

Проблемы
Советской геологии
1933. том 3. № 7-8

ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Под редакцией
акад. И. М. Губкина

PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY

I. M. Gubkin
(Member of the Academy of Science of U. S. S. R.)
Editor

ТОМ III
VOL. III

Научная библиотека
ИНСТИТУТА ГЛАВГЕОЛОГО

1933

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ
ГОРНО-ГЕОЛОГО-НЕФТЯНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА ОНТИ ЛЕНИНГРАД

№ 7

СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

	Стр.	
М. Г. Кузнецов — Колебательные движения земной коры и их роль в структуре Кавказа	1	I. G. Kuznetsov — The oscillatory movements of the earth's crust and their role in the structure of Caucasus
В. И. Громов — Проблема множественности оледенений в связи с изучением четвертичных млекопитающих	33	V. I. Gromov — The problem of multiplicity of glaciations in conjunction with the study of quaternary mammalia
М. М. Толстикова — О возможности угленосности и рудовосности каменноугольных отложений р. Онеги	50	M. M. Tolstikova — The probable occurrence of coal and metal ores in the carboniferous sediments of the river Onaga
В. П. Нехорошев — Насущные вопросы Алтайского комплекса	63	V. P. Nehoroshev — The principal problems relating to the Altai complex
И. Е. Старик — Свинцовый метод определения возраста пород	66	I. E. Starik — The lead method for the determination of geological time
Аннотации	79	Annotations

Колебательные движения земной коры и их роль в структуре Кавказа¹

И. Г. Кузнецов

Еще в 1929 г. при геологических исследованиях в Закавказье в верховьях Риона мною были выделены узкие тектонические зоны, которые, будучи расположены рядом, резко разнятся в отношении стратиграфической последовательности развитых там осадков. Особенности этих зон обусловлены различным направлением тектонических процессов со времени по крайней мере верхнего мезозоя и по настоящее время. В 1931 г. были сделаны дополнительные наблюдения далее к югу, включая Дзирульский массив, которые подтвердили и расширили ранее сделанные выводы. Наиболее отчетливо тектонические взаимоотношения отдельных зон наблюдаются в Верхней Раче в окрестностях г. Они.

От Они к западу Рион протекает по продольной долине, естественным восточным продолжением которой является долина р. Джоджоры. К северу располагается высокий Рачинский хребет, отделенный продольной же долиной верховья Риона и его естественным продолжением к востоку долиной Чанчахи от Главного хребта. К югу располагается почти широтного простираения хребет, представляющий водораздел между продольными долинами Риона и Джоджоры, с одной стороны, и Квирилы — с другой. А южнее Квирилы начинается уже Дзирульский массив, носящий часто в литературе название Мескийских гор. Упомянутые орографические единицы совпадают с определенными геотектоническими единицами, которые в дальнейшем я буду называть зонами, хотя последнее название применяется обычно для более крупных тектонических единиц Кавказа.

К северу от продольной долины Риона — Джоджоры — до Главного хребта развиты сланцевые свиты флишевой фации, слагающие так называемую зону южного склона Главного хребта.

Кроме сланцев в южной части этой зоны имеют большое развитие и вулканогенные породы верхнего лейаса и ютчасти может быть нижнего доггера, слагающие так называемую портифитовую серию. Харак-

¹ Примечание редакции. Взгляды автора на роль колебательных движений земной коры в структуре Кавказа имеют значительный интерес как в общетеоретическом отношении, так и для решения ряда практических вопросов. Положения, защищаемые автором, должны подвергнуться дальнейшему обсуждению на страницах журнала.

Отв. редактор акад. И. Губкин. Зам. отв. редактора А. Блохин и Е. Янишевский
Технический редактор А. С. Борисов

Сдано в производ. 19/VII 1933 г. Подписано к печати 26/IX 1933 г. Печати. листов
Уполн. Главлита № В-66102. Заказ № 851. Тираж 13
Бумага 74×105. Знаков в п. л. 52 000. Заказ изд. № 57.

Отп. в 7-й тип. Мособлполиграфа "Искра революции". Москва, Арбат, Филипповский

терно для всей этой зоны на Кавказе то, что слагающие ее осадки собраны большей частью в изоклинальные, опрокинутые к югу складки, которые сопровождаются разрывами с образованием чешуйчатых надвигов. Два последних имеют крупную амплитуду и позволяют выделить здесь три подзоны, на характеристике которых останавливаться пока нет необходимости. Следует лишь подчеркнуть, что вся зона в целом характеризуется следующими особенностями:

1. Развитием песчано-сланцевых и известняково-мергельных осадков, имеющих в общем флишевый характер; по возрасту эти осадки относятся к промежутку от лейаса до нижнего мела.

