим специфическим и общим для них закономерностям. В зависимости от качества угля и условий процесса изменяются качественные и количественные сочетания составляющих этот комплекс процессов и явлений. При этом одни из них теряют или снижают свое значение, другие повышают его, становятся основными.

Так, если при осуществлении термического процесса переработки зернистого угля главной задачей является получение газа, химических продуктов и твердого остатка в виде пылевидного или зернистого топлива для непосредственного сжигания или последующей его газификации (энерго-технологическое или газо-химическое использование углей), то для управления этим процессом достаточно знать закономерности образования летучей части его продуктов, качество и количество которых определяются процессом прогрева данного угля и химическим процессом их образования, т. е. закономерностями теплопередачи и кинетики концентраций.

При получении в термическом процессе переработки угля наряду с газом и химическими продуктами твердого остатка в виде окускованного продукта определенного качества, например доменного кокса, знания закономерностей прогрева угля и кинетики концентраций недостаточно. В этом случае необходимо руководствоваться также и закономерностями изменения физико-химических свойств реагирующей среды: превращения твердой фазы (угля в кокс) по схеме  $У \rightarrow П_1 \rightarrow П_2 \rightarrow К$ . Следовательно, процесс коксования углей отличается от других процессов термического разложения углей наложением определенных физико-химических условий.

Действительно, при энерго-технологическом и газо-химическом использовании зернистого угля он во всех стадиях превращения ( $У \rightarrow П_1 \rightarrow П_2 \rightarrow К$ ) может находиться в любом состоянии: во взвешенном или «кипящем», уплотненном или неуплотненном, подвижном слое и др. При коксовании же такого угля в определенный момент термического процесса (назовем его моментом контактирования) зерна угля для спекания обязательно должны находиться в состоянии контакта. До этого момента нагреваемый уголь может быть в различных состояниях (слоя, брикета, во взвешенном, подвижном и др.). Контакт зерен коксуемого угля, очевидно, обязателен с момента, когда реакции ассоциации начинают преобладать над реакциями диссоциации.

Рассматривая приведенную общую схему термического процесса разложения углей и, в связи с ней, процесс коксования как особенность этого термического процесса, можно обобщить всевозможные технологические приемы осуществления процесса коксования, свести их в четыре группы принципиальных схем по четырем определяющим признакам: 1) физическое состояние массы зерен угля в начальный период его нагревания; 2) момент контактирования зерен угольной массы; 3) положение нагреваемой массы зерен угля относительно аппарата (печи) и 4) способ нагревания. Полученные группы принципиальных технологических схем процесса коксования углей представлены на табл. 1.

Таблица 1  
Группы принципиальных технологических схем процесса коксования углей

Группа схем	Физическое состояние массы зерен угля в начальный период его нагревания	Момент контактирования зерен угольной массы	Положение нагреваемой массы зерен угля относительно аппаратуры (печи)	Способ нагревания угля
I	Масса зерен угля находится в стационарном слое, различном по толщине и плотности	Состояние контакта зерен друг с другом задано в начале термического процесса	а) Слой зерен ограничен постоянным объемом реакционной камеры (увеличение толщины слоя невозможно) б) Слой зерен стеснен (увеличение его толщины возможно под действием силы) в) Слой зерен свободен (возможно свободное увеличение его толщины)	а) От нагретой стенки камеры печи б) От нагретого газового потока над слоем в) Одновременное нагревание по всей массе слоя токами высокой частоты
II	Масса зерен угля находится в виде отдельных окускованных форм (брикетов), различных по размерам, форме и плотности	Состояние контакта зерен друг с другом задано в начале термического процесса	а) Брикеты в аппарате перемещаются относительно друг друга (шахтная печь, вибрационная лента) б) Брикеты в аппарате находятся в покое (слой в камере, слой на ленте)	а) От нагретых стен камеры печи б) Газовым теплоносителем, омывающим брикеты в) Твердым теплоносителем г) Токами высокой частоты
III	Масса зерен угля находится в тонком слоевом потоке (перемещение слоя и зерен в нем)	Постоянный контакт зерен друг с другом осуществляется в процессе нагревания	Возможны различные варианты аппаратного оформления способа слоевого перемещения зерен и перевода их в дальнейшем в состояние плотного слоя или окускованных форм	а) От нагретых стен камеры печи (вращающиеся и стационарные) б) Газовым теплоносителем в) Твердым теплоносителем г) Токами высокой частоты
IV	Зерна массы угля находятся в разобранном состоянии (в «кипящем», во взвешенном) и в движении	Постоянный контакт зерен друг с другом осуществляется в процессе нагревания	Возможны различные варианты аппаратного оформления способа разобращения и движения зерен и перевода их в дальнейшем в состояние плотного слоя или окускованных форм	а) От нагретых стен камеры печи б) Газовым теплоносителем в) Токами высокой частоты

Из табл. 1 видно, что в каждой группе рассмотренных схем третий и четвертый определяющие могут для определенной конкретной схемы сочетаться в различных вариантах. Так, например, современная технологическая схема промышленного коксования углей относится к первой группе и варианту «а» третьего и четвертого определяющих признаков.

Таким образом, процесс коксования углей можно охарактеризовать, с одной стороны, общей схемой термического разложения углей (рис. 1) и, с другой — одной из возможных принципиальных технологических схем (табл. 1). При этом очевидно, что какой бы конкретной схемой технологически ни был оформлен процесс коксования, общий ход его всегда будет подчинен общей схеме термического разложения углей, т. е. все разнообразие конкретных и частных явлений технологического процесса может быть объяснено их наиболее общими свойствами: закономерности от качества данного угля и конкретных технологических режимов количественное соотношение этих процессов и степень влияния их на ход и результат коксования будут различными. Зная эти общие закономерности и их взаимосвязи для процесса коксования и умея количественно с некоторой степенью приближения охарактеризовать ими рассматриваемый процесс, можно находить более эффективные технологические пути для интенсификации процесса коксования и производства металлургического кокса из различных углей.

Однако математическое описание общих закономерностей процесса коксования связано с особыми трудностями анализа и обобщения, выходящими за пределы теории классической химии и теории кинетики процессов, идущих при постоянных определяющих факторах (изотермически).

Недостаточность в данном случае теории классической химии обусловлена непостоянством свойств углей, сложностью и неизвестностью химического состава их органической массы и зависимостью свойств углей не только от их химического состава, но и от дисперсной структуры [2], которая, налагаясь на атомную структуру угля, придает ему особые, сложные свойства. Органическое вещество углей состоит из молекул огромного числа родов, т. е. оно является гетеромолекулярным [2] и поэтому характеризуется непостоянством свойств: у него нет определенных температурных точек кипения, плавления и затвердевания; его нельзя разложить на химически индивидуальные составные части; растворимость его колеблется в широких пределах. При изучении закономерностей процесса коксования углей сложность и непостоянство их состава, затрудняющие решение задачи, необходимо учитывать как одно из исходных положений.

Недостаточность теории кинетики изотермических превращений для описания процесса коксования углей обусловлена переменностью параметров, определяющих ход процесса и его результат, их многочисленностью и сложностью сочетаний. Рассматриваемый нами термический процесс превращения угля в газ, воду, деготь и кокс протекает во времени путем изменения состояния реагирующей среды от начального  $U$  до конечного  $K$  через непрерывный ряд промежуточных состояний  $\rightarrow P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow \dots$ . Изучение этих переменных во времени состояний и взаимных зависимостей их необратимого перехода и составляет основное содержание кинетического исследования рассматриваемой нами материальной системы (рис. 1). В отличие от более простых систем, поддающихся описанию методами кинетики изотермических химических процессов, рассматриваемая система является неизотермической и не поддается такому описанию.

Эта система отличается переменностью во времени не только температуры реагирующей среды, но и других определяющих состояний. В са-

мом деле, если к определяемым состояниям относятся качество твердого остатка — кокса, его физико-химические и физико-механические свойства и количество и качество летучих продуктов — дегтя, газа и др., то определяющими состояниями этой системы для данного угля (смеси), очевидно, являются: температура реагирующей среды, время продолжительности процесса, давление в системе, плотность коксуемой массы (слоя), размеры слоя (зерна) (например толщина слоя между горячей и холодной сторонами), количество и вязкость жидкой (плавкой) фазы, степень зернистости исходного угля, напряженность усадочных явлений, явления вспучивания нагреваемой массы угля, органические добавки, минеральные (тощие) добавки и некоторые другие состояния (факторы).

Обобщая определения состояния в одну группу как искомую характеристику системы (продукт) и определяющие состояния — в другую, как исходную характеристику этой системы, рассмотрим в общем виде возможную взаимосвязь их. Для этого обозначим определяемые состояния  $K_{(\tau)}$ , а определяющие —  $I_{(\tau)}$ ,  $\tau$  указывает здесь на переменность состояний во времени. Тогда задача кинетического исследования нашей системы, состоящая в изучении переменных во времени состояний  $K_{(\tau)}$  и  $I_{(\tau)}$  и взаимосвязи их, может быть выражена как функциональная зависимость

$$K_{(\tau)} = \psi [\tau, I_{(\tau)}]. \quad (1)$$

Если рассматривается наиболее простая и доступная для изучения система, т. е. когда переменное определяемое состояние  $K_{(\tau)}$  зависит от времени  $\tau$  и постоянного определяющего состояния  $I_{(\tau)} = \text{const}$ , в частности, при постоянной температуре  $T = \text{const}$ , то в этом случае происходящие в ней процессы характеризуются двумя особенностями [3]:

1) изменение определяемого состояния  $K_{(\tau_2, \tau_1)} = K_{(\tau_2)} - K_{(\tau_1)}$  за данный промежуток времени  $\tau_2 - \tau_1 = \Theta$  в полне определяется этим одним промежутком времени и одним значением некоторой функции  $\omega [I_{(\Theta)}]$  определяющего состояния  $I_{(\Theta)} = \text{const}$ . Функция  $\omega$  является обычно зависимостью, основанной на законе распределения, например, законе Максвелла-Больцмана.

2) все промежуточные значения времени  $\tau$  в пределах  $\tau_1 \leq \tau \leq \tau_2$  не имеют значения для определения величины  $K_{(\tau_2, \tau_1)}$ .

Следовательно, для процессов, в которых  $I_{(\Theta)} = \text{const}$ , определяемые состояния являются однозначной функцией от  $\Theta$  и  $I_{(\Theta)}$ , т. е.

$$K_{(\tau_2, \tau_1)} = f(\Theta, \omega [I_{(\Theta)}]). \quad (2)$$

Сложные процессы, как в нашем случае процесс коксования углей, в которых не только определяемые состояния  $K_{(\tau)}$ , но и определяющие состояния  $I_{(\tau)}$  являются переменными во времени, отличаются от процессов, выраженных функцией (2), сложными зависимостями между  $K_{(\tau)}$  и  $I_{(\tau)}$  и характеризуются своими особенностями [3]:

1) изменение определяемого состояния  $K_{(\tau_2, \tau_1)}$  за данный промежуток времени  $\tau_2 - \tau_1 = \Theta$  не определяется величинами этого промежутка  $\Theta$  и функцией  $\omega [I_{(\Theta)}]$  соответствующего ему определяющего состояния  $I_{(\Theta)} \neq \text{const}$ ,

2) изменения определяемого состояния  $K_{(\tau_2, \tau_1)}$  за данный промежуток времени  $\tau_2 - \tau_1 = \Theta$  определяется всеми значениями функций  $\omega [I_{(\tau)}]$  от переменного определяющего состояния  $I_{(\tau)} \neq \text{const}$  существующими в системе во все моменты  $\tau$ , находящиеся в пределах  $\tau_1 \leq \tau \leq \tau_2$ .

Отсюда ясно, что при  $I_{(\tau)} \neq \text{const}$  изменение  $K_{(\tau_2, \tau_1)}$  не является однозначной функцией от синхронного значения  $I_{(\tau)}$ , т. е.

$$K_{(t, \tau)} \neq f(\Theta, \omega[I_{(t)}]), \quad (3)$$

является функцией от многих величин  $\Theta, \omega[I_{(t)}]$ .

Следовательно, переменность во времени определяющих состояний  $I_{(t)}$  рассматриваемого процесса делает невозможным обобщение происходящих в нем явлений путем сопоставления определяемого состояния  $K_{(t)}$  с синхронным значением определяющего состояния  $I_{(t)}$  или  $\Theta$ , как это бывает возможно, в других процессах, для которых  $I_{(t)} = \text{const}$ , например,  $T = \text{const}$ .

При изучении закономерностей термического процесса коксования углей и это обстоятельство, затрудняющее решение задачи, так же, как и сложность состава и свойств углей, необходимо учитывать как одну из исходных положений.

Таким образом, установление общих закономерностей термического процесса коксования, отличающегося сложностью состава и свойств углей и переменностью (неизотермичностью) определяющих его параметров, встречает особые затруднения при анализе и обобщении наблюдаемых в нем явлений и превращений. Эти затруднения обусловлены недостаточностью в данном сложном случае теории классической химии и методов химической кинетики изотермических процессов. Поэтому для решения поставленных задач необходимо применение особых методов обобщения наблюдаемых фактов. О них мы надеемся рассказать в другой статье.

Западно-Сибирский филиал  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
4/V 1957

#### ЛИТЕРАТУРА

1. З. В. Чуханов, Основы теории термической переработки топлива. Изв. АН СССР, ОТН, № 8, 1954.
2. В. С. Веселовский, Химическая природа горючих ископаемых. Изд. АН СССР, 1955.
3. В. М. Бредтман, Исследования кинетики изотермических и неизотермических химических и физико-химических процессов с помощью метода подобия. Дисс. Л., 1952.

М. Н. БОДЯГИН

#### РАСЧЕТ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СЕТИ МЕТОДОМ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ДЕПРЕССИИ

При устройстве вентиляционных сетей шахт и рудников широко применяются различные варианты диагональных схем проветривания.

При расчете сетей по этим схемам ставится обычно одна из следующих задач:

1) при известных сопротивлениях элементов сети определить депрессию, необходимые для осуществления заданного распределения воздуха вентиляционной сети;

2) при известных сопротивлениях элементов сети и известных депрессиях по направлениям определить общее количество воздуха, которое будет поступать в сеть, и его распределение в сети;

3) при известных сопротивлениях элементов сети и количестве воздуха, проходящего через сеть, найти режим проветривания отдельных участков сети.

В данной статье мы рассматриваем вторую задачу.

Определение количества воздуха и его распределение в сети может быть выполнено различными методами: моделирования, графическим, графо-аналитическим, аналитическим.

Практически наиболее удобны аналитические методы, но разработаны они еще слабо. Опубликованы пока три метода аналитического решения задач второго типа: Воропаева [1], Скотта и Хинсли [2] и Хироматеу [3].

Первый метод дает аналитическое решение частной задачи, представленной на схеме рис. 1. Второй и третий являются общими методами, но применение их требует либо достаточного «инженерного опыта» (Скотт и Хинсли), либо знания методов расчета электрических сетей (Хироматеу). Оба метода являются довольно трудоемкими. Это вызывает необходимость найти новые, более простые методы хотя бы для расчета наиболее часто встречающихся типов сетей.

В качестве такого метода мы предлагаем разработанный нами метод эквивалентной депрессии для расчетов параллельно-последовательных соединений.

Воздух в параллельных ветвях, например в ветвях ОА и ОВ (рис. 1), распределяется пропорционально пропускным способностям ветвей только в том случае, когда депрессии этих ветвей одинаковы, т. е.  $h_{OA} = h_{OB}$  и, следовательно,  $h_{BC} = h_{AC}$ .

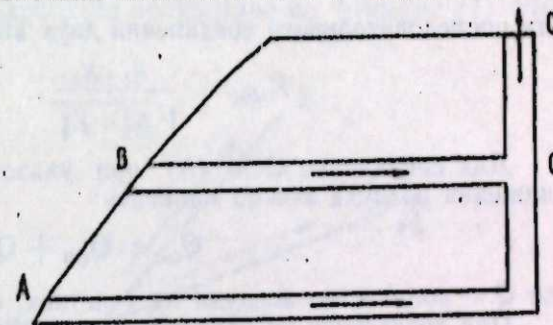


Рис. 1.

В иных случаях, когда  $h_{OA} \neq h_{OB}$ , например при разной величине естественной тяги по направлениям АС и ВС или разных депрессиях вентиляторов, установленных в точках А и В, распределение воздуха зависит уже не только от пропускных способностей ветвей, но и от соотношения создаваемых в них депрессий, что осложняет расчеты.

Сущность метода эквивалентной депрессии состоит в том, что суммарное действие различных по величине депрессий параллельных ветвей заменяется эквивалентным по общему дебиту воздуха действием одной, общей для всех ветвей депрессии ( $h_s$ ) при естественном распределении воздуха в соединении.

Примем за основу для рассмотрения метода схему (рис. 1), приведенную в курсе вентиляции [4] и работе А. Ф. Воропаева [1]. Сопротивления  $R$  участков сети выразим через их пропускные способности, обозначаемые буквой  $K$  с соответствующим участку индексом ( $K = 1 : \sqrt{R}$ ). Формулы для определения общей пропускной способности соединения выработок аналогичны таковым для эквивалентного отверстия, а именно: для параллельного соединения

$$K_{\text{общ}} = K_1 + K_2 + \dots + K_n, \quad (I)$$

для последовательного соединения

$$\frac{1}{K_{\text{общ}}^2} = \frac{1}{K_1^2} + \frac{1}{K_2^2} + \dots + \frac{1}{K_n^2}, \quad (II)$$

для последовательного соединения двух выработок

$$K_{\text{общ}} = \frac{K_1 \cdot K_2}{\sqrt{K_1^2 + K_2^2}}. \quad (II')$$

Для соединения СОВ (А) при указанных на схеме направлениях движения воздуха можно написать

$$Q_{\text{OC}} = Q_{\text{OB}} + Q_{\text{OA}}, \quad (1)$$

где  $Q$  — количество воздуха на участках, соответствующих индексам.

При депрессиях по направлениям СОВ —  $h_{CB}$  и СОА —  $h_{CA}$ , подставляя в уравнение (1) значение  $Q = K\sqrt{h}$ , можно написать

$$K_{\text{OC}}\sqrt{h_{\text{OC}}} = K_{\text{OB}}\sqrt{h_{\text{CB}} - h_{\text{OC}}} + K_{\text{OA}}\sqrt{h_{\text{CA}} - h_{\text{OC}}}. \quad (2)$$

С другой стороны, если допустить, что воздух в сети распределяется пропорционально пропускным способностям ветвей (так называемое «естественное распределение») и при какой-то депрессии  $h_s$  проходит через сеть в целом то же его количество, что и при депрессиях  $h_{\text{CB}}$  и  $h_{\text{CA}}$ , т. е. общее действие депрессии  $h_s$  эквивалентно суммарному действию депрессий  $h_{\text{CB}}$  и  $h_{\text{CA}}$ , то

$$K_{\text{OC}}\sqrt{h_{\text{OC}}} = (K_{\text{OB}} + K_{\text{OA}})\sqrt{h_s - h_{\text{OC}}}. \quad (3)$$

Определяя из (2) и (3)  $h_s$ , получим

$$h_s = \left( \frac{K_{\text{OB}}\sqrt{h_{\text{CB}} - h_{\text{OC}}} + K_{\text{OA}}\sqrt{h_{\text{CA}} - h_{\text{OC}}}}{K_{\text{OB}} + K_{\text{OA}}} \right)^2 + h_{\text{OC}}. \quad (4)$$

Пропускная способность соединения СОВ (А) по формулам (I и II') равна

$$K_{\text{общ}} = \frac{(K_{\text{OB}} + K_{\text{OA}}) \cdot K_{\text{OC}}}{\sqrt{(K_{\text{OB}} + K_{\text{OA}})^2 + K_{\text{OC}}^2}}. \quad (5)$$

Следовательно, общее количество воздуха, проходящее через сеть, будет

$$Q_{\text{OC}} = K_{\text{общ}}\sqrt{h_s}. \quad (6)$$

Решение уравнения (4) представляет трудности в том отношении, что величина  $h_{\text{OC}}$  нам не известна.