2. Отсутствием перерывов в отложении осадков; лишь вдоль южной окраины зоны при отложении грубообломочных вулканогенных осадков порфиритовой серии в верхнем лейасе повидимому были частичные перерывы.

3. Отсутствием фауны во всех отложениях, за исключением очень редких случайных остатков; часто встречаются только разнообразные флишевые фигуры.

4. Интенсивной уплотненностью и рассланцованностью пород под влиянием дислокационного метаморфизма.

Крупный по амплитуде и прослеженный на сотни километров по простиранию разрыв отделяет зону южного склона Главного хребта от следующей к югу зоны, названной мною зоной Корта. Эта последняя шириной в 3—5 км прослежена на запад до с. Цеси, а на восток до верховьев Квирилы. У Цеси зона Корта исчезает повидимому вследствие тектонических причин и не имеет далее к западу продолжения, а к востоку от верховьев Квирилы о ней не имеется данных из-за неисследованности района.

Зона Корта характеризуется следующими признаками:

- 1) присутствием осадков от верхнего лейаса до верхнего миоцена;
- 2) обилием фауны во всех осадках;
- 3) полным отсутствием осадков флишевого характера;
- 4) наличием большого количества перерывов в отложении осадков и стало быть большим количеством трансгрессий и регрессий;
- 5) отсутствием сжатых и опрокинутых в одном направлении складок, вследствие чего осадки не обнаруживают каких бы то ни было признаков дислокационного метаморфизма; все же складчатость в этой зоне довольно интенсивна; наблюдаются кроме того продольные и поперечные разрывы.

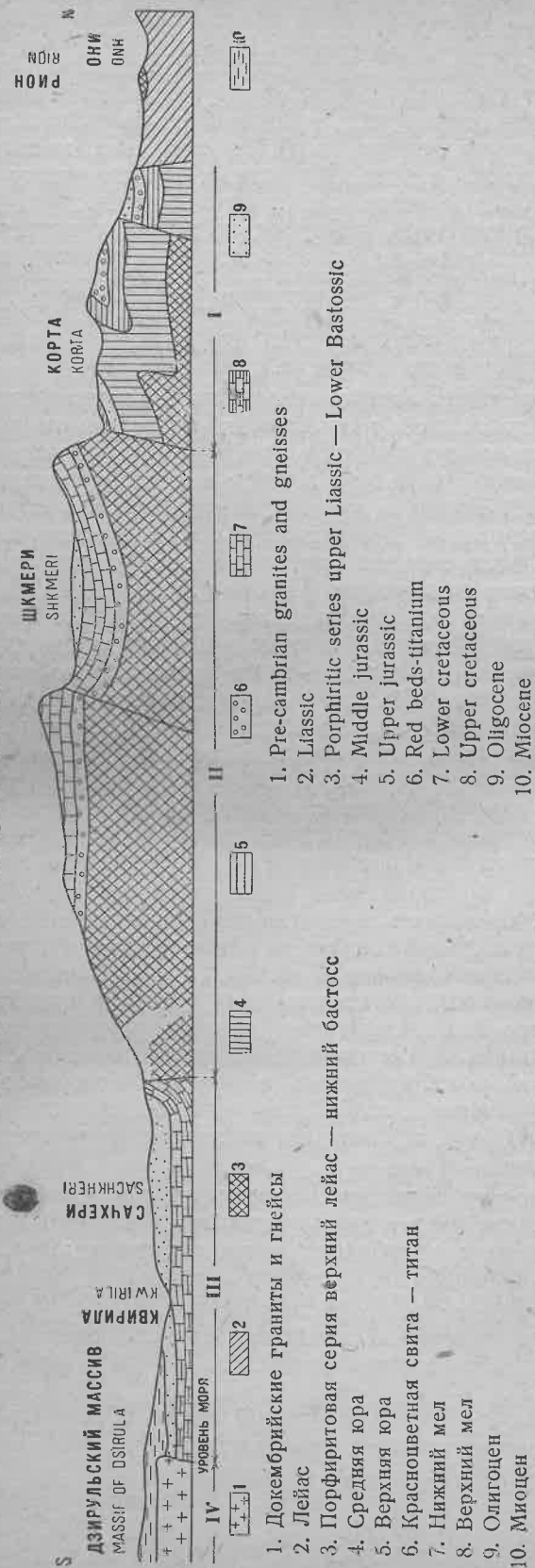
Все приведенное указывает на типичный эпиконтинентальный характер осадков зоны Корта. Здесь мы имеем следующий стратиграфический разрез.

1. Порфиритовая серия верхнего лейаса — нижнего байоса, представленная обломочными вулканогенными породами, чередующимися с покровными порфиритами и туфогеновыми песчаниками и сланцами.

2. Свита зеленоватых артиллитов и реже сланцеватых глин со сферосидеритами; она характеризуется обилием до самого верха *Posidonia Buchi*, местами нередко аммониты, белемниты, гастроподы, мелкие пелециподы; эта свита отлагалась со времени по крайней мере верхнего байоса (найден *Stephanoceras Humpsresianum*) до нижнего келлового включительно (содержит в самых верхних слоях *Macrocephalites Subtumidus Waag*).

3. Свита преимущественно известняковых пород с подчиненным развитием в ее низах известково-глинисто-песчаных слоев; нижние го-

Схематический геологический профиль по линии ОНИ Сахери в Закавказье



ризонты переполнены аммонитами и пелециподами; реже встречаются белемниты, гастроподы, брахиоподы; это келловей и низы оксфорда; в средних горизонтах фауна ежей указывает на низы лузитанского яруса; верхние горизонты, представленные толстослоистыми известняками микроконгломератовидного строения, местами имеющими рифовый характер, относятся также к лузитанскому ярусу; самые верхние слои богаты мшанками и водорослями.

4. Пестроцветная свита, имеющая лагунный характер.

5. Местами наблюдающиеся ее нижние горизонты, представленные зелеными мергелями, перемежающимися со светлосерыми известняками и красными песчано-глинистыми породами, содержат мелкую и однообразную фауну пелеципод и гастропод; фауна повидимому лузитанско-кимериджского возраста.

6. Главная же часть пестроцветной свиты, в литературе обычно называемая красноцветной, представлена красными глинисто-песчаными довольно рыхлыми породами, с прослоями конгломератов; последние содержат принесенную с юга гальку древних кристаллических пород и порфиритовой серии; в низах этой части свиты содержатся также прослои известняков и доломитов, а местами также пласты и штоки гипса; фауны здесь нет, но стратиграфическое положение этой части свиты доказывает ее титонский возраст.

Пестроцветная свита залегает во всем западном Закавказье трансгрессивно и несогласно на более древних отложениях вплоть до лейаса; в зоне же Корта, как видно из приведенного разреза, этого не наблюдается; может быть лишь незначительная часть подстилающих ее верхнеюрских осадков (кимериджа) отсутствует, но из-за скудности фауны этого пока утверждать нельзя.

7. Над красноцветной свитой в зоне Корта отсутствуют меловые отложения; только в районе с. Джойсубани у церкви Цхета имеется останец известняков с гидроидами, мелкими брахиоподами (теребратулина) и иглами ежей повидимому нижнемелового возраста.

8. Всюду, где красноцветная свита перекрывается более молодыми отложениями, последние представлены олигоценовыми осадками — мелкими конгломератами и песчаниками внизу и сланцеватыми темными глинами с септариями в верхней главной части; верхние горизонты песчаников содержат в изобилии один вид крабба (*Caeloma virbis*, по определению Б. И. Чернышева), а глины переполнены рыбьими чешуйками (*Clupea* и др.) и поразительно неотличимы от таких же пород других районов Закавказья, а также и Северного Кавказа. Оligоценовые отложения в зоне Корта залегают трансгрессивно и иногда несогласно на более древних породах до порфиритовой серии лейаса включительно.

9. Чокракско-спириалисовые отложения, представленные в песчано-глинистой фации, имеют здесь большую мощность и залегают повидимому согласно с олигоценом, хотя отсутствие нижнего миоцена и указывает на перерыв в отложении осадков.

10. Караганские и конкские слои обнаружены в восточной части зоны Корта, где имеются и признаки нижнего сармата; караганские и конкские отложения в известково-песчанистой фации, а сармат в глинистой (фиг. 1).

В приведенной стратиграфической схеме обращают на себя внимание полный разрез верхней юры и отсутствие мела. Зона Корта пред-

ставляет в морфологическом отношении продольную депрессию. Крупный разрыв почти широтного простирания резко отделяет зону Корта от расположенной к югу зоны Шкмери. Последняя представляется поднятой и надвинутой к северу на зону Корта. Таким образом зона Корта, как ограниченная двумя расходящимися книзу разрывами, может трактоваться как грабен.

Зона Шкмери сложена тоже эпиконтинентальными осадками, но стратиграфический разрез здесь отличается от только что приведенного для зоны Корта. Здесь устанавливается следующий восходящий разрез.

1. В основании залегают вулканогенные породы порфиритовой серии (лейас).

2. Непосредственно на верхнем лейасе залегает трансгрессивно и несогласно красноцветная свита титона; ни зеленых глин байосабата — нижнего келловей, ни известняковых пород верхней юры здесь нет.