В первом приближении она может быть принята равной нулю или, так как  $h_{\text{OC}}$  при показанном направлении движения воздуха не может быть больше  $h_{\text{CB}}$  и  $h_{\text{CA}}$ , ее можно принять равной половине меньшей из этих депрессий, что уменьшает допускаемую ошибку. Очевидно, что если, например,  $h_{\text{OC}} > h_{\text{BC}}$ , то направление воздуха в ветви ОВ изменится на обратное и схему нужно будет видоизменить. Определив при указанном допущении значение  $h_s$  по (4) и  $Q_{\text{OC}}$  по (6), находим более точное значение  $h_{\text{OC}}$  из выражения

$$h_{\text{OC}} = (Q_{\text{OC}} : K_{\text{OC}})^2. \quad (7)$$

Если полученное значение  $h_{\text{OC}}$  мало отличается от первоначально принятого, то решение можно не уточнять. Если же разница значительна, величину  $h_s$  пересчитывают, подставляя полученное по формуле (7) значение  $h_{\text{OC}}$  в формулу (4).

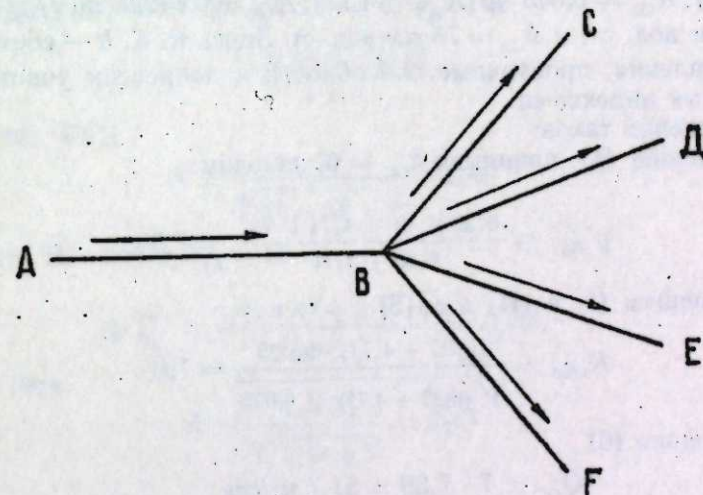


Рис. 2.

Соответственно новой величине  $h_s$  определяют и более точные значения  $Q_{\text{OC}}$  и  $h_{\text{OC}}$ . Значение дебитов ветвей ОВ и ОА определится из выражений

$$Q_{\text{OB}} = K_{\text{OB}}\sqrt{h_{\text{BC}} - h_{\text{OC}}}, \quad (8)$$

$$Q_{\text{OA}} = K_{\text{OA}}\sqrt{h_{\text{AC}} - h_{\text{OC}}}. \quad (9)$$

Правильность решения проверяется соответствием его уравнению (1). Задача, представленная на рис. 2, принципиально не отличается от только что рассмотренной и, следовательно, может быть решена аналогично ей.



В задаче, представленной на рис. 3, эквивалентную депрессию требуется найти и применить дважды. Сначала, рассматривая соединение АСДЕ, находят депрессию, эквивалентную депрессиям АВСЕ и АВСД, и общую пропускную способность участка ВСДЕ. Затем, рассматривая участок ВСДЕ как единую ветвь, параллельную ветви ВФ, находят эквивалентную депрессию и общую пропускную способность всего соединения.

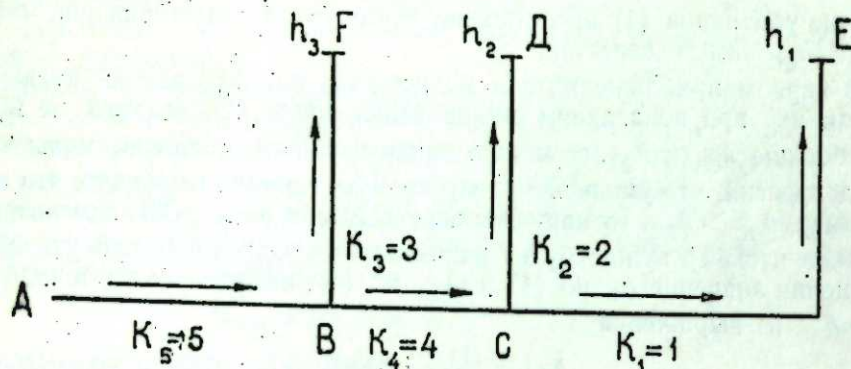


Рис. 3.

В качестве цифрового примера применения метода эквивалентной депрессии используем задачу из курса «Рудничная вентиляция» [4], представленную на рис. 1 и имеющую следующие условия:  $R_{ОВ} = 0,025 \text{ км}$  ( $K_{ОВ} = 6,32$ );  $R_{ОЛ} = 0,045 \text{ км}$  ( $K_{ОЛ} = 4,71$ );  $R_{ОС} = 0,01225 \text{ км}$  ( $K_{ОС} = 9,025$ );  $h_{СВ} = 40 \text{ мм вод. ст.}$  и  $h_{СЛ} = 78 \text{ мм вод. ст.}$  Здесь  $R$ ,  $K$ ,  $h$  — соответственно сопротивления, пропускные способности и депрессии участков сети, обозначенных индексами.

Ход решения таков:

а) по уравнению (4), принимая  $h_{ОС} = 0$ , находим:

$$\sqrt{h_3} = \frac{6,32 \sqrt{40} + 4,71 \sqrt{78}}{6,32 + 4,71} = 7,39;$$

б) по уравнениям (I) и (II) или (5)

$$K_{\text{общ}} = \frac{(6,32 + 4,71) \cdot 9,025}{\sqrt{(6,32 + 4,71)^2 + 9,025^2}} = 7,0;$$

в) по уравнению (6)

$$Q_{ОС} = 7 \cdot 7,39 = 51,7 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Полученное приближенное значение  $Q_{ОС}$  уточняем:

а) по уравнению (7)

$$h'_{ОС} = \left( \frac{51,7}{9,025} \right)^2 = 32,8 \text{ мм вод. ст.};$$

б) по уравнению (4)

$$h_3 = \left( \frac{6,32 \sqrt{40 - 32,8} + 4,71 \sqrt{78 - 32,8}}{6,32 + 4,71} \right)^2 + 32,8 = 52,5 \text{ мм вод. ст.};$$

в) по уравнению (6)

$$Q_{ОС} = 7 \sqrt{52,5} = 50,6 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Принимая полученный результат за окончательный, определяем:

а) по уравнению (7)

$$h'_{ОС} = \left( \frac{50,6}{9,025} \right)^2 = 31,4 \text{ мм вод. ст.};$$

б) по уравнению (8)

$$Q_{ВО} = 6,32 \sqrt{40 - 31,4} = 18,5 \text{ м}^3/\text{сек.};$$

в) по уравнению (9)

$$Q_{ОЛ} = 4,71 \sqrt{78 - 31,4} = 32,2 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Полученные результаты совпадают с результатами, приведенными автором задачи [4] и А. Ф. Воропасвым, что подтверждает правильность примененной методики расчета.

Для примера, представленного на рис. 3, примем: 1) депрессии естественной тяги по направлениям:

$$\text{АВСЕ} - h_1 = 16 \text{ мм вод. ст.},$$

$$\text{АВСД} - h_2 = 25 \text{ мм вод. ст.},$$

$$\text{АВФ} - h_3 = 9 \text{ мм вод. ст.};$$

2) пропускные способности ветвей:

$$\text{АВ} - K_5 = 5, \text{ ВС} - K_4 = 4, \text{ ВФ} - K_3 = 3, \text{ СД} - K_2 = 2, \text{ СЕ} - K_1 = 1.$$

Аналогично предыдущему, задачу решаем по этапам.

I. Определяем приближенное значение  $Q_{\text{общ}}$ :

а) для пункта С по формуле (4), считая  $h_{АС} = 0$ ,

$$\sqrt{h_3} = \frac{1 \sqrt{16} + 2 \sqrt{25}}{1 + 2} = 4,67;$$

б) для участка ВЕД

$$K = \frac{(1 + 2) \cdot 4}{\sqrt{(1 + 2)^2 + 4^2}} = 2,4;$$

в) для пункта В, считая  $h_{АВ} = 0$ ,

$$\sqrt{h_3} = \frac{2,4 \cdot 4,67 + 3 \sqrt{9}}{2,4 + 3} = 3,73;$$

г) для всей сети

$$K = \frac{5,4 \cdot 5}{\sqrt{5,4^2 + 5^2}} = 3,67;$$

д)

$$Q_{\text{общ}} = 3,67 \cdot 3,73 = 13,70 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

II. Уточняем значение  $Q_{\text{общ}}$ .

а) для участка АВ по формуле (7)

$$h_{АВ} = (13,70 : 5)^2 = 7,51 \text{ мм вод. ст.};$$

б) для ветви В по формуле (8)

$$Q_{ВФ} = 3 \cdot \sqrt{9 - 7,51} = 3,65 \text{ м}^3/\text{сек.};$$

в) для ветви ВС

$$Q_{ВС} = 13,70 - 3,65 = 10,05 \text{ м}^3/\text{сек.};$$

$$h_{ВС} = (10,05 : 4)^2 = 6,30 \text{ мм вод. ст.};$$

г) потери депрессии на участке АС

$$h_{BC} + h_{AB} = 7,51 + 6,30 = 13,81 \text{ мм вод. ст.};$$

д) для пункта С по формуле (4)

$$h_c = \left( \frac{1\sqrt{16-13,81} + 2\sqrt{25-13,81}}{1+2} \right)^2 + 13,81 = 21,26 \text{ мм вод. ст.};$$

е) для пункта В

$$h_b = \left( \frac{2,4\sqrt{21,26-7,51} + 3\sqrt{9-7,51}}{5,4} \right)^2 + 7,51 = 12,91 \text{ мм вод. ст.};$$

ж) общее количество воздуха

$$Q_{\text{общ.}} = 3,67 \cdot \sqrt{12,91} = 13,2 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

III. Определяем значения  $Q_{CE}$ ,  $Q_{CD}$ ,  $Q_{BF}$ :

а)  $h_{AB} = (13,2 : 5)^2 = 6,95 \text{ мм вод. ст.}$

б)  $Q_{AB} = (Q_{CE} + Q_{DC}) + Q_{BF} = 2,4\sqrt{21,26-6,95} + 3\sqrt{9,0-6,95} = 9,09 + 4,03 = 13,12 \text{ м}^3/\text{сек.};$

в)  $h_{BC} = (9,09 : 4)^2 = 5,15 \text{ мм вод. ст.};$

г)  $Q_{CE} = 1\sqrt{16-6,95-5,15} = 1,98 \text{ м}^3/\text{сек.};$

д)  $Q_{CD} = 2\sqrt{25-6,95-5,15} = 7,19 \text{ м}^3/\text{сек.}$

В качестве контроля выполненного решения на рис. 4 дано решение этой же задачи известным в литературе [4] графическим методом.

В координатах  $h-Q$  построены: прямые  $I_e$ ,  $II_e$  и  $III_e$ , выражающие соответственно характеристики естественной тяги по направлениям АВСЕ, АВСД и АВ (рис. 3) и кривые I, II, III, IV, V, выражающие соответственно характеристики элементов сети CE, CD, BF, BC и AB.

Определение режимов проветривания участков сети произведено следующим образом:

1) из характеристик  $I_e$  и  $II_e$  вычтены по ординатам характеристики участков CE и CD (кривые I и II), в результате чего получены приведенные к точке С характеристики естественной тяги по направлениям АВСЕ и АВСД (кривые I' и II');

2) полученные характеристики сложены по абсциссам для получения суммарной характеристики естественной тяги в точке С (кривая I' + II');

3) из характеристик  $III_e$  и (I' + II') соответственно вычтены по ординатам характеристики участков BF и BC и полученные приведенные к точке В характеристики естественной тяги — кривые III' и (I' + II' — IV), сложенные затем по абсциссам, для получения суммарной приведенной к точке В характеристики естественной тяги (кривая I' + II' — IV + III').

Координаты точки (А') пересечения суммарной приведенной характеристики естественной тяги с характеристикой участка АВ определяют режим проветривания последнего.

Дополнительными построениями при известном дебите участка АВ нетрудно найти дебиты остальных участков сети. Дебит участка BF определяется абсциссой точки (С') пересечения линии, равной депрессии, проведенной через точку А', с приведенной характеристикой III'. Дебиты участков CE и CD определяются соответственно абсциссами точек Е' и

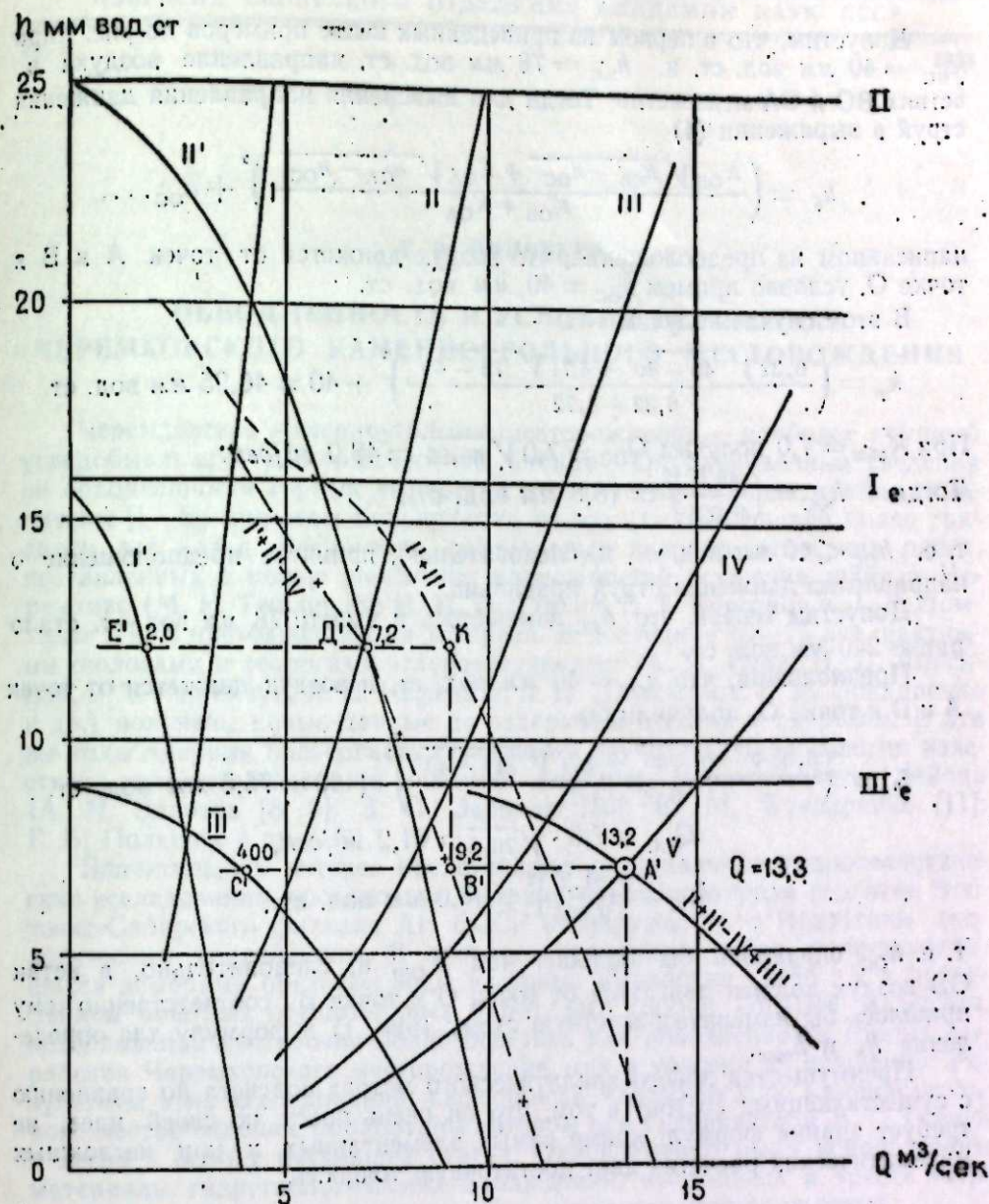


Рис. 4.

Д' пересечения линии равной депрессии, проведенной через точку К, с проведенными характеристиками I' и II'. Точка К получена как точка пересечения суммарной характеристики (I' + II') с линией равного дебита, проведенной через точку В', пересечения линии равной депрессии, проведенной через точку А' с характеристикой (I' + II' — IV).

Как видно из графика, полученные значения  $Q_{AB} = 13,2 \text{ м}^3/\text{сек.}$ ,  $Q_{BF} = 4,03 \text{ м}^3/\text{сек.}$ ,  $Q_{DC} = 7,2 \text{ м}^3/\text{сек.}$  и  $Q_{CE} = 2,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$  совпадают с результатами, полученными при расчете методом эквивалентной депрессии.

Следует отметить также, что при методе эквивалентной депрессии направление движения воздуха по отдельным ветвям заранее знать обязательно, оно может быть уточнено в процессе расчета.

Допустим, что в первом из приведенных выше примеров по рис. 1 при  $h_{BC} = 40$  мм вод. ст. и  $h_{AC} = 78$  мм вод. ст. направление воздуха в ветвях ВО и ОА неизвестно. Тогда для выяснения направления движения струй в выражении (4)

$$h_3 = \left( \frac{K_{OB} \sqrt{h_{CB} - h_{OC}} + K_{OA} \sqrt{h_{CA} - h_{OC}}}{K_{OB} + K_{OA}} \right)^2 + h_{OC} \dots$$

написанном из предположения, что воздух движется от точек А и В к точке О, условно примем  $h_{OC} = 40$  мм вод. ст.

В этом случае получим

$$h_3 = \left( \frac{6,32 \sqrt{40 - 40} + 4,71 \sqrt{78 - 40}}{6,32 + 4,72} \right)^2 + 40 = 46,95 \text{ мм вод. ст.}$$

При  $K_{общ} = 7,0$  получим  $Q_{OC} = 7,0 \sqrt{46,95} = 48,0 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Тогда  $h_{OC} = \left( \frac{48,0}{9,025} \right)^2 = 18,8 \text{ мм вод. ст.}$

т. е.  $h_{OC} < 40$  мм вод. ст. и, следовательно, принятое предположение о направлении движения струй правильно.

Допустим теперь, что  $h_{AC}$  изменилось и вместо 78 мм вод. ст. стало равно 240 мм вод. ст.

Предположив, что  $h_{OC} = 40$  мм вод. ст. и воздух движется от точек А и В к точке О, получили бы

$$h_3 = \left( \frac{6,32 \sqrt{40 - 40} + 4,71 \sqrt{240 - 40}}{6,32 + 4,71} \right)^2 + 40 = 76,5 \text{ мм вод. ст.}$$

$$Q_{OC} = 7,0 \cdot \sqrt{76,5} = 61,2 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

$$h_{OC} = \left( \frac{61,2}{9,025} \right)^2 = 46,0 \text{ мм вод. ст.}$$

т. е.  $h_{OC}$  оказалось бы больше, чем  $h_{OB}$ , и, следовательно, в ветви ОВ воздух должен двигаться от точки О к точке В, соответственно чему пришлось бы изменить расчетную схему (рис. 1) и формулу для определения  $h_3$  и  $h_{общ}$ .

Преимущества нового аналитического метода подсчета по сравнению с существующими состоит в том, что он очень прост по своей идее, не требует знания формул, кроме самых элементарных, и при несложных математических расчетах дает достаточную точность.

Уральский филиал  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
23/IX 1957

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. Ф. Воропаев, Тепловая депрессия шахтной вентиляции. Изд. АН СССР, 1950.
2. D. D. Scott, F. B. Hinsly, Ventilation net work, theory, Colliery Engineering, II, IV, VI, XII, 1951.
3. G. Hiromatsu, Ermittlung der Stärke von Wetterströmen in Grubenuetternezen nach Formlen für den doktrischen strom, Glückauf 11/IV, 1953.
4. В. В. Комаров, Д. Ф. Борисов, Рудничная вентиляция. ГОНТИ. 1938.

Е. В. ПИННЕКЕР

#### ОБВОДНЕННОСТЬ И УСЛОВИЯ ОСУШЕНИЯ ЧЕРЕМХОВСКОГО КАМЕННОУГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Черемховское каменноугольное месторождение — наиболее крупный угледобывающий район Восточной Сибири. Опубликованные сведения по обводненности горных выработок этого месторождения крайне ограничены [1—5]; при этом большинство из них [1—3] написано более тридцати лет назад. Результаты специальных гидрогеологических работ, поставленных с целью выяснения возможностей осушения шахт г. Черемхово (М. Н. Тешлер [6]; Н. И. Толстихин, В. Т. Коротков и В. Д. Ломтадзе [7]), в настоящее время устарели. В последние 10—15 лет шахтными геологами и геологами-углеразведчиками (А. И. Серд, Н. Д. Анисимов, Р. Т. Миранчук, А. П. Нефедьев, А. Н. Дружинина, Е. М. Бондаренко и др.) получены новые данные по отдельным шахтам и разрезам. В эти же годы впервые подверглась серьезному изучению гидрогеология известково-доломитовой толщи нижнего кембрия Черемховского района (А. Н. Золотов [8, 9]; З. П. Зернова [10]; Е. М. Бондаренко [11]; Г. Б. Пальшин и др. [12]).

Значительный интерес представляют региональные гидрогеологические исследования, проведенные в Приангарье Институтом геологии Восточно-Сибирского филиала АН СССР в содружестве с Иркутским геологическим управлением. В процессе съемочных работ, сопровождавшихся замерами притоков воды в горные выработки (1956 г.) и проведением опытных осушительных работ, был собран богатый материал, позволяющий достаточно полно осветить как обводненность горных выработок Черемховского месторождения, так и условия их осушения. Результаты этих исследований, касающиеся Черемховского каменноугольного месторождения, обработаны автором под руководством В. Г. Ткачук и легли в основу настоящей статьи. Одновременно были использованы материалы гидрогеологических наблюдений, имеющиеся в тресте «Иркутскуглеология» и на шахтах Черемховского месторождения.

#### Геолого-гидрогеологическая характеристика месторождения

В геологическом строении Черемховского месторождения принимают участие терригенные осадки среднеюрского возраста, вмещающие пласты каменных углей, и подстилающая их мощная карбонатная толща пород нижнего кембрия. Ограниченное развитие и крайне малую мощность имеют на северо-востоке месторождения породы верхнего кембрия.

По оконтуривающим Черемховское месторождение долинам и падям на дневную поверхность выходят известняки и доломиты, относимые к верхним горизонтам нижнего кембрия — Ангарской свите [6]. Породам нижнего кембрия свойственно характерное для отложений юга Сибирской платформы почти горизонтальное залегание с очень пологим (под углом менее 1°) погружением слоев на северо-северо-восток.

Среди пористых, трещиноватых и кавернозных пород известково-доломитовой толщи в описываемом районе выявлено три пространственно выдержанных водоносных горизонта, связанных с определенными стратиграфическими пачками. Верхний (или седьмой по единой стратификационной схеме водоносных горизонтов Ангарской свиты юга Сибирской платформы) водоносный горизонт вскрыт рядом скважин в долине р. Ноты на глубине 70—80 м в верхней части пачки коричневато-серых известняков. Он обладает напором 60—80 м. Средний (восьмой) водоносный горизонт прослеживается на контакте пачек брекчированных известняков и мергелистых доломитов. Вскрывается он на глубинах 130—170 м (Кабаново, Касьяновка и др.), также обладает напором. Нижний (девятый) водоносный горизонт залегает в основании Ангарской свиты на большой глубине, и в окрестностях г. Черемхово он изучен слабо. Мощности водоносных горизонтов — 3—10 м, иногда увеличиваются до 20 м. Удельные расходы скважин — 0,1—10 л/сек, но при фаціальном замещении карбонатных пород водоносного горизонта глинистыми разностями резко уменьшаются (до 0,001 л/сек). Повышенная водообильность пород наблюдается вблизи речных долин, в своеобразной зоне горизонтальной циркуляции карстовых вод, залегающей на уровне местных базисов эрозии.

Известково-доломитовая толща Ангарской свиты сильно закарстована и испытывает глубокий дренаж со стороны Ангары и ее крупных притоков. Непосредственно на площади месторождения мощность толщ дренажированных пород нижнего кембрия достигает 150 м. В зоне дренажа перечисленные выше водоносные горизонты сохранились в виде линз лишь в отдельных водоупорных прослоях, не затронутых карстовыми процессами. Водоносность таких линз невысокая; при дальнейшем углублении скважин и вскрытии нижележащего водоносного горизонта они нередко полностью дренируются. Особенно сильно дренированы верхний (седьмой) и средний (восьмой) горизонты.

Верхнекембрийские отложения в пределах месторождения представлены известково-глинистыми разностями и имеют мощность 5—30 м. Вскрывшие их скважины отличаются низкими удельными расходами воды (около 0,001 л/сек).

Среднеюрские угленосные отложения перекрывают сильно эродированную поверхность кембрийских пород. Послеюрская эрозия размывала угленосные осадки, сохранив их на положительных формах рельефа, поэтому в глубоких падах отложения продуктивной свиты отсутствуют. В составе средней юры прослеживаются два пласта угля — верхний, «Малый», и нижний, «Главный». Угольные пласты залегают на глубинах менее 30—65 м в основании песчано-алевролитовой продуктивной свиты, подстилаясь маломощными глинистыми породами безугольной свиты. Залегание пород практически горизонтальное, ложе угленосных отложений возвышается над Ангарой и ее притоками на 80—100 м и более, благодаря этому гидравлической связи между реками и водоносными горизонтами в породах средней юры нет.

Вмещающие пласты углей отложения содержат два водоносных горизонта. Верхний приурочен к перекрывающим уголь песчаникам, а нижний связан с трещиноватыми угольными пластами. Оба горизонта безнапорные, водоупорами служат аргиллиты и глинистые разности. Иногда на месторождении в надугольной толще прослеживаются не один, а два водоносных горизонта. Вследствие линзовидного залегания разделяющих их аргиллитов и наличия мелких нарушений водоносные горизонты гидравлически связаны между собой. Наиболее обводнены пласты углей и горизонты трещиноватых песчаников, откачки воды из которых показали

удельные расходы скважин 0,1—0,5 л/сек; удельные расходы выработок, вскрывших слаботрещиноватые песчаники или алевролиты, составляют 0,005—0,1 л/сек. Мощности водоносных горизонтов из-за фаціальной изменчивости юрских отложений варьируют в широких пределах (от 0,4 до 6 м), в среднем составляя 1—3 м.

Уровень залегания подземных вод определяется расчлененностью рельефа и глубиной эрозионного вреза, вследствие чего зеркало подземных вод в сглаженном виде повторяет формы рельефа. Обычно в падах и распадках водоносные горизонты залегают на глубинах не более 5—10 м, а на водораздельных пространствах — до 25—50 м. Водоносные горизонты в породах средней юры лежат практически горизонтально, от подземных вод нижнекембрийских отложений они изолированы глинистыми водоупорными породами безугольной свиты и многометровой толщиной нижнего кембрия.

Водоносными горизонтами, прослеживаемыми в песчаниках надугольной толщи, обуславливаются повышенные притоки воды в шахты во время проходки шахтных стволов; струевая течь после посадки лав и обильный капез с кровли выработок, вскрывающих пласт Малый. Нижний водоносный горизонт, приуроченный к трещиноватым угольным пластам, обладает менее устойчивым режимом. Его наличием вызывается обводнение забоев уклонов и горизонтальных горных выработок. Наиболее водонасыщенной является почва пласта Главного. По мере продвижения забоев водопроявления в угольных пластах уменьшаются и постепенно иссякают.

Режим подземных вод отложений средней юры находится в прямой зависимости от атмосферных осадков. Питание водоносных горизонтов местное, при этом оно осуществляется лишь в теплое время года: весной и, главным образом, летом. Периодическими наблюдениями в шахтах, а также на скважинах, колодцах и источниках установлено, что после дождей уровень подземных вод повышается (на 1—2 м), а водонасыщенность водоносных горизонтов увеличивается (откачки из колодцев дают увеличение расхода воды в 1,5—2 раза). Изменяется, хотя и незначительно, химизм подземных вод. Только на глубинах ниже 30—50 м, т. е. с удалением от области питания, режим подземных вод более стабильный.

Заметное влияние на водоносность юрских отложений в последние 20—25 лет начинает оказывать водоотлив из шахт. Этот искусственный дренаж на отдельных участках привел к осушению надугольных водоносных горизонтов и общему снижению уровня подземных вод. На площади шахтных полей, как это будет показано ниже, откачиваемые из шахт воды являются источником питания водоносных горизонтов продуктивной свиты.

Рыхлые отложения четвертичного возраста в пределах месторождения отличаются незначительной мощностью и крайне низкой водонасыщенностью. Воды этих отложений не оказывают влияния на водопитоки к горным выработкам.

#### Обводненность горных выработок

При характеристике обводненности шахт и разрезов Черемховского каменноугольного месторождения приходится пользоваться нерегулярными, в большинстве случаев периодическими наблюдениями. Многолетними наблюдениями за режимом водопитоков к горным выработкам месторождения не проводилось. Среднегодовые величины водопитоков определены лишь за отдельные годы для шахт им. Кирова, № 3, № 10/16, № 7 и № 8. Для остальных шахт нами использовались в качестве средних

величин водопритоков результаты замеров в осенний период (сентябрь—октябрь). Как показали сделанные для шахт им. Кирова, № 10/16 и № 7 сравнения, они очень близки к среднегодовым. Данные по водопритокам семи шахт и двух разрезов за 1950—1956 гг. сведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние водопритоки к горным выработкам Черемховского каменноугольного месторождения в м<sup>3</sup>/час\*

Шахты и разрезы	1950 г.	1951 г.	1952 г.	1953 г.	1954 г.	1955 г.	1956 г.
<b>Шахты:</b>							
№ 8	275	255	392	260	—	250	250
Им. Кирова	210	200	284	—	260	242	186
№ 3	46	45	53	48	—	—	50
№ 7	200	170	150	127	174	—	150
№ 6	—	—	—	60	11,7	20	17
№ 10/16	—	150	116	191	208	183	180
№ 5-бис	140	—	201	172	—	175	125
<b>Разрезы:</b>							
Храмцовский	—	—	—	—	—	—	—
1-2*	—	—	30	30	35	—	25
„Южный“	—	—	—	—	—	25	5

\* Данные по водопритокам за 1950—1955 гг. получены в результате обработки наблюдений шахтных геологов и геологов-углеразведчиков. Данные за 1956 г. представляют, главным образом, контрольные замеры водопритоков к горным выработкам в осенний период.

Обводненность шахт Черемховского месторождения зависит не столько от водообильности юрских отложений, сколько от неупорядоченности водоотливного и водоотводящего хозяйства шахт. На многих шахтах (№ 8, № 5-бис, № 7, № 5 и др.) отвод выдаваемых на-гора вод не организован; шахтные воды сбрасываются на поверхность отработанных полей, откуда они снова по трещинам обрушения попадают в горные выработки. Из-за такого кругооборота шахтных вод водопритоки к горным выработкам значительно больше, чем могли бы быть при отводе выкачиваемых вод за пределы шахтных полей. На некоторых шахтах (им. Кирова и № 10/16) повышенная обводненность объясняется закачкой в выработки большого количества воды для тушения подземных пожаров (в отдельные периоды на тушение пожаров идет вся откачиваемая из выработок вода).

Только небольшое число шахт, вернее шахтных участков, отличается повышенной водообильностью за счет собственно подземных вод, т. к. благодаря структуре юрских отложений и неровностям погребенного доюрского ложа в пологих мульдообразных складках породы являются сильно водонасыщенными. В случае отработки таких участков водопритоки в шахты заметно повышаются. По-видимому, высокий приток в шахту № 6 за 1953 г. (см. табл. 1) объясняется вскрытием и отработкой угля в мульдообразной складке. Аналогичные явления временного характера наблюдались на шахтах № 8 и № 10/16. Что касается мелких тектонических нарушений, встречаемых на некоторых шахтных полях, то существенного влияния на водообильность горных выработок они не оказывают.

Средние водопритоки в шахты и разрезы Черемховского каменноугольного месторождения, согласно имеющимся в нашем распоряжении замерам, составляют от 5—50 до 250—300 м<sup>3</sup>/час (см. табл. 1). В шахтах с более или менее упорядоченным отводом выкачиваемых вод,

т. е. при обводнении выработок, главным образом, за счет водоносных горизонтов среднеюрских отложений, даже при значительной длине горных выработок (до 18—20 км) водопритоки равны 20—100 м<sup>3</sup>/час (шахты № 6, № 3, «Мал. Артем»). При неорганизованном водоотводе или при искусственном закачивании воды на участки с подземными пожарами водопритоки в шахты достигают 150—300 м<sup>3</sup>/час. Таких шахт в г. Черемхово несколько, особенно плохо организован водоотвод на шахтах № 8, № 7 и № 5-бис. Водопритоки в открытые горные выработки разрезов до 3—5 км и более. Разрезы с длиной менее 1 км имеют водопритоки от 3—5 до 10—20 м<sup>3</sup>/час.

В прямой зависимости от величин водопритоков находятся коэффициенты водообильности. Для слабо обводненных шахт и разрезов, т. е. в случае обводнения горных выработок преимущественно за счет динамических запасов подземных вод, их средние значения равны 0,6—1,0. В шахтах с неупорядоченным водоотливом коэффициенты водообильности повышаются до 1,5—2,5, а в некоторых случаях достигают 4,0.

Большинство шахт Черемховского месторождения находится в эксплуатации более 20 лет, и горные выработки в них достигают двух десятков километров. По существу, депрессионные воронки вокруг шахт г. Черемхово сомкнулись друг с другом, отчего в последние годы наблюдается стабилизация водопритоков к горным выработкам. Более того, на давно действующих шахтах временами водопритоки даже уменьшаются (например, на шахте № 7). Повышение водопритоков от увеличения фронта горных работ имеет место, главным образом, на новых разрезах, заложенных вне пределов г. Черемхово, вдали от давно действующих шахт. Возрастание водопритоков на каждые пройденные 1000 м горных выработок в среднем составляет 2—15 м<sup>3</sup>/час для разрезов и 8—10 м<sup>3</sup>/час для шахт, повышаясь нередко для шахт с неупорядоченным водоотводом до 25—30 м<sup>3</sup>/час.

Изменение водопритоков в годовом разрезе можно иллюстрировать приводимыми ниже поквартальными данными по шахтам им. Кирова и № 10/16 за 1951 г. (табл. 2), заимствованными у геологов этих шахт. Как видно из табл. 2, наибольшие притоки в шахты наблюдаются во II и III кварталах, наименьшие — в I и IV кварталах.

Согласно периодическим наблюдениям, повышение водопритоков в горные выработки отмечается весной (конец марта — апрель) и летом, в период обильных дождей (июль — август). На шахтах им. Кирова и № 10/16 водопритоки весной по сравнению с концом зимы увеличиваются в 1,5—1,8 раза; летние дожди сказываются в шахтах с большим количеством воронок обрушения на поверхности или с наличием горных выработок под падями и распадками. Еще более резко снеготаяние и атмосферные осадки влияют на водопритоки к открытым горным выработкам. Например, на Ново-Гришевском разрезе весной притоки повышаются почти в 3 раза.

При сравнении Черемховского каменноугольного месторождения с другими угленосными районами Советского Союза, в частности с соседними месторождениями Иркутского бассейна, а также Кузбасса, Хакассии и Забайкалья, бросается в глаза простота его гидрогеологиче-

Таблица 2

Поквартальные водопритоки в шахты им. Кирова и № 10/16 за 1951 г. в м<sup>3</sup>/час

Шахты	I	II	III	IV
Им. Кирова	220	270	245	189
№ 10/16	127	195	151	126

ских условий. Обводненность месторождения относительно низкая и не ограничивает добычу каменного угля. И все же условия эксплуатации месторождения могут быть значительно упрощены, если правильно организовать отвод шахтных вод.

#### Условия осушения месторождения

Одним из наиболее рациональных способов осушения горных выработок Черемховского месторождения может служить сброс шахтных вод в подстилающие юру закарстованные породы известково-доломитовой толщи нижнего кембрия. Использовать этот способ пытались давно, но к практическому его применению приступили только в 1955—1956 гг., когда трестом «Иркутскуглеология» были проведены исследования водопоглощающих свойств закарстованных пород (пройдено 8 дренажных скважин) [11].

Работами треста «Иркутскуглеология» практически доказана возможность сброса шахтных вод в закарстованные породы нижнего кембрия. Одна из разведочных дренажных скважин на шахте № 10/16 превращена в эксплуатационную, и уже около двух лет в нее самотеком поступает часть выдаваемых из горных выработок шахтных вод.

Скважины бурились трестом «Иркутскуглеология» преимущественно на небольшую глубину, поэтому была изучена водопоглотительная способность лишь верхней части карбонатной толщи (до 100—150 м) на площади четырех шахт месторождения. В результате исследований сделан вывод, что интенсивно закарстованной является лишь юго-восточная часть месторождения, где попытка сброса шахтных вод в закарстованные породы дала положительные результаты (на шахте № 10/16 дренажные скважины показали водопоглощение в 50—120 м<sup>3</sup>/час). Центральная и северная части месторождения отнесены к незакарстованным или слабозакарстованным, т. е. скважины на разрезе «Храмцовский 1—2», шахтах им. Кирова и № 8 не встретили горизонтов с высокой водопоглотительной способностью. А это произошло потому, что скважины бурили с расчетом вскрыть, главным образом, неглубоко залегающие вертикальные карстовые полости, которые имеют крайне неравномерное размещение в известково-доломитовой толще. Так как места заложения скважин выбирались исключительно по экономическим соображениям (рядом с шахтным водоотливом), то легко понять, почему ими не были вскрыты карстовые полости зоны вертикальной циркуляции карстовых вод.

Между тем из анализа результатов проходки многочисленных скважин на площади Черемховского месторождения и в соседних районах (гидрогеологические скважины, пройденные Иркутским геологическим управлением, трестами «Востсибнефтегеология» и «Иркутскуглеология», Водхозом и экспедицией МОСГИДЭПа), а также по данным региональных гидрогеологических исследований 1956 г. устанавливается очень широкое распространение карста в окрестностях г. Черемхово. Так, высокие потери промывной воды и сильная закарстованность пород наблюдаются повсеместно при достижении скважинами отметок, отвечающих урезу воды в Ангаре и ее крупных притоках, т. е. в зоне горизонтальной циркуляции карстовых вод. (Кстати говоря, дренажные скважины на разрезе «Храмцовский 1—2», шахтах им. Кирова и № 8 не были доведены до этой закарстованной зоны). Выше уреза воды Ангары встречается большое количество карстовых полостей, приуроченных к горизонтам кавернозно-трещиноватых пород, содержащих ранее упомянутые выдержанные водоносные горизонты. Кроме того, повсеместно на площади месторождения и в соседних районах (долина р. Ноты, шахта

№ 8, Кабаново, Макарьевская падь, северо-восточнее Черемхово и т. д.) на небольших глубинах (30—60 м) вскрыты карстовые полости (правда, какой-либо закономерности в их размещении пока не выявлено). Поэтому говорить об узко локальном распространении карста в Черемховском районе не приходится. Карстовые полости в известково-доломитовом массиве района имеют широкое, хотя и весьма прихотливое, размещение.