3. Выше титона следует нормальный непрерывный разрез нижнего мела, — известняки валанжина, готерива и баррема (ургонская фация), сменяющиеся путем постепенных фациальных изменений известняково-мергельной свитой апта, переходящей в свою очередь нередко в мергельно-глинисто-песчаниковую свиту альба, более резкое изменение фациального характера осадков наблюдается в сеномане, который представлен глауконитовыми песчаниками, кверху постепенно увеличивающимися в зерне и переходящими в грубозернистые, конгломератовидные, частью туфогеновые песчаники.

4. Пачка лагеновых плотных известняков перекрывает сеноманские песчаники и представляет видимо пограничные слои между сеноманом и тураном.

5. Выше залегают туфогеновые породы свиты Мтавари (нижний турон) с прослоями все тех же лагеновых известняков. Туронские и сенонские известняки в этой зоне сохранились только западнее.

6. Оligоценовые отложения трансгрессивно лежат на мелу и представлены, как и в зоне Корта, конгломератами и грубозернистыми песчаниками в нижней части и сланцеватыми глинами с рыбьими чешуйками в верхней. Большой наклон к западу синклинали, в которую собраны вышеприведенные отложения мела, наклон, обозначившийся еще до отложения олигоцена, обусловил трансгрессивное налегание последнего на разные горизонты мела — на низы ургона на востоке, на свиту Мтавари западнее и на верхнемеловые известняки еще далее к западу. Тектоника зоны Шкмери гораздо более проста по сравнению с зоной Корта — здесь на меридиане г. Они наблюдаются две широкие антиклиналы, разделенные также широкой синклиналью с плоским дном и крутым южным крылом, местами даже опрокинутым и несколько разорванным.

Зона Шкмери ограничивается с юга опять-таки разрывом, поверхность которого наклонена к северу и по которому она приподнята над следующей к югу зоной Сачхери. Таким образом зона Шкмери может рассматриваться как горст.

В зоне Сачхери наблюдаются следующие стратиграфические взаимоотношения различных свит.

1. Порфиритовая серия лейаса залегает в основании; она интенсивно дислоцирована; в общекавказском направлении погружается с востока на запад.

2. Местами на порфиритовой серии сохранились среднеюрские осадки, представленные к востоку от Сачхери угленосной перемежающейся свитой из грубых конгломератов песчаников и глинистых сланцев; конгломераты содержат валуны и гальку пород порфиритовой серии и Дзирульского гранитного массива; к западу от Сачхери среднеюрские осадки, также угленосные, состоят из песчаников и глинистых сланцев.

Ряд последующих орогенических приступов, вслед за которыми наступали периоды эрозии и последующие трансгрессии, обусловил отрывочность и неполноту сохранившихся в настоящее время в разных местах зоны более молодых отложений.

3. Верхнеюрских отложений от келловей до кимериджа включительно здесь не имеется.

4. Красноцветная свита титона перекрывает среднюю юру на западе и не сохранилась на востоке или же, как это может иметь место в районе Сачхери, она закрыта последующими трансгрессивно отложенными осадками.

5. Нижний мел в ургонской фации развит на западе и прослеживается немного восточнее Сачхери.

6. Верхнемеловые известняки (турон и сенон) сохранились местами к западу от Сачхери; туронские известняки лежат трансгрессивно на ургоне в районе Сачхери и западнее.

7. Эоцен отсутствует.

8. Оligоцен имеет широкое развитие, залегает трансгрессивно на различных отложениях; в нижних горизонтах представлен песчаниками, в верхних обычными сланцеватыми глинами с рыбными чешуями; в нижних и средних горизонтах имеются слои спонголитов и марганцевых руд.

9. Тарханский горизонт (слои с *Pecten denudatus* Reus) сохранился в южной части зоны в районе Сачхери; представлен в песчано-глинистой фации и богат фауной.

10. Чокракский ярус представлен песчаниками и мелкими конгломератами.

11. Караганские и конкские отложения в песчанисто-известняковой фации сохранились лишь местами.

В этом разрезе обращает на себя внимание непрерывность его, начиная с низов олигоцена, вследствие чего здесь как редкое исключение для Кавказа вообще и Закавказья в особенности имеется нижний миоцен.

Указанные отложения, начиная с ургона, собраны в зоне Сачхери в синклинальную складку с широким, почти горизонтальным дном, крутым, даже вертикальным, а иногда и слегка опрокинутым на юг северным крылом и флексуобразным южным крылом.