Согласно фактическим данным, наибольшей закарстованностью при прочих равных условиях обладают: 1) горизонты кавернозных и трещиноватых карбонатных пород, к которым приурочены пространственно выдержанные водоносные горизонты; 2) породы в области горизонтальной циркуляции вод, у нижней границы зоны дренажа; 3) толщи карбонатных пород под вершинами и днищами падей (области вертикальной циркуляции карстовых вод); 4) участки положительных геологических структур, характеризующиеся значительной трещиноватостью пород.

Среди пород известково-доломитовой толщи Ангарской свиты в качестве коллекторов для сброса шахтных вод могут быть использованы как вертикальные, так и горизонтальные полости. Следует, однако, отметить, что те и другие отличаются большим разнообразием в величинах водопоглотительной способности, которая зависит здесь от многих причин (заполнения карстовых каверн глинистым материалом, наличия в известково-доломитовой толще некарстующихся прослоев и т. д.).

Водопоглощающими скважинами, предназначенными для сброса шахтных вод, необходимо вскрыть один или несколько закарстованных участков. Вертикальные карстовые каналы могут быть подсечены скважинами на небольших глубинах (иногда 30—60 м), но их отыскание при помощи буровой разведки является очень трудным делом. Лучшие результаты при выявлении вертикальных карстовых полостей могут дать геофизические методы разведки, об использовании которых неоднократно поднимался вопрос гидрогеологами и горняками [7, 11, 14]. Опытные электроразведочные работы, осуществленные в 1956 г. совместно Иркутским геологическим управлением и Институтом геологии ВСФАН СССР, дали положительные результаты пока только при выявлении больших карстовых полостей; небольшие пустоты геофизическими методами обнаруживались с трудом.

Не менее интенсивны по водопоглощению сравнительно выдержанные горизонтальные карстовые каналы в зоне дренажа (дренированные водоносные горизонты, связанные с определенными стратиграфическими пачками) или у нижней ее границы (зона горизонтальной циркуляции карстовых вод на отметках уровня р. Ангары). Правда, эти водопоглощающие каналы залегают на относительно больших глубинах (до 200—220 м), но зато развиты на значительной площади и сравнительно просто обнаруживаются скважинами.

В пределах шахтных полей Черемховского месторождения, под юрскими отложениями, известково-доломитовая толща обычно содержит меньше вертикальных карстовых каналов, чем горизонтальных. Последние на площади месторождения так же распространены, как и за его пределами.

Первой от дневной поверхности, относительно выдержанной по площади горизонтальной карстовой зоной может служить верхний (седьмой) водоносный горизонт в отложениях Ангарской свиты, залегающий в районе г. Черемхово и его окрестностях на глубинах от 20—50 м до 80—100 м. Однако водопоглотительная способность этого горизонта изменяется в широких пределах, отличаясь, в общем, невысокими значениями. Так, на разрезе «Храмцовский 1—2», по данным Е. М. Бондаренко

[11], горизонт поглощал от 5—8 до 25 м<sup>3</sup>/час, в районе разреза «Южный» — около 25 м<sup>3</sup>/час и т. д.

Повышенной водопоглотительной способностью обладает средний (восьмой) водоносный горизонт в отложениях Ангарской свиты, находящийся примерно на 100 м ниже верхнего. Этот водоносным горизонтом поглощается до 120 м<sup>3</sup>/час на шахте № 10/16. Его высокая водопоглотительная способность выявлена и в других местах (у ст. Половина и юго-западнее г. Черемхово).

О водопоглотительной способности нижнего (девятого) водоносного горизонта, залегающего в породах Ангарской свиты в Черемховском районе, сведений нет.

Сильно закарстована карбонатная толща у нижней границы зоны дренажа на глубинах около 200 м. При вскрытии этой зоны скважины обычно теряют всю промывную воду и водопоглощение часто достигает 25—50 м<sup>3</sup>/час. Такие наблюдения имеются как по самому Черемховскому месторождению, так и по районам вне его пределов. Особенно высокое водопоглощение отмечается в приангарской полосе (до 150 м<sup>3</sup>/час).

Нами приводятся примерные глубины залегания водопоглощающих горизонтов для некоторых шахт Черемховского месторождения (табл. 3). К сожалению, имеющийся фактический материал не позволяет дать более или менее точных величин водопоглотительной способности скважин. Но следует иметь в виду, что большим водопоглощением будут отличаться те участки и горизонты, закарстованность которых обуславливается не одной, а несколькими причинами. Так, в районе шахты № 10/16 повышенная водопоглотительная способность вызвана наличием водоносного горизонта в куполовидном поднятии, благодаря чему здесь породы сильно трещиноваты. Непосредственно под г. Черемхово на абсолютных отметках 385—420 м, вследствие совпадения среднего водоносного горизонта пород Ангарской свиты с зоной горизонтальной циркуляции карстовых вод (табл. 3), также следует ожидать повышенной водопоглотительной способности карбонатных пород нижнего кембрия.

Таблица 3  
Примерные глубины залегания водопоглощающих горизонтов на некоторых шахтах Черемховского месторождения в м

Шахты	Средний водоносный горизонт в породах нижнего кембрия		Зона горизонтальной циркуляции карстовых вод	
	абс. отметка	глубина	абс. отметка	глубина
№ 8	350—375	235	380—405	200
Им. Кирова	370—395	175	385—410	160
№ 3	400—425	160	390—415	170
№ 10/16	445—470	110	395—420	185

Для сброса шахтных вод в подстилающие юру закарстованные породы дренажные скважины должны быть достаточно большого диаметра и предварительно проторпедированы, что значительно повысит их пропускную способность. Необходимо также устройство отстойников, через которые должны пропускаться шахтные воды перед поступлением в дренажные скважины. Недоучет этого привел к тому, что на шахте № 10/16 одна из дренажных скважин после непродолжительной ее эксплуатации закольматировалась и вышла из строя. Для удешевления водоотлива дренажные скважины рекомендуется бурить прямо из горных выработок, а не с поверхности. В этом случае отпадет необходимость выдавать шахтные воды на поверхность.

Загрязнение подземных вод нижнекембрийских отложений шахтными водами полностью исключается, т. к., во-первых, шахтные воды отличаются удовлетворительными санитарными качествами и, во-вторых, общее количество воды, откачиваемое из шахт г. Черемхово, в сравнении с запасами подземных вод нижнекембрийских отложений очень незначительно.

Благоприятные геологические условия и широкое развитие карста на площади Черемховского месторождения открывают возможность осушения не только отдельных шахт, но и месторождения в целом путем сброса шахтных вод в нижележащие закарстованные породы. Целесообразность этого способа должна показать будущие геолого-гидрогеологические исследования и экономические расчеты.

Идея сброса шахтных вод Черемховского каменноугольного месторождения в нижележащие карстовые полости имеет уже двадцатилетнюю давность, но осуществление ее только начато. По предварительным подсчетам, предлагаемый способ осушения горных выработок по сравнению с существующим дал бы тресту «Черемховуголь» сотни тысяч рублей экономии в год. Приведенный материал позволяет говорить о настоятельной необходимости внедрения в практику вертикального дренажа горных выработок как одного из крупных резервов экономии средств, затрачиваемых на шахтный водоотлив. Сброс шахтных вод в закарстованные породы значительно понизит стоимость каменного угля и улучшит условия работы в большинстве шахт месторождения.

Восточно-Сибирский филиал  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
24/VIII 1957

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К. И. Богданович, Материалы по геологии и полезным ископаемым Иркутской губернии. Геол. исслед. и развед. работы по линии Сибирской ж. д., вып. II, Спб, 1896.
2. К. Е. Габунья, Касьяново-Гришевское месторождение Черемховского угленосного бассейна. Изв. Сиб. отд. Геол. комитета, т. II, вып. 3, 1921.
3. Л. П. Гюитер, Краткий очерк состояния водоснабжения Черемховского угленосного участка. Тр. Иркутского ун-та, т. XIII, 1927.
4. Я. И. Зарубинский, Е. М. Бондаренко, Т. А. Русиновская, Гидрогеологические условия угольных месторождений Восточной Сибири. Материалы по подземным водам Вост. Сибири, Иркутск, 1957.
5. Е. В. Пиннекер, Гидрогеологические условия Черемховского Приангарья. Тезисы докл. на III конф. молодых научн. работи. ВСФАН СССР, Иркутск, 1957.
6. М. Н. Тешлер, Отчет о работах, проведенных Черемховской гидрогеологической партией в 1938 году. Фонды Ирк. геол. упр., 1940.
7. Н. И. Толстихин, В. Т. Коротков, В. Д. Ломтадзе, Сводный очерк по гидрогеологии Черемховского месторождения. Фонды комбината «Востсибуголь», 1944.
8. А. Н. Золотов, Геологическое строение и перспективы нефтеносности Забитуй-Кутуликского района. Фонды Ирк. геол. упр., 1954.
9. А. Н. Золотов, Водоносность и геохимия вод толщ осадочных отложений ЮЗ части Иркутского амфитеатра. Фонды Ирк. геол. упр., 1955.
10. З. П. Зернова, Бархатовская ГЭС на р. Ангаре. Отчет об инженерно-геологических изысканиях. Фонды Вост.-Сиб. эксп. МОСГИДЭПа, 1955.
11. Е. М. Бондаренко, Отчет по исследованию водопоглощающей способности известково-доломитовой толщи на Черемховском каменноугольном месторождении Иркутского бассейна. Фонды треста «Иркутскуглеология», 1957.
12. Г. Б. Пальшин, Е. К. Гречищев, Н. П. Ладохин и др., Братская ГЭС на р. Ангара. Инженерно-геологические условия верхнего участка водохранилища, т. I. Фонды Вост.-Сиб. филиала АН СССР, 1957.
13. Стратиграфический словарь СССР. Госгеолтехиздат, 1956.
14. В. Г. Ткачук, Подземные воды Ангаро-Окинского междуречья и их стратификация. Материалы по подземным водам Вост. Сибири, Иркутск, 1957.

Г. Ф. ПАТРИЕВСКАЯ

ВЛИЯНИЕ ВЕСЕННИХ И ОСЕННИХ УДОБРЕНИЙ И ПАЛОВ  
НА  
НЕКОТОРЫЕ ЛУГОВЫЕ ФОРМАЦИИ ПРИХАНКАЙСКОЙ  
РАВНИНЫ

На равнинных пространствах Приморского края насчитывается до полутора миллионов гектаров сенокосов и пастбищ. Средняя производительность сенокосов — 7—16 ц сена с га. В настоящее время в связи с более интенсивным развитием животноводства встал вопрос об улучшении естественных лугов. Для выяснения причин низкой урожайности лугов нами изучались наиболее широко распространенные сообщества на Приханкайской, или, иначе, Суйфуно-Ханкайской, равнине. Мы наблюдали за сезонным развитием каждого вида в них с составлением фенологических спектров по методике А. П. Шенникова [1], учитывали прирост травяной массы в течение всего лета и урожайность (ближе к биологической) этих лугов. Изучалось изменение влажности трех верхних горизонтов почвы. Был произведен химический анализ почв. Биохимический анализ отдельных видов растений в разные фенологические фазы развития выполнен в Дальневосточном филиале АН СССР.

Опыты с удобрениями и палом были поставлены нами летом в 1954 и 1955 гг. на лугах колхоза им. Ильича, расположенного на Приханкайской равнине.

Климат Приханкайской равнины, сохраняя общие для всего края черты (муссонность, резкие колебания температур), имеет свои особенности. Большую роль в жизни растений равнины играет сочетание низких зимних температур с почти полным отсутствием снежного покрова. По данным Владивостокской гидрометеообсерватории, средняя температура декабря — января 1954—1955 гг. минус 16—18°. Сильные ветры (до — 14 м/сек и больше) часто совсем сдувают снег с поверхности, и почва промерзает на глубину до 2 м. Такие суровые зимы выдерживают далеко не все виды луговых растений. Весна затяжная и холодная. Период весны от набухания почек до раскрытия листьев в Приморье продолжается 2—3 недели, тогда как в центральных областях Европейской части Советского Союза — несколько дней. Низкая температура воздуха от +3, +10° до —8°, часто почвенная засуха в сочетании с мерзлой подпочвой — все это задерживает весеннее развитие растений. Лето на Приханкайской равнине жаркое, с высокой относительной влажностью воздуха (70—90%). Обилие осадков летом часто приводит к наводнениям.

По вопросам генезиса почв равнин Дальнего Востока среди ученых до сих пор нет единого мнения. В 1946 г. Ю. А. Ливеровским [2] были описаны солонцевато-солончаковые осолоделые почвы Приханкайской равнины, т. е. почвы, соответствующие влажной фации лесостепи или прерии. Ю. А. Ливеровский и А. П. Рубцова [3] называют такого типа почвы луговыми, темноцветными. Суть не в названии, а в том, были ли эти почвы под лесом или нет, имеем ли мы дело с лугами или степью.

Раньше большинство авторов (Д. В. Иванов [4], К. Д. Глинка [5], Н. И. Прохоров [6]) указывало на болотный, подзолистый и дерново-подзолистый типы почвообразования. В настоящее время этой точки зрения придерживаются А. А. Хантулев [7] и другие. А. А. Хантулев утверждает, что на Суйфуно-Ханкайской равнине не было процесса остепнения и осолодения почв, так как при их тяжелом механическом составе должны были сохраниться следы прошлого засоления. Однако автор допускает, что сейчас наблюдается слабое развитие солончаковых явлений.

В настоящее время Приханкайская равнина большей частью распахана и представляет собой почти безлесное пространство. Лишь на предгорьях и небольших возвышенностях осталось изреженное мелколесье из *Quercus mongolica* Fisch, *Tilia amurensis* Kom., *T. manshurica* Rupr. et Maxim. и *Acer mono* Max. В западной части равнины в лесных формациях играет большую роль *Betula dahurica* Pall. Увалы, пологие предгорные шлейфы и высокие геоморфологические уровни равнины заняты арундинелловыми лугами (*Arundinella anomala* Steud.). В отрицательных элементах рельефа широко распространены веиниковые луга (*Calamagrostis Langsdorffii* Trin.). На средних геоморфологических уровнях равнины господствуют полевицевые луга (*Agrostis Trinii* Turcz.). В луговых сообществах наряду с широколиственными мезофитами и гигрофитами уживаются настоящие ксерофиты.

Характеристика типов лугов

Опыты с осенними удобрениями были поставлены на арундинелловом с примесью келерии лугу. Эти луга имеют дерново-слабоподзоленные с иллювиальным гумусовым горизонтом почвы на Ханкайских глинах. По нашим данным, эти почвы характеризуются кислой реакцией (рН-5), малым содержанием фосфора (3 мг на 100 г почвы) и калия (9,5 мг на 100 г почвы). Следует отметить очень высокое содержание гумуса в верхнем горизонте А<sub>1</sub> (8,4%) (табл. 1).

Таблица 1

Данные химического анализа почвы (1955 г.)

Название ассоциации	Название почвы	Глубина взятия образца, см	рН (солевое)	Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> по Кирсанову, мг на 100 г почвы	Калий по Пейве, мг на 100 г почвы	Гумус по Тюрину, %
Арундинелловая с примесью келерии	Дерново-слабоподзоленная с иллювиал. гумус. горизонтом	А <sub>1</sub> 0—18	5,07	3	9,5	8,4
		А <sub>2</sub> 19—34	5,05	2,5	6,3	2,5
		В 35—50	4,8	1,5	—	1,3

Наблюдения за влажностью почвы дали следующие результаты. В течение лета влажность верхних горизонтов резко колебалась, но была довольно высокой. В сухое время лета, в июне, влажность горизонта А<sub>1</sub> достигала 30—40%, уменьшаясь по профилю до 25—27%. С первыми дождями она возросла до 60%, а в июле почти две недели на поверхности лугов стояла вода и верхние горизонты долгое время были сильно переувлажнены.

Для арундинеллового с примесью келерии луга характерна большая видовая насыщенность: до 40 видов в сообществе. С начала июня, в стадии середины фенологической весны, общий зеленый тон травостоя разнообразится желтыми цветками лютика (*Ranunculus japonicus* Thunb.) и крестовника (*Senecio campestris* (Retz) D. C.) вместе с синими цветами



сибирского касатика (*Iris sibirica* L.). В стадию конца фенологической весны и начала лета, с середины июня, колосится и цветет келерия (*Koeleria gracilis* Pers.), которая вместе с другими злаками придает травостой красивый серебристый оттенок. На первый взгляд создается впечатление келериевой степи, но при более близком рассмотрении выявляется экологическая пестрота ее компонентов. Настоящим эдификатором является мезофильный злак — арундинелла, которая в этот период находится еще в вегетативном состоянии. Одним из факторов, объясняющих экологическую неоднородность травостоя, является очень резкое непостоянство во увлажнении почвы. В стадию разгара лета, с половины июля, картина совершенно меняется. Обилие тепла и влаги вызывает буйный рост травостоя. Цветут почти все виды разнотравья: арундинелла, зверобой (*Hypericum ascyron* L.), девясил китайский (*Inula chinensis* Kom.), лилии (*Lilium callosum* S. et Z.), ангелика (*Angelica viridiflora* Max.), астры (*Aster fastigiatus* F. et M.), тысячелистник (*Achillea sibirica* Ldb.), кровохлебка (*Sanguisorba media* R. I.), патриния (*Patrinia scabiosaefolia* Link.). Такая смена аспектов является характерной для большинства ассоциаций арундинелловой формации. На рис. 1 изображен фенологический спектр арундинелловой с примесью келерии ассоциации за 1955 г. (контроль).

Ширина полосок видовых спектров на рисунке соответствует проценту встречаемости вида, ширина полосок генеративной фазы — проценту встречаемости генеративных побегов. Сезонные стадии луга: середина весны (III), конца весны — начала лета (IV), разгара лета (V). Фенологические фазы: а — вегетативная, б — бутонизация, в — цветения, г — созревания семян, д — обсеменения, е — отмирания. Виды: 1 — *Carex montana* L., 2 — *Taraxacum mongholicum* Hand. Mazz., 3 — *Iris sibirica* L. var. *orientalis* Thunb., 4 — *Potentilla fragarioides* L., 5 — *Poa pratensis* L., 6 — *Primula patens* Turcz., 7 — *Ranunculus japonicus* Thunb., 8 — *Senecio campestris* (Retz.) DC., 9 — *Viola Patrini* DC., 10 — *Vicia amoena* Fischer, 11 — *Valeriana alternifolia* Ldb., 12 — *Hemerocallis flava* L., 13 — *Koeleria gracilis* Pers., 14 — *Agrostis Trinii* Turcz., 15 — *Festuca rubra* L., 16 — *Gallium verum* L., 17 — *Inula chinensis* Kom., 18 — *Lilium callosum* S. et Z., 19 — *Patrinia scabiosaefolia* Link., 20 — *Lythrum salicaria* L., 21 — *Calamagrostis epigeios* Roth., 22 — *Trifolium lupinaster* L., 23 — *Cynanchum amplexicaule* Hemsley., 24 — *Veronica longifolia* L., 25 — *Dianthus chinensis* L., 26 — *Hypericum ascyron* L., 27 — *Habenaria linearifolia* Max., 28 — *Sanguisorba media* R. I., 29 — *Arundinella anomala* Steud., 30 — *Lespedeza striata* Hook. et Arn., 31 — *Achillea sibirica* Ldb., 32 — *Angelica viridiflora* Max., 33 — *Artemisia manshurica* Kom., 34 — *Artemisia stolonifera* Max., 35 — *Aster fastigiatus* F. et M., 36 — *Eupatorium Kirilovi* Turcz., 37 — *Artemisia laciniata* Willd., 38 — *Anemone dichotoma* L., 39 — *Equisetum arvense* L., 40 — *Phragmites communis* Trin., 41 — *Saussurea amurensis* Turcz.

В течение вегетационного периода изменяется не только внешний облик травостоя, но и все строение сообщества, количество и качество травянистой массы. Для правильного использования луга очень важно знать ход роста травостоя.