При сравнении с зоной Шкмери следует обратить внимание на то, что здесь сохранились хотя бы и частично среднеюрские угленосные отложения, а также известняки верхнего мела при отсутствии свиты Мтавари. Зона Сачхери отделяется на поверхности от расположенного южнее Дзирульского массива флексуобразным изгибом, сопровождающимся разрывом, лишь очень слабо проявляющимся в миоценовых осадках, развитых по границе обеих зон; на глубине же под миоце-

ном граница проходит по поверхности крупного разрыва, по которому меловые олигоценовые и тарханские отложения зоны Сачхери приходятся вплотную к порфиритовой серии или, как это может быть западнее, к гранитам Дзирульского массива.

Дзирульский массив сложен в основе древнейшими кристаллическими породами — гранитами и гнейсами докембрия, гранитами древнего палеозоя и отчасти нижнепалеозойскими осадками, сохранившимися в юго-восточной его части, где были найдены нижнекембрийские археоциаты. Мезозойские отложения сохранились лишь отрывочно, точно так же, как и нижнетретичные, более полный разрез устанавливается для миоцена. В общем здесь можно дать следующую схему стратиграфии.

1. Порфиритовая серия интенсивно дислоцирована и причленена к древнему кристаллическому субстрату по периферии. На поверхности последнего она отсутствует и только в узкой полосе по р. Дзируле сохранилась в тектонической депрессии.

2. Средняя юра и верхняя юра, включая и красноцветную свиту титона, отсутствует.

3. Нижний мел на поверхности массива отсутствует; он развит только на южной периферии массива, причем там ургон налегает непосредственно на граниты.

4. Верхний мел (известняковая фация) на поверхности массива вообще отсутствует (о южной периферии в данном случае говорить нет необходимости и надобности); лишь незначительные его останцы сохранились кое где в западной его части; турон лежит трансгрессивно на гранитах.

5. Эоцен отсутствует совершенно.

6. Оligоцен сохранился только в северо-западной части массива, где он лежит трансгрессивно, то на верхнем мелу, то непосредственно на гранитах.

7. Тарханские отложения отсутствуют совершенно.

8. Чокракские отложения, имеющие широкое развитие и представленные грубообломочными породами — конгломератами, переходящими кверху в рыхлые песчаники с прослоями конгломератов; они залегают трансгрессивно на гранитах, а по северо-восточной и северной периферии на порфиритовой серии лейаса.

9. Караганские отложения без перерыва следуют за чокраком; фациальный переход постепенный. Они представлены внизу известковыми песчаниками с рассеянными крупными гальками тех же пород, что и в чокраке, а выше быстро появляются песчанистые известняки — ракушники со спаниодонтеллами.

10. Конкские и нижнесарматские отложения представлены также известняками с фаолладами.

11. Нижний сармат без перерыва сменяет собою конкские отложения и представлен в глинистой фации с прослоями известняков. Последние имеют большую мощность и богаты фауной.

Миоценовые отложения лежат на кристаллическом субстрате почти горизонтально; лишь очень слабый наклон намечается к северу. Чокракские, караганские и конкские слои имеют незначительную мощность, причем к центру массива еще утоняются, а местами даже вы-

клиниваются, так что сармат местами ложится непосредственно на граниты.

В морфологическом отношении Дзирульский массив представляет плато около 1400—1500 м высотой; оно расчленено рядом глубоких долин, характер которых указывает на омолаживание рельефа.

Приведенные краткие стратиграфические и тектонические характеристики нескольких зон позволяют сделать ряд интересных выводов. Прежде всего можно заключить, что различия в стратиграфических соотношениях являются результатом различно сказавшихся движений земной коры на отдельных ее небольших участках; на анализе этих движений и надлежит остановиться.

Но прежде всего надо подчеркнуть, что серии осадков (например средняя юра, верхняя юра — от келловей до кимериджа включительно, мел и т. д.), присутствующие в одних зонах и отсутствующие в других, имеют такие фациальные признаки, которые присущи осадкам открытого моря; совершенно исключается допущение, что эти осадки отлагались в одной какой-либо зоне и выклинивались к границе соседней зоной. Вопрос о выклинивании отпадает и потому, что на месте непосредственно можно наблюдать, как на границе зон та или иная серия осадков обрывается поверхностью разрыва.

Нужно также отметить, что трансгрессивно залегающие серии осадков обычно присутствуют во всех зонах и представлены в одной и той же фации: таковы например красноцветная свита титона, олигоцен, чокрак. Следует отметить теперь же еще одно положение, хотя его обоснование будет вытекать из последующего изложения: совершенно исключается предположение, что вследствие значительных горизонтальных перемещений приведены в соприкосновение зоны, когда-то удаленные и характеризующиеся различными фациями.

Теперь перейдем к рассмотрению основных различий смежных зон и к анализу причин этих различий.