Для арундинелловой с примесью келерии ассоциации характерны два максимума прироста травостоя (см. табл. 5). Первый максимум, в июне, связан с цветением *Koeleria gracilis* Pers., второй отмечен в стадии разгара лета, в августе, когда достигают своего полного развития арундинелла и крупностебельное разнотравье (кровохлебка, патриния и др.). В конце июня в крае обычно начинается сенокосение. К этому сроку арундинелловые луга в среднем дают не более 50% возможной травянистой массы. Основную массу сена составляют разнотравье и осоки (60%) (табл. 2).

Таблица 2  
Урожайность в ц/га и агроботанический состав в % сена арундинеллового с примесью келерии луга в разные сроки сенокосения (1955 г.)

Дата	Злаки	Разнотравье	Осоки	Побочные	Общая урожайность
25/VI	39	49	12	Следы	16,7
25/VII	53	32	14	1	24,6

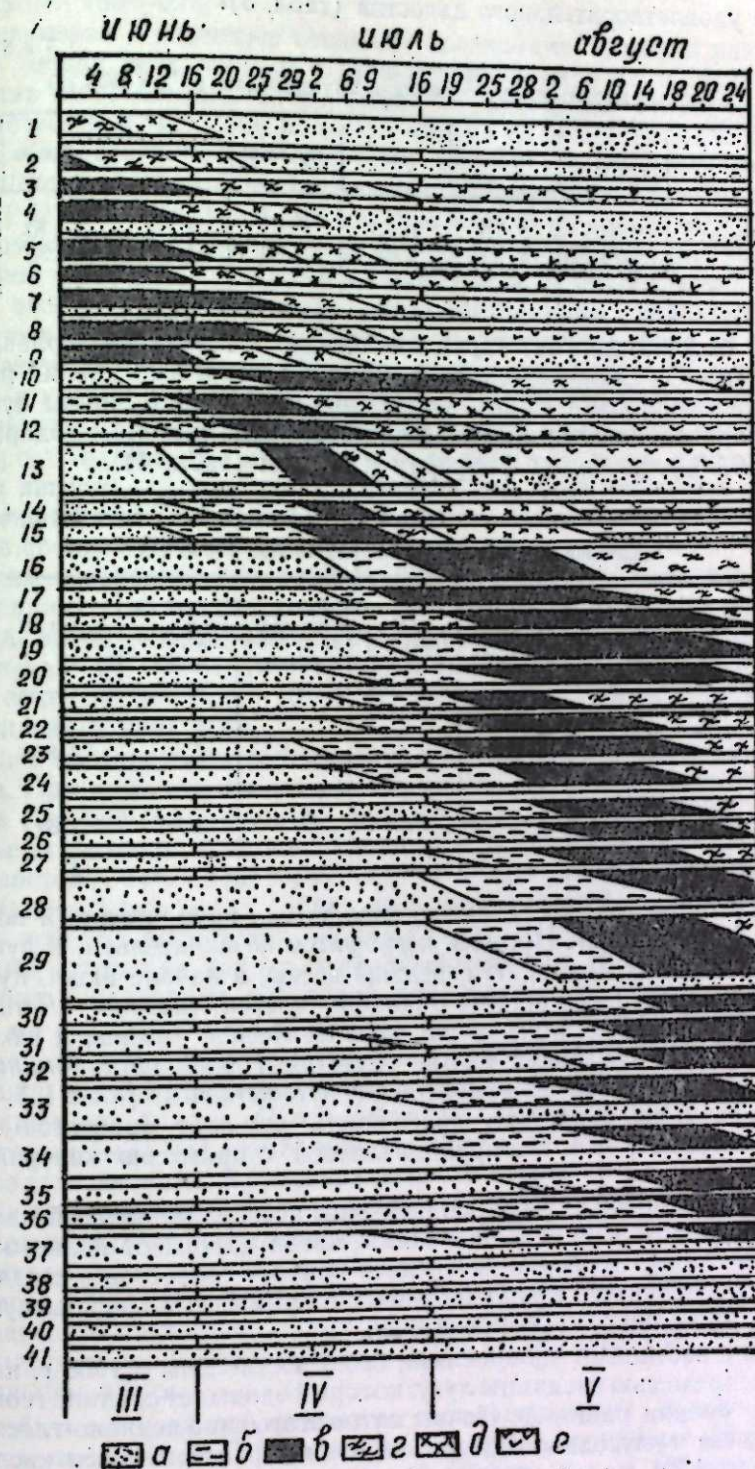


Рис. 1.

Уборка арундинелловых лугов в фазе колошения арундинеллы дает сено еще удовлетворительного качества (табл. 3).

Таблица 3  
Данные биохимического анализа арундинеллы в % (1955 г.)

Фенофаза	Дата	Влага	Зола	Протеин	Жир	Клетчатка	Безазотист. экстр. вещества
До колошения Колошение	2 /VI	7,35	6,50	6,95	1,90	27,40	57,25
	28/VII	7,45	4,46	5,80	1,53	27,20	61,01

Палу был подвергнут арундинелловый с примесью полевицы луг (около 2 га). Он занимает высокие геоморфологические уровни равнины, как и арундинелловая с примесью келерии ассоциация. Почвы лугов этого типа характеризуются кислой реакцией, очень высоким содержанием гумуса (10,8%), но бедны фосфором и калием (табл. 4).

Таблица 4  
Данные химического анализа почвы (1955 г.)

Название почвы	Глубина взятия образца, см	pH (солевое)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> по Кирсанову, мг на 100 г почвы	Калий по Пейве, мг на 100 г почвы	Гумус по Тюрину, %
Дерново-среднеоподзоленная с иллювиальным гумусовым горизонтом	A <sub>1</sub> 0—14	4,67	3,5	6,3	10,88
	A <sub>2</sub> 14—30	5,05	2	4,75	3,67

Основу травостоя составляют мезофиты: арундинелла и полевица (*Agrostis Trinii* Turcz.). Примесь ксерофитов незначительна, и луг имеет мезофильный облик. В стадию середины весны, в начале июня, луг серо-желтый от прошлогодней ветоши и обилия цветов лютика (*Ranunculus japonicus* Thunb.). В стадию конца фенологической весны, в июле, над всем травостоем возвышаются белые соцветия горлец (*Polygonum alopercuroides* Turcz.) и желтые — красочвет (*Hemerocallis flava* L.). В стадию разгара лета, в августе, красочность придают травостою те же виды разнотравья; что и в арундинелловой с примесью келерии ассоциации.

В арундинелловой с примесью полевицы ассоциации первый максимум прироста приходится на середину весны, когда достигают полного развития весенние виды. Особенно интенсивен прирост травостоя в стадию разгара лета. Урожайность арундинелловых с примесью полевицы лугов колеблется в пределах 15—16 ц сена с га.

Опыты с весенними удобрениями были поставлены в 1955 г. на полевице с примесью овсяницы лугу, который занимает средние геоморфологические уровни равнины. Почвы лугов этого типа дерново-глеватые с иллювиальным гумусовым горизонтом. Они характеризуются кислой реакцией (pH—4,8), малым запасом фосфора (4,5 мг на 100 г почвы) и калия (9,5 мг на 100 г почвы) и большой гумусностью верхнего горизонта A<sub>1</sub> (8,5%). Влажность этих почв несколько больше, чем почв арундинелловых лугов. Особенно резкие колебания влажности (от 40 до 80%) испытывал верхний горизонт A<sub>1</sub>. В июле вода более двух недель стояла на по-

верхности луга, после этого верхний горизонт долгое время был сильно переувлажнен (80—60%).

Полевицевая с примесью овсяницы ассоциация является как бы переходной между вейниковыми и арундинелловыми лугами. Флористический состав этого сообщества поражает экологической неоднородностью видов растений. В довольно большом обилии встречается вейник Лангсдорфа (*Calamagrostis Langsdorffii* Trin). Наряду с арундинеллой, калужница (*Caltha palustris* L.) растет рядом с крестовником (*Senecio campestris* (Retz) D. C.). Объяснить это явление можно не только резким непостоянством в увлажнении, но и переходными условиями существования и, в некоторой степени, неровностью микрорельефа. В стадию конца фенологической весны, с середины июня, наблюдается очень характерный для полевицевых лугов аспект: на серебристо-коричневом фоне от метелок злаков всюду видны желтые большие цветы красочвета (*Hemerocallis flava* L.) и крупные синие цветы сибирского касатика. В стадию разгара лета, в августе, луг пестрый от многочисленного цветущего разнотравья.

Прирост травянистой массы почти все лето идет очень интенсивно, но в начале августа наблюдается его уменьшение. При обычных для края сроках сенокосения эти луга дают хорошее по питательности сено при урожае в среднем 15 ц/га.

Общим признаком почвенных разностей названных выше типов лугов является наличие второго иллювиального гумусового горизонта на глубине 30—50 см. И. И. Томашевский [8] объясняет это болотным происхождением этих почв с последующим оподзоливанием их под лесом. По-видимому, высокое содержание гумуса (8—10%) также можно объяснить болотным происхождением этих почв.

Общим явлением для всех лугов в годы наблюдений было летнее наводнение. При весенних половодьях многих рек луга затопляются в период, когда еще нет вегетирующих растений. На Приханкайской равнине половодье не весеннее, а летнее. В июле 1955 г. вода затопила луга с высоким травостоем, когда некоторые виды уже цвели. Почти две недели на сухих арундинелловых лугах стояла вода глубиной от 5 до 15 см. Следует отметить, что она была очень теплой (около 19—20°). Рядом с арундинелловыми лугами на тех же геоморфологических уровнях была посеяна пшеница. Оказавшись под водой, она целиком погибла.

Как же реагировали на затопление луговые растения? Луга по-прежнему зеленели и пестрели цветами, хотя некоторое наводнение все же оставило на них. Растения, которые целиком оказались под водой, погибли, например фиалка (*Viola Patrini* D. C.) и др. У растений, нижние части которых были под водой, опадали листья. Во всех ассоциациях сильно пострадала келерия. Арундинелла после спада воды имела свежую зелень вегетативных побегов и продолжала развиваться нормально, как и большинство других корневищных видов. 47% видов на приханкайских лугах составляют корневищные растения, что говорит о некоторой приспособленности этих лугов к периодическим затоплениям. Анализ хода прироста травостоя показывает, что в определенные периоды прирост травянистой массы резко уменьшался (см. табл. 5), по-видимому, это связано с затоплением лугов.

Одной из особенностей фенологии дальневосточных лугов является длительное цветение. А. П. Шенников [1, 9] приводит кривые цветения для волжских лугов, для лугов Вологодской области и т. д. Общим для этих лугов является то, что увеличение числа цветущих видов происходит быстро, непродолжительный период апогея цветения сменяется растянутым периодом медленного затухания к концу августа. У дальневосточных же лугов — два максимума цветения. По-видимому, наличие двух

максимумов цветения — результат формирования растительности под влиянием затопления после муссонных ливней. Происходит отбор двух групп растений. Одна группа — весенняя — состоит из более сухолюбивых видов во главе с келерней и успевает дать первый максимум массы, лишь частично переживая летнее наводнение. Вторая группа — из видов, развивающихся позже, более влаголюбивых, приспособленных к периодическому затоплению. Весенние виды, отцветая, вероятно, дали бы нормальную кривую цветения, но на нее накладывается новая волна цветущих растений с максимумом в августе. Кривые цветения арундинелловых и полевищевых лугов (1955 г.) изображены на рис. 2.



Рис. 2.

### Влияние удобрений

Полное минеральное удобрение (N — 2 ц; P — 2,5 ц; K — 2 ц) было внесено осенью 1954 г. на 2 га арундинеллового с примесью келерни луга, вручную, поверхностно. На другие 2 га был внесен только суперфосфат. Уже на следующий год удобрение оказало заметное влияние на почву и растительность. На удобренном NPK участке луга содержание калия в почве возросло в 7 раз, фосфора — в 6 раз по сравнению с контрольным участком.

Из сравнения фенологических спектров (рис. 1 и 3) видно, что обилие (по встречаемости) почти всех видов стало значительно большим, особенно злаков и бобовых, например полевицы (*Agrostis Trinii* Turcz.), вики (*Vicia amoena* Fischer) и клевера (*Trifolium lupinaster* L.). Такие виды разнотравья, как горлец (*Polygonum alopecuroides* Turcz.), подмаренник (*Galium boreale* L.), герань (*Geranium Wlasovianum* Fischer), зюзник (*Lycopus lucidus* Turcz.), под влиянием удобрения тоже достигли большого обилия. Это виды, характерные для более влажных почв, чем почвы арундинелловых с примесью келерни лугов. На рис. 3 дан фенологический спектр арундинелловой с примесью келерни ассоциации за 1955 г. (опыт с NPK).

На удобренном участке меньше стало ксерофильных полыней. Резко изменилось соотношение между экологическими группами видов. Стали

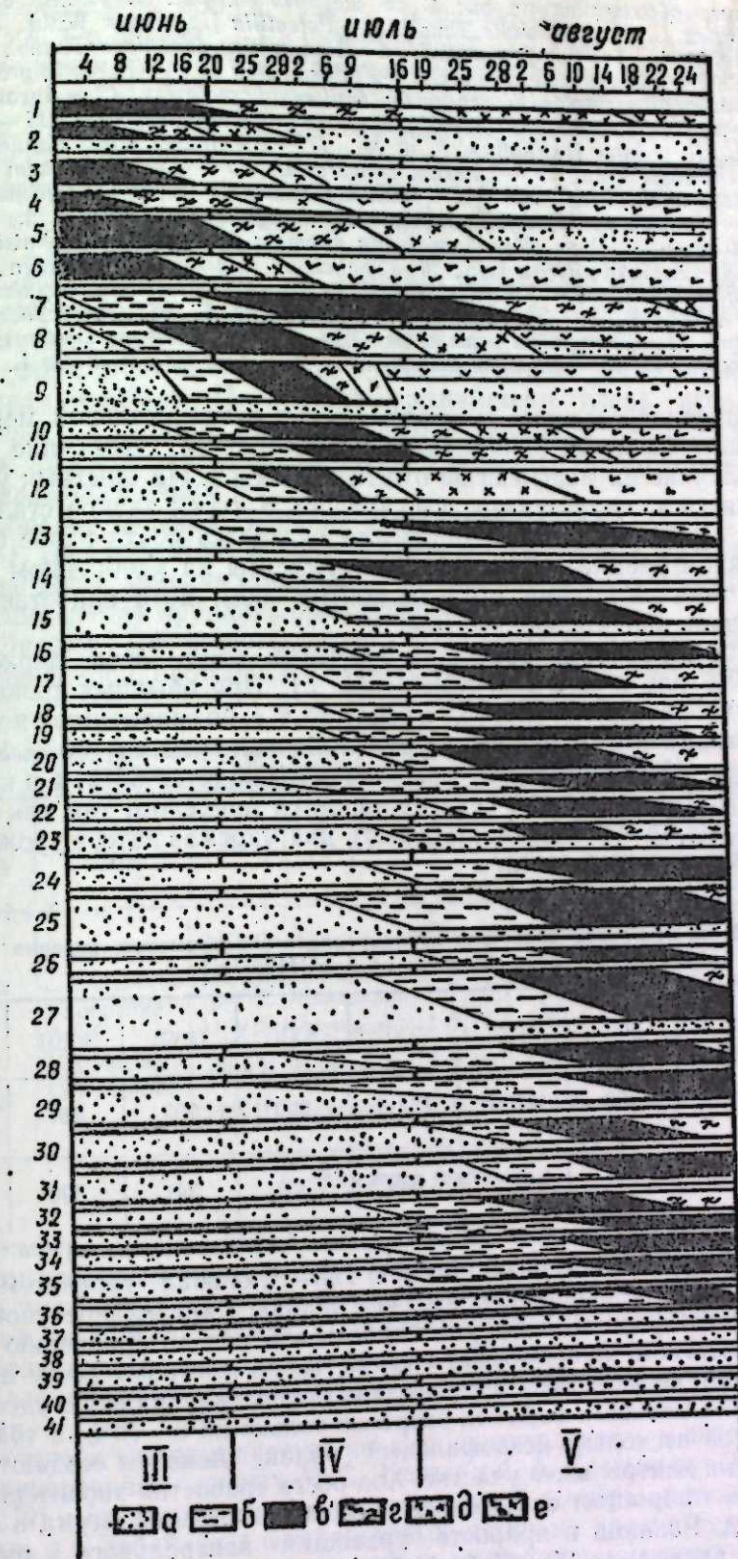


Рис. 3.

Условные обозначения на рис. 3 те же, что на рис. 1. Виды следующие: 1 — *Iris sibirica* L. var. *orientalis* Thunb., 2 — *Potentilla flagellaris* Willd., 3 — *Potentilla fragarioides* L., 4 — *Poa pratensis* L., 5 — *Ranunculus japonicus* Thunb., 6 — *Viola Patrini* D. C., 7 — *Vicia amoena* Fischer, 8 — *Festuca rubra* L., 9 — *Koeleria gracilis* Pers., 10 — *Polygonum alopecuroides* Turcz., 11 — *Galium boreale* L., 12 — *Agrostis Trinii* Turcz., 13 — *Cunanchum amplexicaule* Hemsley, 14 — *Galium verum* L., 15 — *Trifolium lupinaster* L., 16 — *Aster fastigiatus* F. et M., 17 — *Geranium Wlasovianum* Fischer, 18 — *Inula chinensis* Kom., 19 — *Lythrum salicaria* L., 20 — *Lilium callosum* S. et Z., 21 — *Artemisia manshurica* Kom., 22 — *Dianthus chinensis* L., 23 — *Lycopus lucidus* Turcz., 24 — *Patrinia scabiosaefolia* Link., 25 — *Sanguisorba media* R. I., 26 — *Spiranthes australis* L. C. Rich., 27 — *Arundinella anomala* Steud., 28 — *Artemisia stolonifera* Max., 29 — *Achillea sibirica* Ldb., 30 — *Thalictrum chinense* (Rgl.) Freyn., 31 — *Angelica viridiflora* Max., 32 — *Veronica longifolia* L., 33 — *Artemisia laciniata* Willd., 34 — *Sedum Aizoon* L., 35 — *Artemisia lavandulaefolia* D. C., 36 — *Lespedeza striata* Hook. et Arn., 37 — *Phragmites communis* Trin., 38 — *Saussurea amurensis* Turcz., 39 — *Salix repens* L., 40 — *Anemone dichotoma* L., 41 — *Spiraea salicifolia* L.

обильны широколиственные мезофиты, и луг в значительной мере потерял свой ксерофильный облик. Полное минеральное удобрение оказало большое влияние на морфологию отдельных видов. На опытных участках размеры листьев значительно увеличились, а кусты злаков стали более мощными. Средняя высота арундинеллы оказалась почти вдвое большей на удобренном участке, чем в контроле. Аспекты на удобренном участке создаются теми же видами, что и на контрольном, хотя зацветает большинство видов значительно раньше.

Разница в приросте травостоя в течение всего лета держится на уровне 100% или немного меньше (табл. 5). При обычных сроках сенокосения удобренный луг дал 33,9 ц сена с га, т. е. по сравнению с контрольными участками (16 ц) прибавка урожая больше, чем на 100%. Улучшилось и качество травостоя: на долю злаков приходится 65%, а в контроле только 38%. Такой урожай сена не является пределом, так как ежегодное удобрение даст возможность делать два укоса за лето, и урожай сена может значительно возрасти.

Таблица 5

Влияние NPK на ход роста травостоя арундинеллового с примесью келерии луга в сухого вещества на 1 м<sup>2</sup> (1955 г.)