1. Зона Корта (I) характеризуется полным стратиграфическим разрезом от лейаса до титона включительно, зона Шкмери (II) — отсутствием всей серии осадков средней и верхней юры: титонская красноцветная свита лежит трансгрессивно непосредственно на порфиритовой серии лейаса. Отсюда вывод: в зоне Шкмери (II) андийская орогеническая фаза, имевшая повидимому место во время верхнего кимериджа и нижнего титона, резко нарушила существовавший режим; эта зона была приподнята над уровнем моря, морской режим сменился континентальным, интенсивная эрозия уничтожила большие толщи перед тем отложенных осадков — нацело смыты верхняя юра и средняя юра и значительно размыва порфиритовая серия верхнего лейаса; в зоне Корта (I) андийская орогеническая фаза не нарушила существовавшего режима; дотитонские верхнеюрские осадки не размывы; морской режим, бывший здесь до кимериджа, сменяется лишь лагунным; существенно то, что в этой зоне до орогенической фазы во время и после нее происходит накопление осадков, прерывающееся может быть лишь на самое короткое время. В результате андийской орогенической фазы зона Шкмери (II) представляет зону поднятия, тогда как зона Корта (I) оказалась по сравнению с ней опущенной. Эрозия и повидимому совместно с ней вертикальные колебательные движения зон привели к тому, что ко времени титонской трансгрессии различия в

рельефе обеих зон исчезли; началось общее погружение и одновременно с ним трансгрессия титонского моря; в обеих зонах титон представлен в одной и той же фации.

2. С неокома в рассматриваемых зонах I и II устанавливается однообразный режим открытого моря, который повидимому подвергается нарушениям в начале турона и перед эоценом. Непосредственных указаний на характер относительных движений в зонах I и II в районе г. Они мы для этих веков не имеем.

3. Перед олигоценовой трансгрессией в результате пиренейской орогенической фазы в зоне Корта (I) наступает континентальный режим, во время которого эрозия удаляет эоценовые и меловые отложения, сносит значительную часть верхней юры, а по направлению к востоку и среднюю юру. Зона Корта в пиренейскую орогеническую фазу была поднята и одновременно наклонена к западу.

Зона Шкмери (II) также испытала некоторое поднятие и получила одновременно наклон к западу. Эрозия за время континентального периода удалила часть меловых отложений, остановившись на туроне (на свите Мтавари) у с. Бравалдзали, на сеномане у с. Шкмери, а далее к востоку на альбе, апте и ургоне. К западу от с. Бравалдзали, по данным Б. Ф. Мефферта, сохранился и весь верхний мел и эоцен, так что там происходило почти непрерывное отложение осадков.

Ко времени олигоценовой трансгрессии различия в рельефе обеих зон снова были уничтожены; начавшееся общее погружение обусловило трансгрессию олигоценового моря, которое в обеих зонах отложило осадки в одной и той же фации. Для того чтобы рельеф, созданный в пиренейскую орогеническую фазу, был сnivelлирован, потребовалось удаление в зоне Шкмери лишь незначительной толщи осадков, тогда как в зоне Корта были удалены мощные их свиты. Отсюда ясно, что в пиренейскую орогеническую фазу зона Корта была значительно поднята по сравнению с зоной Шкмери, т. е. относительные перемещения были обратны таковым в андийскую фазу.

Следует обратить внимание на геологический профиль, из которого видно, что поднятие зоны II по отношению к I в андийскую фазу и опускание зоны II по отношению к I в пиренейскую фазу происходило по одному и тому же разрыву, являющемуся границей обеих зон.

После олигоцена по настоящее время на Кавказе вообще и в рассматриваемой области в частности многократно происходили поднятия и опускания. Из-за отсутствия в нашем районе достаточных данных невозможно проследить для каждой фазы относительные движения двух смежных зон. Но существующее в данный момент соотношение указывает, что в сумме ли всех постеолигоценовых горообразующих процессов или в результате последней из третичных орогенических фаз зона Шкмери (II) значительно приподнята над зоной Корта (I). Олигоцен и миоцен зоны I приходятся впритык к возвышающейся над ними стеной порфиритовой серии зоны II на востоке и к нижнему мелу на западе. Олигоцен в зоне II залегает на высоте 1700—2200 м, а в зоне I на высоте 650—750 м, т. е. на 1000—1500 м ниже.

Таким образом во всяком случае для трех орогенических фаз с несомненностью устанавливается, что две имеющие форму клиньев смежные зоны то опускаются, то поднимаются, причем последовательно каждый раз относительные движения оказываются встречными. Движение этих клиньев продолжается и в настоящее время.

Четвертичные отложения, накопление которых по Риону и Джоджоре было обусловлено низким положением местности по отношению к Черному морю, как базису эрозии, в настоящее время усиленно размываются вследствие общего поднятия местности, или, что то же самое, вследствие относительно понижения базиса эрозии.