Вариант опыта	4/VI	13/VI	25/VI	6/VII	25/VII	4/VIII	16/VII
Контроль	80	117,64	154,2	240	203	267	240
Удобрение NPK	144	240,44	339	360	341	590	480

Суперфосфат, внесенный осенью 1954 г., оказал гораздо меньшее влияние на растительность и почву, чем полное минеральное удобрение. Содержание фосфора в почве увеличилось в 5 раз по сравнению с контрольным участком. Суперфосфат способствовал быстрому росту и развитию травостоя, но не в такой степени, как полное минеральное удобрение. Встречаемость злаков и бобовых возросла только на 5—10%, и травостой сохранил свой несколько ксерофильный облик. Аспекты создают те же виды, что и на контрольном участке. Ход роста травостоя характеризуется постепенным приростом от весеннего минимума до максимума в стадии разгара лета. Разница в приросте травостоя контрольного и опытного участков не превысила 20—25%. На удобренном участке прибавка урожая составляла 20%.

Чтобы выяснить, как влияют на почву и растительность различные

дозы суперфосфата, весной 1955 г. было поверхностно внесено в одном опыте 2,5 ц, а в другом 1,3 ц суперфосфата на 1 га полевицевого с примесью овсяницы луга. В том и другом вариантах запасы фосфора в почве не увеличились. Ливни, прошедшие в середине лета, промыли почву и, вероятно, унесли весь не использованный растениями фосфор. В варианте с 2,5 ц/га суперфосфата травостой был гуще и выше, чем в контроле, но в фенологическом развитии видов почти не было различий.

Разница в приросте между контрольным и опытным участками 15—22% в первом варианте и 5—7% во втором. Следует отметить, что в стадии разгара лета на опытных участках происходит некоторая задержка в приросте травостоя, а на контрольном участке — резкий упадок в весе прироста. Это, видимо, можно объяснить тем, что удобрения, растворенные дождями, дали возможность травостой лучше противостоять неблагоприятным условиям. Повышение урожайности очень небольшое (на 2—4 ц сена с га). Такие дозы фосфорного удобрения оказались недостаточными, чтобы в значительной степени повлиять на флористический состав; морфологию видов и т. д.

Удобрения оказали влияние и на биохимический состав растений (табл. 6). Внесение NPK в фазу колошения увеличило у арундинеллы содержание жира, меньше стало клетчатки. В опыте с суперфосфатом биохимический состав арундинеллы ухудшился.

У. Эндрюс [10] утверждает, что удобрения не только увеличивают содержание жира, протенна и т. д., но и улучшают вкусовые качества сена.

Таблица 6

Данные валового биохимического анализа арундинеллы (*Arundinella anomala* Steud) в пересчете на абсолютно сухое вещество в % (1955 г.)

Название ассоциации	Вариант опыта	Дата	Фенофаза	Влага	Зола	Протеин	Жир	Клетчатка	Безазот. экстр. вещества
Арундинелловая с примесью келерии	Контроль	28/VII	Колошение	7,45	6,47	5,80	1,08	34,40	52,20
		11/VIII	Цветение	6,75	4,37	2,70	1,63	31,70	52,60
	Удобрение NPK	28/VII	Колошение	7,45	5,00	5,82	1,98	28,00	49,2
		11/VIII	Цветение	6,74	4,82	4,95	1,08	34,80	54,35
Удобрение суперфосфатом	28/VII	Колошение	7,30	5,03	3,84	1,64	30,00	59,49	
		11/VIII	Цветение	6,72	4,45	3,82	1,52	31,00	58,6

## Влияние пала

Несмотря на кратковременность наших наблюдений за палом, можно привести некоторые данные о его влиянии на почву и растительность. За период сухой осени и долгой малоснежной зимы ветошь хорошо высыхает, и весной на больших равнинных пространствах свирепствуют палы. Причины возникновения пала — не только в неосторожном обращении с огнем. Палы применяются как средство против «заветошения» сенокосов и пастбищ.

О степени влияния пала на почву и растительность в литературе много противоречивых данных. М. С. Шалыт и А. А. Калмыкова [11], С. И. Дагиллов [12] и др. указывают на то, что степные пожары в типчаковых, коныльных, а в Забайкалье в танацетовых степях не производят очень большого воздействия на растительность и оставляют структуру травостоя мало нарушенной. По данным Е. М. Лавренко [13], пал в северной степи оказал почти катастрофическое воздействие на растительность. Как отме-

чает Б. А. Тихомиров [14], пал играет немаловажную роль в повышении урожайности лугов Дальнего Востока. А. И. Качияни [15] считает, что на обширных дальневосточных равнинах пал является большим злом.

По мнению А. Т. Терентьева [16], систематические палы оказывают определенное влияние на внедрение в почвенный поглощающий комплекс катиона натрия. Автор утверждает, что наличие поглощенного натрия опровергает теорию о былом процессе осолодения почв равнины.

В нашем опыте пал оказал отрицательное воздействие на растительность. Он несколько изменил химический состав почвы, сделал ее менее кислой. Уничтожение ветоши привело к уменьшению содержания гумуса в горизонте больше чем на 4% (табл. 7).

Таблица 7

Влияние пала на почву арундинеллового с примесью полевницы луга (1955 г.)

Вариант опыта	Глубина взятия образца, см	pH (солевос)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> по Кирсаго ву, мг на 100 г почвы	Калий по Пейге, мг на 100 г почвы	Гумус по Тюрицу, %
Контроль	A <sub>1</sub> 0—14	4,67	3,5	6,3	10,88
	A <sub>2</sub> 15—30	5,05	2	4,75	3,67
Применение пала	A <sub>1</sub> 0—13	5,01	3	4,75	6,06
	A <sub>2</sub> 14—25	5,48	2	4,75	2,07
	B 26—51	5,81	1,5	—	2,38

В начале июня выжженные участки уже зеленели, хотя общий их фон оставался черным. Пал задержал развитие всего травостоя на 10—15 дней. Почти все виды на контрольном участке раньше перешли в фазы бутонизации и цветения. Арундинелла на контрольном участке зацвела на 8 дней раньше. Меньше всего пострадали от пала корневищные виды: арундинелла, кровохлебка (*Sanguisorba media* R. I., *S. parviflora* Max.) и др. Прирост массы травостоя на участке, пройденном палом, в начале июня был почти вдвое меньше, чем на контрольном. В стадии середины весны наблюдался быстрый рост травостоя, а в стадии разгара лета выжженный участок уже меньше отличался от контрольного. Урожай на участке, пройденном огнем, был очень мал (6,5 ц) по сравнению с урожаем на контрольном участке (16 ц).

Пал в значительной степени изменил флористический состав ассоциации. Широко разрослась *Lespedera striata* Hook. et Arn., обильнее стали ксерофильное разнотравье и полыни, что придало травостой доволно ксерофильный облик. Можно предположить, что процесс остепнения арундинелловых лугов находится в некоторой зависимости от ежегодных палов.

Существуют две противоположные точки зрения на происхождение растительности равнин Приморья. Сторонники теории первичности травянистой растительности равнин Дальнего Востока Ю. А. Ливеровский и Б. П. Колесников [17], Г. Э. Куренцова [18, 19], П. Д. Ярошенко [20] и другие относят Приханкайскую равнину к лесостепи, а арундинелловую формацию считают степной. По другой, антропогенной, теории современные луга здесь возникают на месте сведенных человеком лесов.

По данным В. Л. Комарова [21] известно, что на Приханкайской равнине росли хвойно-широколиственные таежные леса. Н. К. Шишкин [22], А. П. Саверкин [23], Д. П. Воробьев [24] указывают, что при несистематическом кошени лугов и после пала они часто зарастают кустарником. Г. Э. Куренцова [25] пишет о расширении ареала арундинелловых лугов за счет площадей, освободившихся из-под леса.

Наши данные анализа флоры показывают, что 60% всех видов арундинелловой формации встречаются также и в кустарниках, 10% — в кустарниках и лесах и только 30% свойственно исключительно лугам. Экологический анализ флоры показал, что 50% видов составляют мезофиты (к ним относится и арундинелла), более или менее ксероморфных растений — до 11%. Следовательно, факты говорят в пользу антропогенной теории.

### Выводы

1. Анализы почв, флоры, наблюдения над сезонным развитием растительности говорят, что приханкайские луга имеют лесное, а отчасти болотное происхождение.

2. Арундинелловую формацию из-за примеси в ней *Koeleria gracilis* Pers. следует отнести к остепненным лугам. Необходимо отметить арундинеллу как растение, исключительно хорошо приспособленное к местным условиям.

3. Полное минеральное удобрение уже на следующий год повысило урожай сена на 100%, изменило соотношение ботанических, экологических групп в травостое, морфологию видов и их биохимический состав. Полное минеральное удобрение ведет к обилию ряда мезофильных видов, и травостой теряет свой ксерофильный облик.

4. Одни фосфорные удобрения, внесенные весной или осенью, дали прибавку урожая только на 20% и оказали небольшое влияние на почву и растительность.

5. Палы отрицательно действуют на арундинелловые луга. Они способствуют ксерофитизации этих лугов.

Дальневосточный филиал  
Академии наук СССР,  
Биологический институт  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
26/VIII 1957

### ЛИТЕРАТУРА

1. А. П. Шенников, Фенологические спектры растительных сообществ. Тр. Вологодской обл. с.-х. опытной станции. Вологда, вып. 2, 1928.
2. Ю. А. Ливеровский, О ландшафте равнин южного Приморья и Приамурья и его генезисе. Пробл. физ. геогр., XII, Изд. АН СССР, М.—Л., 1946.
3. Ю. А. Ливеровский, А. П. Рубцова, Почвы Зейско-Бурейской равнины и проблемы их генезиса. Почвоведение, № 5, 1956.
4. Д. В. Иванов, Краткий предварительный отчет по работам Южно-Уссурийской горной экспедиции. Горный журнал, т. X, 1895.
5. К. Д. Глинка, Краткая сводка данных о почвах Дальнего Востока. Спб., 1910.
6. Н. И. Прохоров, Геолого-геоморфологические материалы для почвенной и ботанической карт Ханкайской низменности. Дальневосточный район. Изд. Пересел. управл., Хабаровск, 1927.
7. А. А. Хантулев, Материалы к характеристике почв земледельческих районов Приморского края. Уч. зап. ЛГУ, № 221, вып. 42, 1956.
8. И. И. Томашевский, Почвы юго-западной части Зейско-Бурейского водораздела. Отчет И. И. Томашевского под ред. Глинка, Тр. командированной по высш. повелению Амурской экспедиции. Вып. 15, Спб., 1912.
9. А. П. Шенников, Волжские луга Средне-Волжской области, по материалам геоботанических исследований 1914—1921 гг. в бывшей Симбирской губ., 1930.
10. У. Эндриус, Влияние удобрений на урожай и кормовую ценность сена и пастбищных трав. Сб. Использование и улучшение сенокосов и пастбищ, 1954.
11. М. С. Шалыт, А. А. Калмыкова, Степные пожары и их влияние на растительность. Бот. журн., № 1, 1935.
12. С. И. Данилов, Пал в забайкальских степях и его влияние на растительность. Вестник ДВФАН СССР, № 21, 1936.

13. Е. М. Лавренко, Наблюдения над степными пожарами в северном Казахстане. Зап. с.-х. ин-та им. Докучаева В. В., т. V (XLII), 1946.
14. Б. А. Тихомиров, Палы и их влияние на естественную кормовую растительность ДВК. Тр. ДВФАН СССР, т. 1, 1935.
15. А. И. Качияни, Почвы сельскохозяйственных районов Дальнего Востока. Хабаровск, 1954.
16. А. Т. Терентьев, К вопросу о наличии процесса осолодения в почвах Зейско-Бурейской равнины. Вопр. развития сельск. хоз-ва Приамурья. Благовещенск, 1955.
17. Ю. А. Ливеровский, Б. П. Колесников, Природа южной половины советского Дальнего Востока. Физ.-геогр. характеристика. М., 1949.
18. Г. Э. Куренцова, Остепненные ассоциации Суйфунской равнины. Сообщ. ДВФАН СССР, вып. 2, Владивосток, 1951.
19. Г. Э. Куренцова, К происхождению растительности Приханкайской равнины Приморского края. Бот. журн., № 2, 1955.
20. П. Д. Ярошенко, О сходстве разнотравно-арундинелловых сообществ Приханкайской равнины с некоторыми типами прерий. Сообщ. ДВФАН СССР, вып. 8, Владивосток, 1955.
21. В. Л. Комаров, Приморская область. Южно-Уссурийский край. Избр. соч., X, 1914.
22. Н. К. Шишкин, Луга Приханкайского р-на и их хозяйственная ценность. Дальневосточное Краевое земельное управл., Хабаровск, 1928.
23. А. П. Саверкин, Естественно-кормовая база Приморья ДВК. Вестник ДВФАН СССР, № 17, 1936.
24. Д. П. Воробьев, О заселении осинной выгоревших лугов в Приморском крае. Сообщ. ДВФАН СССР, вып. 2, Владивосток, 1951.
25. Г. Э. Куренцова, Разнотравно-арундинелловые луга восточной части Приханкайской низменности Приморского края. Сообщ. ДВФАН СССР, вып. 4—5, 1952.

Н. Н. НАПЛЕКОВА

### ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ АЗОТОБАКТЕРА В ПОЧВЕ И УРОЖАЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЕМАХ НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Применение бактериальных удобрений — одна из мер повышения урожайности яровой пшеницы, главной сельскохозяйственной культуры Западной Сибири. Способность азотобактера к азотфиксации позволила использовать в качестве бактериального удобрения азотобактерин. Данные многих исследователей свидетельствуют о благоприятном воздействии его на урожай сельскохозяйственных культур. На Всесоюзной конференции по сельскохозяйственной микробиологии в 1941 г. при подведении итогов 4-летних исследований по использованию азотобактерина в разных областях Союза (в том числе и в Западной Сибири) отмечалась перспективность и эффективность его применения под небобовые культуры. Для зерновых прибавка урожая от азотобактерина составляла в среднем 20—25%, или 2—2,5 ц/га. Азотобактерин рекомендовался для всех сельскохозяйственных зон Союза. Положительное влияние его отмечали в 1956 г. на Совещании по бактериальным удобрениям М. Б. Ройзин, Е. И. Квасников, И. И. Тарвидзе и др. [1].

Вместе с тем в ряде случаев применение азотобактерина, по невыясненным причинам, не дало положительных результатов или приводило даже к снижению урожая. Н. Н. Сушкина [2, 3] на основании обширного опытного материала пришла к выводу, что азотобактер в некоторых типах почв нежизнеспособен. Отсутствие азотобактера отмечает Н. А. Красильников [4] в целинных черноземах Куйбышевской и Харьковской областей, Ю. М. Возняковская [5] — в прииртышских черноземах Омской области.

Другие исследователи (Е. Н. Мишустин [6], М. В. Федоров и Е. З. Теппер [7], П. Х. Рахно [8, 9], Д. Я. Павлович [10] и др.) показали, что при создании хорошего агротехнического фона азотобактер развивается и в тех почвах, где он раньше отсутствовал.

В Западной Сибири еще в 1931—1936 гг. были отмечены положительные результаты от применения азотобактерина. Сотрудники Новосибирской лаборатории бактериальных удобрений пришли к выводу, что внесение азотобактерина в почвы Западной Сибири не только способно заменить азотные удобрения, но имеет перед ними ряд преимуществ. Средняя прибавка урожая в опытах с азотобактерином была больше, чем при внесении минерального азота, и достигала 3,6—5,2 ц/га. По В. Д. Холопову [11—12], проводившему опыты на почвах разных типов, в том числе на обыкновенных и южных черноземах Новосибирской области, прибавка урожая от применения азотобактерина составляла от 13 до 30%. По данным лабораторий микробиологии Западно-Сибирского филиала АН СССР (1954 г.), прибавка урожая яровой пшеницы на маломощных южных черноземах в Андреевском районе Новосибирской

области составляла 1,6 ц/га. Положительное влияние азотобактерина на урожай пшеницы отмечают также А. Л. Афанасьева и А. Ф. Воронова [13—14] для черноземов Омской области.

Наряду с азотобактерином в Западной Сибири успешно применяется другой бактериальный препарат — фосфоробактерин. Действие этого препарата основано на способности находящихся в нем бактерий минерализовать сложные фосфорсодержащие органические соединения почвы и переводить таким образом фосфор в форму, доступную для питания растений.

Практикой колхозов и совхозов, опытами научно-исследовательских учреждений Сибири установлено, что применение фосфоробактерина обеспечивает прибавку урожая зерна 1,5—2 ц с га и более, причем имеются данные по его применению на сотнях тысяч га. В колхозах Алтайского края, обслуживаемых Устьянской МТС, фосфоробактерином было удобрено 1000 га посевов твердой яровой пшеницы Мелянопус 69 по свежевспаханной целине. Прибавка урожая зерна в этом случае составила 4,7 ц/га (И. В. Смирнов [15]). В опытах А. Л. Афанасьева [13] при обработке под зябь старой типчаково-ковыльной залежи (средневыщелоченный чернозем) в Омской области фосфоробактерин увеличил урожай яровой пшеницы на 1,7 ц/га. Более высокая прибавка получена при внесении фосфоробактерина вместе с перегноем.

Доступность, дешевизна, эффективность бактериальных удобрений открывают широкие перспективы для внедрения их в сельскохозяйственное производство.

В настоящем сообщении излагается часть наших исследований бактериальных удобрений, касающаяся влияния их на содержание азотобактера в среднемощных и южных черноземах Новосибирской области. Эти почвы при хорошей обработке содержат в себе то или иное количество азотобактера. Вопрос в том, способствует ли внесение бактериальных удобрений увеличению его в почве, приживается ли вносимый штамм в почве.

Для опыта был выделен штамм азотобактера с азотофиксирующей активностью 10,6 мг на 1 г маннита из обыкновенных черноземов (Тоугучинский район Новосибирской области), размножен и приготовлен торфяной удобрительный препарат. Приготовленный азотобактерин был внесен под культуру яровой пшеницы на выщелоченном среднемощном черноземе и на южном черноземе. Анализ последнего до внесения азотобактерина показал наличие большего количества олигонитрофилов, дающих слизистые бесцветные колонии на среде Эшби, и отсутствие пигментного азотобактера.

Учитывая большую отзывчивость азотобактера на фосфор, нами исследовалось влияние минеральных фосфорных удобрений, фосфоробактерина, а также силикатных бактерий на содержание азотобактера в этих почвах. В опыте применялся заводской фосфоробактерин с титром 11 млрд. клеток на 1 г препарата.

Торфяной азотобактерин готовился в лаборатории ЗСФАН СССР с титром до 150 млн. клеток на 1 г препарата. Образцы почв для анализа брались 3—4 раза за вегетационный период с удобренных и не удобренных участков. Выявление азотобактера проводилось в свежих образцах почвы. Для посева применялась агаровая среда Эшби или кремнекислый гель, пропитанный средой Эшби. Повторность посевов 4-кратная. Выращивание велось в термостате при 30° С. Опыт проводился два года (1955 и 1956), различных по количеству осадков.

1955 г. характеризовался значительной сухостью. По записям метеорологической станции в с. Тоугучин с мая по август выпало 139 мм осад-

ков, что составляет 56% от средних многолетних данных за этот же период. При этом в основном осадки выпали во вторую половину вегетации растений (43 мм осадков за один день, 20 июля). Бактериальные удобрения, внесенные 11 мая, попали в неблагоприятные условия засухи. Результаты наблюдений и схема опытов приведены в табл. 1 и 2. (Опыт ставился на делянках размером 0,5 га в двух повторностях).

Из табл. 1—2 видно, что азотобактер развивается главным образом в слое почвы до 20 см, ниже, в слое 20—30 см, при обработке залежи на глубину до 40 см он встречается в очень малом количестве (обрастание комочков почвы колониями азотобактера в среднем за сезон достигает 14%). В слое же 30—40 см ни в одном случае азотобактер не был обнаружен, поэтому этот слой в таблицы не включен.

По весновспашке залежи (табл. 1) содержание азотобактера в почве при внесении бактериальных удобрений в условиях засушливого 1955 г. по сравнению с не удобренной делянкой не изменилось. Во всех вариантах этого опыта выделен азотобактер, который отличался от внесенного отсутствием окраски колоний и их более жидкой консистенцией. Внесенный пигментный азотобактер обнаружен не был.

Таблица 1

Содержание азотобактера в почве по весновспашке залежи на 20—22 см (1955 г.)

Варианты опыта	Глубина взятия образца, см	Обрастание комочков азотобактером, %			
		30/VI	7/VII	9/VIII	среднее
Контроль	0—20	34	26	43	34
	20—30	8	20	15	14
Азотобактерин	0—20	37	26	52	38
	20—30	5	21	16	14
Фосфоробактерин	0—20	27	28	36	30
	20—30	0	7	18	8
Азотобактерин + фосфоробактерин	0—20	42	21	43	35
	20—30	3	1	8	4

Зяблевая вспашка на 22 см и осеннее лущение под вторую культуру (оборот пласта) показывают в отношении содержания азотобактера примерно ту же картину (табл. 2). Увеличение количества азотобактера обнаружено только в весеннее время, в мае, когда содержание влаги в поч-

Таблица 2

Содержание азотобактера в почве по зяблевой вспашке оборота пласта (1955 г.)

Варианты опыта	Глубина взятия образца, см	Обрастание комочков азотобактером, %								
		вспашка на 22 см			осеннее лущение на 8—10 см			безотвальная вспашка на 30—40 см		
		30/V	7/VIII	9/VIII	30/V	7/VII	9/VIII	30/V	7/VII	9/VIII
Контроль	0—20	28	19	13	38	21	17	31	14	12
	20—30	0	0	0	0	0	0	9	0	0
Азотобактерин	0—20	63	27	12	82	34	12	67	41	15
	20—30	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Фосфоробактерин	0—20	37	17	8	32	20	21	24	17	11
	20—30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Азотобактерин + фосфоробактерин	0—20	61	13	17	78	12	4	60	23	7
	20—30	3	0	0	0	0	0	0	0	0

ве составляло 36,8% от веса почвы в вариантах с внесением азотобактерина и азотобактерина + фосфоробактерина. Обрастание комочков почвы

азотобактером в этих вариантах было примерно в 2 раза выше по сравнению с контролем. В последующие месяцы в связи с резким иссушением почвы содержание азотобактера снизилось как в контроле, так и в почве удобренных делянок и стало примерно одинаковым.

По зяблевой безотвальной вспашке оборота пласта на 30—40 см (табл. 2) в связи с лучшей обеспеченностью почвы весенней влагой и более длительным временем ее сохранения наблюдалось значительное увеличение содержания азотобактера не только в мае, но и в начале июля.

Во всех опытах по зяблевой обработке пласта как в контроле, так и в удобренных делянках обнаружен типичный пигментный азотобактер.

В засушливом 1955 г. ни в одном из опытов азотобактерии не дал прибавки урожая пшеницы.

Полученные результаты согласуются с литературными данными. Л. Куликова и Н. Майборода [16] в 1951 г. на средне-сибирском черноземе также не получили эффекта от азотобактерии в условиях засухи. А. В. Рыбалкина и Е. В. Кононенко [17] в южных черноземах, на территории совхоза «Белые пруды» Сталинградской области, в 1951 г., когда влажность почвы, включая карбонатный горизонт, была близка к влажности завядания, не обнаружили обрастания комочков азотобактером.

Интересно сопоставить полученные нами данные с данными Сибирского научно-исследовательского института зернового хозяйства [13], который в 1952 г. провел испытания эффективности внесения азотобактерии под пшеницу в двух совхозах. В совхозе «Элита» Москаленского района Омской области в первую половину вегетации растений проходили дожди. Это создало благоприятные условия для азотобактера. Азотобактерии оказал положительное влияние на урожай: без него получено 13,1 ц/га зерна, а с ним — 18,2 ц/га. В Сосновском совхозе условия влажности сложились хуже, дождей почти не было. Это сказалось как на урожае пшеницы, так и на эффективности азотобактерии: на контроле было собрано всего 6,0 ц/га и с азотобактерином 6,1 ц/га, т. е. азотобактерии не оказал никакого действия. Аналогичные данные приводят и другие исследователи.

Таким образом, полученные нами данные показывают, что внесение азотобактерии под яровую пшеницу в условиях засухи не сказывается на содержании азотобактерии в почве, за исключением короткого времени после посева, а также и на урожае этой культуры. Особенно неблагоприятные условия для азотобактера создаются по весновспашке залежи.

1956 г. в Тогунином районе был более влажным, чем предыдущий. За вегетационный период, по данным метеорологической станции с. Тогунина, выпало 266,2 мм осадков. Результаты опыта приведены в табл. 3 (опыт ставился на делянках размером 1 га в двух повторностях).

Как видно из табл. 3, в этом году наблюдалось хорошее развитие азотобактера в почве контрольной делянки. Больше всего его было в мае и июне. По средним данным, за вегетационный период обрастание азотобактером комочков почвы в пахотном и подпахотном слоях было примерно одинаковым. Внесение азотобактера отдельно и в смеси с другими бактериальными удобрениями значительно изменило количество азотобактера в почве. Среднее содержание его за сезон в пахотном слое при внесении бактериальных удобрений, кроме удобрения силикатными бактериями, увеличилось.

В 1956 г. общее содержание азотобактера по всем вариантам опыта было более высоким, чем в 1955 г. Наблюдался также хороший рост азотобактера в более глубоких слоях почвы. В летние месяцы по срав-

Таблица 3  
Содержание азотобактера в выщелоченном черноземе по зяблевой вспашке пласта на 22 см (1956 г)

Варианты опыта	Глубина взятия образца, см	Обрастание комочков азотобактером, %					
		13/V	9/VI	7/VII	22/VII	7/VIII	среднее
на среде Эшби							
Контроль	0—20	81	62	24	27	23	43
	20—40	67	86	12	0	6	34
Азотобактерии	0—20	70	80	43	32	80	61
	20—40	64	83	0	0	10	31
Фосфоробактерии	0—20	—	91	28	31	86	59
	20—40	—	76	0	0	40	29
Силикатные бактерии	0—20	—	69	42	26	57	43
	20—40	—	66	0	0	81	37
Азотобактерии + фосфоробактерии + силикатные бактерии	0—20	—	81	53	24	54	50
	20—40	—	96	47	40	82	36
Азотобактерии + фосфоробактерии	0—20	—	84	64	46	86	70
	20—40	—	28	17	13	100	39
Фосфор + азотобактерии	0—20	—	100	100	100	100	100
	20—40	—	94	15	4	100	53
Азот + фосфоробактерии	0—20	—	100	100	76	65	85
	20—40	—	100	100	98	100	99

нению с весенними количество азотобактера во всех вариантах уменьшилось. Наилучшие результаты, 100% обрастание комочков в течение всего вегетационного периода в пахотном слое почвы, наблюдались при внесении азотобактера на фоне фосфорных удобрений (табл. 3). О том, что внесение фосфора в почву является важнейшим условием развития азотобактера в почве, говорят работы ряда авторов: М. В. Федорова [7, 18], А. А. Образцовой [19], Л. Куликовой и Н. Майборода [16] и др. Хорошие результаты получены также в варианте опыта, где в почву был внесен фосфоробактерии с минеральным азотом (один фосфоробактерии такого влияния не оказал).

Результаты влияния бактериальных удобрений на содержание азотобактера в южных черноземах совхоза «Овцевод» Андреевского района видны из табл. 4. (Опыт ставился на делянках размером 0,5 га в двух повторностях).

1956 г. для данного района был также влажным (за вегетационный период выпало 204,4 мм осадков). Значительная часть осадков пришлось на первую половину вегетации растений. На делянке без удобрения при посеве на агаризованную среду Эшби выросло 92—98% слизистых бесцветных колоний, в значительной мере представленных олигонитрофилами. Проследить разницу в росте азотобактера в почве удобренных и контрольных делянок по данной среде не удалось. Более четкая разница выявлена на кремнекислом геле (табл. 4). В контрольной делянке азотобактер не обнаружен. Внесенный азотобактер приживался в данной почве и обнаруживался в течение всего вегетационного периода. Внесение азотобактерии на фоне фосфора дало и здесь наилучшие результаты, как и в выщелоченном черноземе. При внесении же фосфоробактерии был выделен особый штамм азотобактера, отличающийся окраской колоний.

В 1956 г. прибавка урожая от азотобактерии на выщелоченных среднемогучих черноземах составляла 11,2%, а на южных — 20% (табл. 5). Прибавка урожая от азотобактерии на фоне фосфора (суперфосфат)



соответственно была 19,5% и 58%, наблюдалось и более высокое (почти 100%) обрастание комочков почвы азотобактером (табл. 3—4).

Таблица 4

Содержание азотобактера в почве южного чернозема при внесении бактериальных удобрений (1956 г.)

Варианты опыта	Глубина взятия образца, см	Обрастание комочков азотобактером, %			
		15/VI	24/VII	13/VIII	среднее
Контроль	0—20	0	0	0	0
	20—40	0	0	0	0
Азотобактерин	0—20	100	76	16	64
	20—40	70	100	4	61
Фосфоробактерин	0—20	80	14	14	36
	20—40	10	8	2	7
Силикатные бактерии	0—20	4	0	0	1
	20—40	0	0	0	0
Азотобактерин + фосфоробактерин	0—20	60	80	24	55
	20—40	5	0	0	1
Азотобактерин + фосфоробактерин + силикатные бактерии	0—20	38	10	16	21
	20—40	2	15	0	6
Фосфор + азотобактерин	0—20	100	100	78	93
	20—40	7	34	10	17

Таблица 5

Влияние бактериальных удобрений на урожай яровой пшеницы (1956 г.)

Варианты опытов	Урожай, ц/га	Прибавка или снижение урожая	
		ц/га	%
<b>Выщелоченный чернозем</b>			
<b>I</b>			
Контроль	23,1	—	—
Азотобактерин	25,7	+2,6	+11,2
Фосфоробактерин	26,3	+3,2	+13,8
Силикатные бактерии	22,3	-0,8	-3,5
Азотобактерин + фосфоробактерин	26,7	+3,6	+15,6
Азотобактерин + фосфоробактерин + силикатные бактерии	22,5	-0,6	-2,6
<b>II</b>			
Контроль	26,1	—	—
Суперфосфат + азотобактерин	31,2	+5,1	+19,5
Аммиач. селитра + фосфоробактерин	30,8	+4,7	+18
<b>Южный чернозем</b>			
<b>I</b>			
Контроль	10,15	—	—
Азотобактерин	12,15	+2	+20
Фосфоробактерин	13,30	+3,15	+31
Силикатные бактерии	13,95	+3,8	+37
<b>II</b>			
Контроль	11,80	—	—
Азотобактерин + фосфоробактерин	15,95	+4,15	+35
Азотобактерин + фосфоробактерин + силикатные	17,62	+5,82	+50
<b>III</b>			
Контроль	8,85	—	—
Суперфосфат + азотобактерин	14,0	+5,15	+58

Высокая прибавка урожая яровой пшеницы при применении азотобактерина на фоне фосфора указывает на перспективность этого приема для выщелоченных и южных черноземов Западной Сибири.

Внесение фосфоробактерина оказало положительное действие на урожай яровой пшеницы и на содержание азотобактера в почве. Фосфоробактерин более эффективен на фоне азотных удобрений. Так, например, от применения одного фосфоробактерина в выщелоченных черноземах получена прибавка урожая яровой пшеницы 3,2 ц/га, а на фоне азотных удобрений (аммиачная селитра) — 4,7 ц/га.

При внесении силикатных бактерий получены положительные результаты только на южных черноземах.

### Выводы

1. В 1955—1956 гг. изучено изменение содержания азотобактера в почве при внесении бактериальных удобрений в выщелоченном среднемощном черноземе Тогучинского района Новосибирской области, а в 1956 г. и в южном маломощном черноземе Купинского района той же области.

В условиях засушливого 1955 г. азотобактерин и фосфоробактерин не увеличили урожая яровой пшеницы и содержания азотобактера в почве. В опыте по весновспашке залежи внесенный азотобактер совершенно не был обнаружен. По зяблевой вспашке оборота пласта он обнаруживался в течение всего вегетационного периода в связи с лучшими условиями влажности.

2. Азотобактерин и фосфоробактерин в 1956 г., благоприятном по условиям влажности, увеличили содержание азотобактера в почве и урожай яровой пшеницы. Прибавка урожая от азотобактерина составляла на выщелоченных черноземах 2,6 ц/га, а на южных — 2 ц/га, от фосфоробактерина соответственно — 3,2 ц/га и 3,15 ц/га.

3. Азотобактерин на фоне фосфорных удобрений дает 100% обрастание комочков почвы азотобактером и значительно более высокую прибавку урожая зерна (5,1—5,15 ц/га) как на выщелоченных среднемощных черноземах, так и на южных маломощных черноземах Новосибирской области.

4. Фосфоробактерин на черноземных почвах более эффективен на фоне азотных удобрений, чем внесенный отдельно.

Западно-Сибирский филиал  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
10/VII 1957

### ЛИТЕРАТУРА

1. Совещание по вопросу бактериальных удобрений, Тезисы докладов, Киев, 1956.
2. Н. Н. Сушкина, Эколого-географическое распространение азотобактера в почвах СССР. М.—Л., 1949.
3. Н. Н. Сушкина, Распространение азотобактера в дерновоподзолистых почвах. Микробиология, т. 24, вып. 4, 1955.
4. Н. А. Красильников, Микробиологические основы бактериальных удобрений. Изд. АН СССР, М.—Л., 1945.
5. Ю. М. Возняковская, Влияние корневой системы пшеницы на микрофлору почвы. Микробиология, № 17, вып. 6, 1948.
6. Е. Н. Мишустин, О принципах районирования азотогена. Сб. Вопросы применения бактериальных удобрений. Изд. АН УССР, 1953.
7. М. В. Федоров, Е. З. Теппер, Об условиях, определяющих приживаемость азотобактера в ризосфере сельскохозяйственных растений и в почве. Микробиология, т. 16, вып. 6, 1947.

8. П. Х. Рахно, Эффективность азотобактера. Биология, № 13, 1955.
9. П. Х. Рахно, Об эффективности азотобактера. Земледелие, № 1, 1953.
10. Д. Я. Павлович, Приживаемость азотобактера в почвах в зависимости от удобрений. Изв. АН Латв. ССР, № 4, 1956.
11. В. Д. Холопов, Применение азотобактерина под яровую пшеницу на серых оподзоленных почвах. Тр. Новосибирского с.-х. ин-та, вып. IX, 1955.
12. В. Д. Холопов, Эффективность азотобактерина в Западной Сибири. Автореферат диссертации, 1951.
13. А. Л. Афанасьева, Бактериальные удобрения. Омск, 1956.
14. А. Л. Афанасьева, А. Ф. Воронова, Эффективность азотогена на почвах Омской области. Агробиология, № 1, 1950.
15. И. В. Смирнов, Особенности обработки целинных и залежных земель в Сибири. Сельхозгиз, 1956.
16. Л. Куликова, Н. Майборода, Совместное действие гранулированных удобрений и азотобактерина на урожай и посевные качества семян пшеницы. Советская агрономия, № 2, 1953.
17. А. В. Рыбалкина, Е. В. Кононенко, Микробные ассоциации южного чернозема в условиях степной и древесной растительности. Почвоведение, № 6, 1953.
18. М. В. Федоров, Азотфиксирующие бактерии и их значение для сельского хозяйства. Изд. «Знание», М., 1954.
19. А. А. Образцова, Значение фосфора при применении препаратов азотобактера. Тр. Горьковского с.-х. ин-та, т. 4, вып. 2, 1950.

А. Б. ГУКАСЯН

### МИКРОФЛОРА ПОЧВ ПОЙМЫ ОБИ И ЕЕ ПРИТОКОВ

Создание первого крупного водохранилища на Оби ставит перед наукой и практикой ряд важных вопросов. Одним из них является выяснение роли микроорганизмов в жизни водоема — его самоочищении, круговороте ряда важнейших химических элементов, образовании иловых отложений; необходимо определить влияние микроорганизмов на газовый режим водоема, химический состав, вкус воды и др.

В настоящее время в литературе отсутствуют данные по микробиологической характеристике почв поймы Оби и ее притоков. Имеется лишь несколько работ, касающихся только прогноза и качества воды Оби на Новосибирском водохранилище [1, 2].

Известно, что жизнедеятельность микробов любого водоема тесно связана с жизнью других обитателей — рыб, водорослей, беспозвоночных, а также с деятельностью человека, направленной на повышение продуктивности водоема [3, 4].

На биологический режим новых водохранилищ особенно большое влияние оказывают микробиологические процессы, протекающие в бывших почвах. Интенсивность этих процессов зависит от того, насколько богаты затопленные почвы растительными остатками.

Наиболее распространенными типами растительности в районе Обского водохранилища, по данным геоботанического обследования [5], были леса и кустарниковые заросли, занимавшие до 45% площади его нынешнего ложа. Перед затоплением леса были вырублены, и на их месте развилась луговая растительность. Луговой злаково-разнотравной растительностью занято около 20% площади дна водохранилища и примерно столько же болотной. Степи занимают около 1% всей его площади. Остальное (14%) приходится на комплексы — сложные сочетания лугов, болот и кустарников.

Высокопроизводительные луга занимали бывшие пойменные террасы Оби с богатыми дерново-луговыми и лугово-аллювиальными карбонатными суглинистыми и супесчаными почвами. По кочковатым понижениям пойменной террасы были распространены лугово-болотные почвы с сырыми сильно задернованными осоковыми лугами. Пониженная притеррасная часть была заболочена и занята осоками и тростниками.

Несмотря на то, что луговую растительность перед заполнением водохранилища выкосили, деревья вырублены и увезли, а кустарники частью вырублены или сожгли, под воду ушло огромное количество органической массы, общий запас которой только по травянистым формациям составляет около 1 млн. т. Ясно, что в процессе разложения ее микроорганизмами очень большое количество растительных остатков будет поступать в воду водохранилища.

Нами исследовалось микробиологическое состояние почв перед созданием водохранилища, что дает возможность в какой-то мере судить и о

дальнейшей перестройке микробиологических процессов в почвах после их затопления.

Сбор почвенных проб для микробиологического анализа проводился с 15 августа до 15 октября 1956 г. на всей территории зоны затопления Обского моря — от Бердска до Камня. Образцы брались на глубине 0—20 см. Анализ проб проводился по методике, рекомендованной Институтом микробиологии Академии наук СССР, при консультации старшего сотрудника лаборатории микробиологии ЗСФАН А. И. Сидоренко.

Всего было проанализировано 40 почвенных образцов 11 почвенных разностей, в которых учитывались:

- 1) аммонификаторы — на мясо-пептонном агаре и пептонной воде,
- 2) нитрификаторы — на среде Виноградского,
- 3) аэробные микроорганизмы, разрушающие целлюлозу, — на среде Гетчинсона (по методу О. И. Пушкинской),
- 4) азотфиксаторы: азотобактер — на агаризованной среде Эшби, клубридий — на среде Виноградского,
- 5) грибы — на агаре Чапека,
- 6) актиномицеты — на крахмало-аммиачном агаре.

В работе обращалось внимание на групповой и видовой состав микроорганизмов и на соотношение главнейших групп бактерий (споровых и неспоровых), грибов и актиномицетов.

Для выяснения интенсивности аммонификации использовались два метода:

1) подсчет количества колоний сапрофитных бактерий, развивающихся при посеве 1 г почвы на мясо-пептонном агаре. Данные приведены в табл. 1;

2) посев почвы в пептонную воду. Результаты приведены в табл. 2. Как видно из табл. 1, общее количество сапрофитных микробов во всех почвенных разностях высокое, от 19,7 до 34, 7 млн.