В зоне Корта (I) четвертичные отложения залегают на высоте 1 300—1 450 м над уровнем моря, тогда как в период накопления они приходились на абсолютных отметках более низких, чем современное русло Риона (580—750 м), ныне приподнятое и углубляющееся. Значит зона Корта в настоящее время поднимается. Если принять во внимание наметившуюся на основании проведенных фактических данных закономерность, что быстрое поднятие одной зоны сопровождается по меньшей мере заметным отставанием другой, то можно заключить, что грабен Корта (I) в настоящее время поднимается по отношению к горсту Шкмери (II). Частые землетрясения дают лишнее доказательство современных движений по разрывам, разграничивающим различные зоны.

Если представить охарактеризованные движения графически, обозначивши знаком $\uparrow$ поднятие и вместе с тем опережающее восходящее движение, а знаком $\downarrow$ опускание или отставание в поднятии, то относительные колебательные движения получат наглядное выражение (табл. 1).

Проследим теперь хотя бы бегло относительные движения зон Шкмери (II) и Сачхери (III).

1. В обеих зонах отсутствует верхняя юра; в зоне II отсутствует и средняя юра, тогда как в зоне III она сохранилась местами и представлена угленосными отложениями. Значит андийская орогеническая фаза обусловила поднятие обеих зон, но зона II была поднята значительно выше зоны III.

2. В зоне II имеется непрерывный или почти непрерывный разрез мела, в частности туронские известняки подстилаются свитой Мтавари. В зоне III наблюдается резко трансгрессивное налегание известняков турона на ургон; свита Мтавари, а также сеноман, альб, апт и часть ургона смыты предтуронской трансгрессией. Значит, характеризую относительные движения, мы можем установить, что предтуронская орогеническая фаза обусловила поднятие зоны III по отношению к зоне II.

3. Характер движений во время ларамийской фазы не может быть установлен из-за того, что во время преолигоценовой (пиренейской) фазы эоцен был смыт в обеих зонах нацело.

4. Олигоцен в зоне II трансгрессивно лежит на мелу от верхнего и до самых нижних ярусов, а в зоне III на сеноне и туроне. В пиренейскую орогеническую фазу зона II была поднята выше зоны III.

5. Проследить послеолигоценовые относительные движения зон II и III невозможно. Можно лишь установить по современному соотношению обеих зон, что зона II значительно приподнята (по крайней

мере на 1 500—2 000 м) над зоной III; на это указывают и низкие абсолютные отметки залегания олигоцена в зоне III и то, что восточнее Сачхери олигоцен зоны III приходится впритык к поднятой над ним юрской порфиритовой серии зоны II.

Таким образом и для II и III зон устанавливается, что они в различные геологические эпохи испытывали поднятия и опускания, причем во время общего поднятия какая-либо одна зона (глыба) испытывала перемещение с большей скоростью и опережала смежную зону (глыбу), в следующую орогеническую фазу опять-таки при общем поднятии другая глыба вздымалась быстрее, так что относительные перемещения в каждую последующую фазу обычно имеют встречное направление.

Сравнение зоны Сачхери (III) с Дзирульским массивом (IV) приводит к таким же выводам. Начавшееся вместе с олигоценовой трансгрессией опускание зоны III продолжалось в течение олигоцена и нижнего миоцена; на олигоцене залегают без перерыва тарханский ярус (слои *Pecten denudatus*); последний отсутствует в зоне IV, равным образом отсутствуют там и олигоцен и мел — чокракские отложения лежат непосредственно на древнем (докембрийском — эопалеозойском) кристаллическом массиве. Значит в штирийскую орогеническую фазу Дзирульский массив поднялся и был сильно размыт; несомненно, в это время здесь был смыт олигоцен; были ли уничтожены в это же время на Дзирульском массиве меловые отложения, остается неясным; вероятнее всего, что они были уничтожены раньше — именно во время пиренейской орогенической фазы и вслед за ней, так как олигоцен на западной окраине Дзирульского массива сохранялся местами и лежит непосредственно на гранитах. Зона Сачхери в штирийскую орогеническую фазу тоже несколько поднялась, но это поднятие привело только к обмелению морского бассейна, так как размыв не произошло, а на тарханском ярусе лежат терригенные осадки Чокрака (трубные песчаники и частью конгломераты). Итак в штирийскую орогеническую фазу Дзирульский массив (IV) был поднят значительно выше зоны Сачхери (III).

В настоящее время зона Сачхери (III) представляет тектоническую депрессию по сравнению со смежными зонами II и IV. Послемиоценовые горообразующие процессы вывели слегка из горизонтального положения осадки миоцена во всей области и обусловили более низкое его залегание в зоне Сачхери (III). Но после миоцена был повидимому период, когда последняя была приподнята относительно Дзирульского массива, ибо эрозия здесь уничтожила значительную часть сармата, сохранившегося на Дзирульском массиве.