Обращает на себя внимание обилие в затопляемых почвах неспоросных форм бактерий, особенно флуоресцирующих и пигментных, развитие которых связано с наличием в почве легко минерализуемых органических остатков. Количество флуоресцирующих бактерий, как показало большинство наших опытов, преобладает над количеством пигментных: первых на 1 г почвы обнаруживалось до 900 тыс., вторых — до 300 тыс. Исключение составляют болотные почвы, где наблюдалось обратное соотношение.

Микобактерии обнаружены во всех почвах. Наибольшее число их, 200 тыс. на 1 г почвы, найдено в дерново-луговых тяжелосуглинистых почвах.

Следует отметить высокое содержание в почвах поймы аммонификаторов, среди которых постоянно встречались споросы *Bacillus mycoides*, *Bacillus mesentericus* (см. табл. 1). Высокое содержание в почвах *Bacillus mesentericus*, как показали исследования Е. Н. Мишустина [6, 7], связано с глубоким процессом минерализации органических веществ, а значительное содержание *Bacillus mycoides* со слабой минерализацией органических остатков.

Данные по минерализации пептонной воды (аммонификации), приведенные в табл. 2, указывают на высокую интенсивность разложения органических веществ.

Нитрификация во всех обследованных пойменных почвах протекает интенсивно. Максимальный титр ее достигал  $10^{-4}$  (см. табл. 2).

Выше мы отмечали высокую производительность затопляемых лугов. Как и следовало ожидать, высокоплодородные почвы оказались богаты аммонификаторами и нитрификаторами, что подтверждает выводы Е. Н. Мишустина [6, 7] о потенциальном плодородии почвы.

Таблица 1

Численность микроорганизмов почв Обской поймы (при посеве 1 г почвы на МПА)

Почвы	Растительные ассоциации	Место взятия почвенных образцов	Споровые бактерии		Неспоровые бактерии					Прочие, млн.
			Вс. мусци-дес, тыс.	Вс. мезо-фертильс, тыс.	общее к-во, млн.	флуоресцирующе-ющие, тыс.	пигментные, тыс.	микробактерии, тыс.	микр. кокки, тыс.	
Аллювиальная слоистая песчаная карбонатная	Разнотравно-бобово-злаковый луг	Окрестность с. Елбань	12,5	100	14,7	100	50	20	400	6,6
Аллювиально-супесчаная	Мятликово-пырейная залежь, осочковая степь, тонконоговая степь	» с. Елбань	13,4	500	12,2	130	50	30	350	3,6
Остепленная луговая	Разнотравно-злаковый луг с кустарниками	» с. Ордынск	11,9	150	17,1	800	60	200	900	1,7
Дерново-луговая тяжелосуглинистая	Злаково-бобово-разнотравный луг, комплексные засоленные луга	» с. Антоновка	12,6	96	10,9	300	85	150	420	1,7
Луговая суглинистая слабо-мощная	Деградируемый разнотравно-злаковый луг	» с. Тула	8,5	222	18,9	900	40	100	250	3,2
Лугово-аллювиальная карбонатная тяжелосуглинистая	Полевничевый луг, злаково-разнотравный луг с кустарниками	» с. Ленинск	14,4	120	13,4	480	97	50	100	3,0
Луговая суглинистая средняя-мощная	Разнотравно-злаковый луг, березовый лес с разнотравно-злаковым травостоем	Долина р. Орда	9,1	100	7,8	130	96	62	200	2,8
Дерново-луговая супесчаная карбонатная	Полевничевый луг	» р. Мильгюш	12,1	130	12,2	600	300	150	600	5,0
Лугово-карбонатная тяжелосуглинистая	Волоснецовый луг	Окрестность с. Боровое	11,4	200	15,6	520	200	30	400	5,7
Глубокоостро-лугчатый солонец	Комплексные засоленные луга	» с. Пичугово	12,5	110	14,0	350	90	20	300	3,9
Болотные	Злаково-разнотравно-осоковый луг, осоково-гроздничное болото	Окрестность с. Красный Яр	6,8	600	14,7	90	50	38	500	0,4

Численность нитрификаторов, аммонификаторов, азотфиксаторов, грибов и актиномицетов почв Обской поймы (при посевах 1 г почвы)

Почвы	Растительные ассоциации	Место взятия почвенных образцов	по титру				Азотобактер, % обростающих комочков	Целлюлозоразрушающие, % обростающих комочков	Актиномицеты, млн.	Грибы, тыс.
			Нитрификаторы	Аммонификаторы	Клостридии	Азотобактер				
Аллювиальная супесчаная карбонатная	Разнотравно-бобово-злаковый луг	Окрестность с. Елбань	$10^{-3}$	$10^{-7}$	$10^{-2}$	90	100	8	86	
Луговая остепненная аллювиально-слонистая супесчаная	Мягколисто-пырейная залежь, осочковая степь, тонконоговая степь	> с. Красный Яр > с. Елбань > с. Ордынск > с. Красный Яр	$10^{-4}$	$10^{-6}$	$10^{-2}$	94	100	7	96	
Дерново-луговая глинистая	Разнотравно-злаковый луг с кустарниками	> с. Антоновка > с. Тула	$10^{-4}$	$10^{-6}$	$10^{-3}$	100	92	10	68	
Луговая карбонатная суглинистая среднемощная	Злаково-бобово-разнотравный луг, комплексные засоленные луга	> с. Ленинск > с. Гуселетово	$10^{-4}$	$10^{-8}$	$10^{-3}$	100	87	13	90	
Луговая суглинистая мало-мощная	Деградируемый разнотравно-злаковый луг	Долина р. Орда	$10^{-4}$	$10^{-7}$	$10^{-3}$	100	82	7	86	
Лугово-аллювиальная карбонатная тяжелосуглинистая	Полевищный луг, злаково-разнотравный луг с кустарниками	Долина р. Орда	$10^{-4}$	$10^{-7}$	$10^{-3}$	45	30	6	150	
Луговая суглинистая среднемощная	Разнотравно-злаковый луг, березовый лес с разнотравно-злаковым травостоем	Окрестность с. Боровое > с. Морозово	$10^{-4}$	$10^{-9}$	$10^{-3}$	45	55	8,2	90	
Дерново-луговая супесчаная карбонатная	Полевищный луг	Долина р. Орда	$10^{-4}$	$10^{-8}$	$10^{-2}$	90	85	7,5	150	
Лугово-карбонатная тяжелосуглинистая	Волоснецовый луг, полевищный луг, разнотравно-полевищный луг	Окрестность с. Красный Яр > с. Пичугово > с. Тихоновка > с. Боровое	$10^{-4}$	$10^{-7}$	$10^{-4}$	100	85	10	120	
Глубокостолбчатый солонец	Комплексные засоленные луга	> с. Быстровка	$10^{-4}$	$10^{-6}$	$10^{-2}$	100	80	8	90	
Болотные	Злаково-разнотравно-осоковый сырой луг, осоково-тростниковое болото	Долина р. Алеус	$10^{-2}$	$10^{-5}$	$10^{-3}$	45	76	6	16	

Наличие в почвах микробов, разлагающих клетчатку, определялось по обрастанию ими почвенных комочков. Как показывают данные табл. 2, количество целлюлозоразлагающих микробов в большинстве почвенных разностей поймы было значительным. Лишь в лугово-аллювиальных карбонатных тяжелосуглинистых почвах наблюдалось обрастание до 30% почвенных комочков, в других же почвах обрастали все комочки.

Все почвы поймы содержат большое количество аэробного азотфиксатора — азотобактера и анаэробного — клостридия. Азотобактер был обнаружен во всех посевах (до 100%), а титр клостридия достигал  $10^{-4}$ . Повидному, высокое содержание азотобактера в почвах поймы связано с обилием растительных остатков, разлагаемых целлюлозоразрушающими бактериями, грибами и актиномицетами.

Кроме бактерий, почвы поймы содержат значительное количество актиномицетов (от 6 до 13 млн. на 1 г почвы) и грибов (до 150 тыс. на 1 г почвы).

Анализ пойменных почв был дополнен, для сравнения, исследованием проб воды и грунта из Оби. В образцах определялось общее количество бактерий (глубинным и поверхностным методами), а также грибов и актиномицетов. Результаты анализа приведены в табл. 3.

Таблица 3

Состав и численность микроорганизмов в воде и грунте Оби в районе Бердска

Местоположение станции и характер пробы	Глубина взятия пробы, м	Вас. тусоидес, тыс.	Пигментные бактерии, тыс.	Аммонификаторы, по титру	Нитрификаторы, по титру	Клостридий, по титру	Азотобактер.		Целлюлозоразрушающие бактерии, тыс.	Актиномицеты, млн.
							число колоний в 1 мл	% обростающих комочков		
Середина реки										
Вода (на поверхности)	0,5	5	20	$10^{-3}$	$10^{-1}$	$10^{-1}$	14	—	28	0,1
Вода (придонная)	4,0	20	40	$10^{-4}$	$10^{-1}$	$10^{-1}$	2	—	16	0,16
Грунт (песок)	3,8	18	25	$10^{-5}$	$10^{-2}$	$10^{-2}$	—	23	56	0,15
Прибрежье										
Грунт (песок)	0,5	1	36	$10^{-5}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	—	10	69	0,18

Полученные нами данные позволяют предполагать, что в Обском водохранилище ход микробиологических процессов будет определяться составом микрофлоры поймы, а интенсивность их будет зависеть от характера почвы и содержания в ней органического вещества.

До окончательной минерализации огромного количества органических остатков в затопленных почвах следует ожидать развития гнилостных процессов и возникновения на некоторое время неблагоприятных условий для полезных компонентов фауны и флоры моря.

Западно-Сибирский филиал  
Академии наук СССР

Поступили в редакцию  
6/VIII 1957

## ЛИТЕРАТУРА

- Д. Г. Комм, Санитарно-гигиеническая характеристика Новосибирского водохранилища. Гигиена и санитария, № 10, 1956.
- Н. Д. Мамин, Биологическая характеристика р. Оби и ее притоков в зоне г. Новосибирска. Сб. работ по вопросам коммунальной санитарии, Новосибирск, 1940.

3. А. Е. Крисс, Роль микроорганизмов в биологической продуктивности водоемов. Природа, № 5, 1953.
4. А. Г. Родина, О роли отдельных групп бактерий в продуктивности водоемов. Проблемы гидробиологии внутренних вод, т. 23, Л., 1951.
5. Г. Г. Павлова, Растительный покров района Обского водохранилища Новосибирской ГЭС. Тезисы докл. XI отчетн. научн. сессии ЗСФАН СССР, Новосибирск, 1957.
6. Е. Н. Мишустин, О роли споросных бактерий в почвенных процессах. Микробиология, т. XVIII, вып. 3, 1948.
7. Е. Н. Мишустин, Микроорганизмы и плодородие почвы. Изд. АН СССР, 1956.

### ХРОНИКА

#### ВСЕСОЮЗНОЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ ГЛИНОЗЕМА

С 3 по 8 февраля 1958 г. в Новосибирске проходило Всесоюзное совещание по химии и технологии глинозема, организованное химико-металлургическим институтом Запдно-Сибирского филиала Академии наук СССР.

На совещании присутствовали представители 27 научных и производственных организаций из 13 различных городов; было заслушано 38 докладов по химии процессов спекания глиноземсодержащих шихт и выщелачивания алюминатных спеков, а также о новых технологических схемах извлечения глинозема из природного сырья.

А. М. Калинина (ИХС АН СССР) доложила о результатах исследований термических превращений окиси алюминия. Доклады Л. К. Яковлева (ЗСФАН) и А. В. Абрамян (АН Арм. ССР) были посвящены результатам исследований взаимодействия между окисью алюминия, окисью натрия и двуокисью кремния при температурах спекания.

П. Д. Кацелеленbogen (Всесоюз. алю.-магн. завод) изложила физико-химические основы процесса спекания нефелино-известняковых шихт. Вопросы спекания глиноземсодержащих шихт в присутствии восстановителя были посвящены доклады Е. И. Хазанова (ВСФАН), А. А. Елисейевой (Всесоюз. алю.-магн. завод), А. Ф. Хлопиной (ВСФАН) и Р. Г. Розентретер (ЗСФАН). Выступление А. А. Горюновой (ЗСФАН) было посвящено роли окислов железа в процессе спекания нефелиновых шихт. А. Г. Саядян (НИИХИМ совнархоза Армянской ССР) рассказал об интенсификации процесса спекания нефелинового концентрата с известняком путем предварительной щелочной обработки концентрата.

О. И. Аракелян (Всесоюз. алю.-магн. завод) доложила о результатах исследований, позволяющих установить роль минералогического состава продуктов спекания при их гидрохимической переработке.

Оживленные прения развернулись вокруг докладов о химизме процесса выщелачивания алюминатных спеков и теории алюминатных растворов. Этот, один из интереснейших в теории и практике глиноземного производства, раздел химии был освещен с различных точек зрения в докладах В. Д. Пономарева (АН Каз. ССР) «К теории алюминатных растворов»; М. Н. Смирнова (Всесоюз. алю.-магн. завод) «О механизме выщелачивания алюминатных спеков»; А. С. Бергер (ЗСФАН) «О химизме взаимодействия двухкальциевого силиката с растворами едкого натра»; В. С. Сажина (АН Каз. ССР) «О кристаллизации алюмината натрия»; Б. Х. Шварцман (Всесоюз. алю.-магн. завод) «О процессе обескремнивания алюминатных растворов»; М. Г. Лейтен (Тихвинский глинозем. завод) «Выщелачивание кускового спека и характер вторичных потерь глинозема и щелочи»; М. Н. Смирнова (Всесоюз. алю.-магн. завод) «О механизме карбонизации алюминатных растворов». По этой же проблеме выступили Г. В. Крмоян (НИИХИМ совнархоза Арм. ССР) «Об электропроводности алюминатных растворов»; Н. И. Рубан (АН Каз. ССР) «О свойствах сульфидно-алюминатных растворов».

Вопросы разработки технологических схем были рассмотрены в докладах А. Ф. Думской (Всесоюз. алю.-магн. завод) «О получении окиси алюминия из частично обезжелезненной ужурской нефелиновой породы»; Г. А. Гаспарян (НИИХИМ совнархоза Арм. ССР) «Технологическое оформление процесса химического обогащения щелочных сленитов нефелиновых псевдолейцитовых пород способом М. Г. Манвелли»; Г. В. Соленко (АН Каз. ССР) «Об извлечении глинозема из серицитовых концентратов гидрохимическим способом»; Х. Н. Нурмагамбетова (АН Каз. ССР) «О сульфидном способе получения глинозема из каолина»; Г. С. Мелкоян (Канакерский алю.-магн. завод) «О комплексной переработке нефелиновых пород на глинозем»; З. С. Ткачевой (ЗСФАН) «Об использовании сульфата натрия в производстве глинозема»; Г. Д. Урываевой (ЗСФАН) «К физическим основам получения цемента из отходов глиноземного производства».

А. А. Аграновский (Гипроалюминий) выступил с докладом о состоянии и перспективах развития производства глинозема.

Другие доклады и выступления были посвящены различным вопросам глиноземного производства.

В принятом решении совещания констатируется, что за 25-летнее существование советская глиноземная промышленность и наука, развиваясь своим самостоятельным путем, достигли больших успехов: разработаны новые оригинальные методы использования различных видов сырья; в стране возникли новые научные центры, где плодотворно проводятся исследования в области теории и практики глиноземного производства. Однако достигнутые результаты не удовлетворяют требованиям, вытекающим из решений партии и правительства о задачах дальнейшего развития производства алюминия, а также глинозема. Теория значительно отстает от практических задач. Разработка новых технологических процессов проводится медленно и в ряде случаев без соответствующих аппаратных испытаний. В недостаточном объеме проводится разработка новой и усовершенствование существующей аппаратуры. Отсутствие специальной печатной литературы затрудняет систематическую информацию, обмен опытом и достижение научными работниками в области производства глинозема.

Исходя из сказанного, совещание наметило важнейшие задачи дальнейших научно-исследовательских работ в области производства глинозема.

1. Изучение природы сырья, полупродуктов и продуктов глиноземного производства.  
2. Изучение физико-химической сущности и физики отдельных процессов производства глинозема, что является основой для усовершенствования существующих и разработки новых методов производства.

3. Разработка новых технологических схем, обеспечивающих высокую технико-экономическую эффективность переработки как новых видов сырья, так и применяемых в настоящее время в промышленности.

4. Усовершенствование существующих и разработка новых типов высокопроизводительной аппаратуры.

5. Усовершенствование технологии и аппаратуры на действующих глиноземных заводах.

6. Автоматизация отдельных переделов с дальнейшим переходом к комплексной автоматизации производства.

7. Систематическое изучение и классификация разнообразного алюминиевого сырья, имеющегося в Советском Союзе.

Для разработки и уточнения программы научно-исследовательских работ, обеспечивающих сосредоточение усилий на решении важнейших вопросов, целесообразно проводить периодическое обсуждение результатов исследования на совещаниях, подобных данному.

В целях широкого освещения научных и производственных достижений, а также своевременной информации и обмена опытом по вопросам производства легких металлов, совещание обратилось с просьбой в Президиум АН СССР и в Научно-технический комитет Совета Министров СССР поставить вопрос о возобновлении издания журнала «Легкие металлы».

Совещание обратилось также с просьбой к Metallurgizdatu об организации издания учебника для вузов и монографии по глинозему с привлечением для этого коллектива высококвалифицированных авторов.

Следующее совещание по химии и технологии глинозема решено организовать в 1959 г. в Академии наук Казахской ССР.

Труды настоящего совещания решено издать в 1958 г.

Т. В. Заболоцкий, Т. И. Авдеева.

## ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть								
53	В подписи к рис. 1	0,0285 $\frac{\text{мм}}{\text{л}}$	0,0285 $\frac{\text{мм}}{\text{л}}$								
54	15 сверху	$\frac{i_a}{i_o} = (1 - \frac{i_a}{I_a}) e^{\beta \eta_a / b'} - (1 + \frac{i_a}{I_k}) e^{\beta \eta_a / b'}$	$\frac{i_a}{i_o} = (1 - \frac{i_a}{I_a}) e^{\beta \eta_a / b'} - (1 + \frac{i_a}{I_k}) e^{\beta \eta_a / b'}$								
55	Табл. 1, графа 2, в головке	$I_d C_{sal}$	$I_g C_{sal}$								
62	4 снизу	$\frac{\xi RK}{\xi R_a}$	$\frac{\xi RK}{\xi R_a}$								
67	Табл. 2, графа по вертикали 1,2, по горизонтали 2 снизу	<table border="1"> <tr> <td>Среднее</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>21°</td> <td>4</td> </tr> </table>	Среднее	3	21°	4	<table border="1"> <tr> <td>Среднее</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>21°</td> <td>4</td> </tr> </table>	Среднее	3	21°	4
Среднее	3										
21°	4										
Среднее	3										
21°	4										
70	Табл. 4, графа 8, строка 4 сверху	16,68	16,63								
102	Табл. 1, графа 3, строка 2 сверху	20	230								
108	17 снизу	(до—14 м/сек и больше)	(до 14 м/сек и больше)								
112	Табл. 4, графа 4, в головке	мг на 10 г	мг на 100 г								
116	6 сверху	<i>Cynanchum</i>	<i>Cynanchum</i>								
116	14	<i>Lespedeza</i>	<i>Lespedeza</i>								
116	Табл. 5, графа 8, в головке	16/VII	16/VIII								
117	Табл. 6, графа 10, строка 1	52,20	52,25								
134	Колонтитул	А. В. Гукасян	А. Б. Гукасян								

Технический редактор Н. Погочкал. Корректоры: В. А. Просвирина и З. Н. Колобочкина.

МН 03019. Подписано к печати 6 января 1958 г. Тираж 1200 экз. Заказ № 12. Формат бумаги 70×108/16—4,25 бум. л., 11,64 печ. л., 12,8 изд. л.

Новосибирское книжное издательство. Красный проспект, 18. Типография № 1. Полиграфиздат. Новосибирск, Красный проспект, 20. Цена 7 руб.

Цена 7 р.