Имеются данные и для суждения о направлении движений в зонах III и IV в настоящее время. Анализ геоморфологических особенностей той и другой зон указывает, что в настоящее время Дзирульский массив поднимается — там происходит омолаживание рельефа, тогда как зона Сачхери опускается или во всяком случае отстает в поднятии по сравнению с Дзирульским массивом; долина Квирилы восточнее Чиатур обнаруживает признаки старости — река бродит по широкому пойму, и только от Чиатур, где она врезается в граниты Дзирульского массива, начинаются крутое ее падение и углубление. Таким образом и в зонах III и IV мы имеем несомненные доказательства

повторно-встречных вертикальных движений незначительных участков земной коры.

Все охарактеризованные относительные движения зон I, II, III и IV изображены графически на табл. 1.

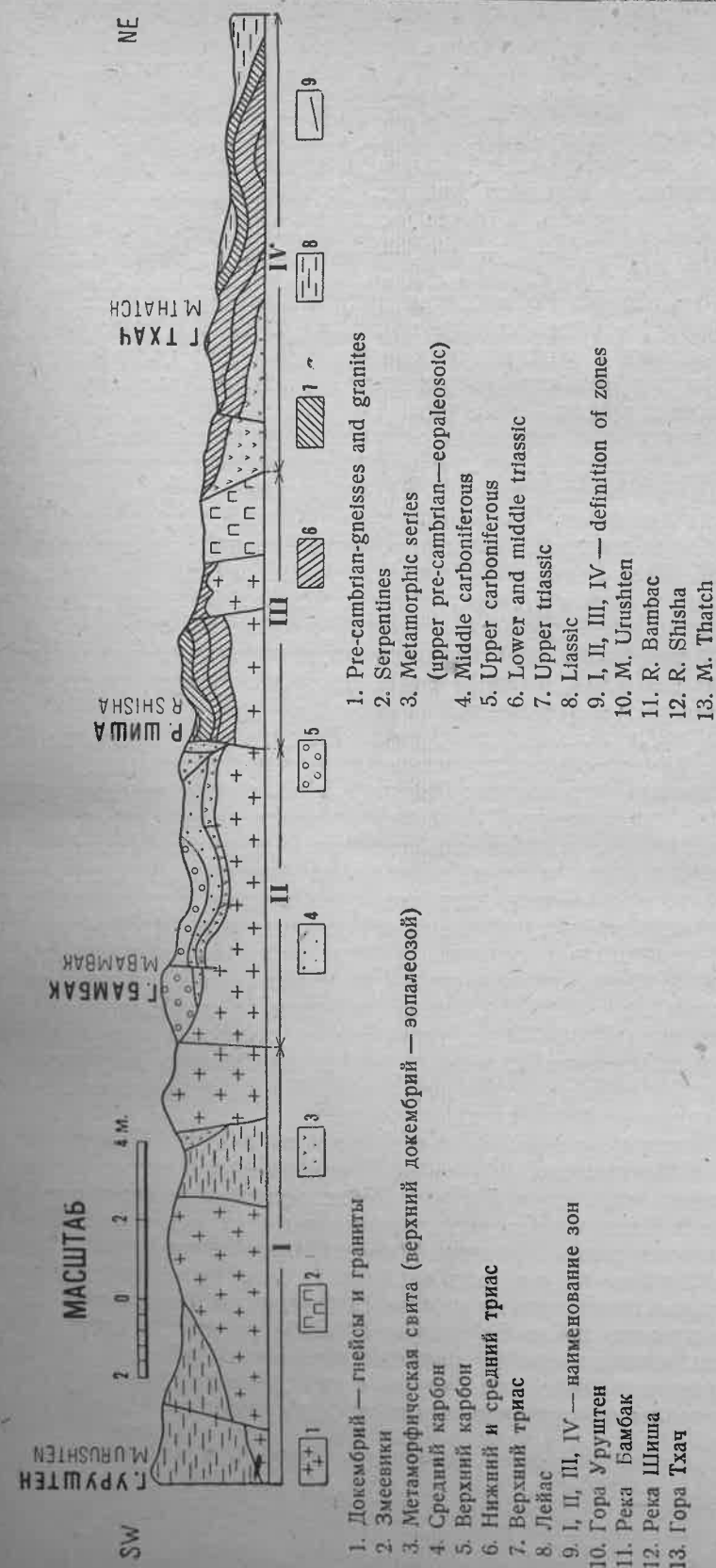
Таблица 1
(Table 1)

Название зон (Definition of zones)	I	II	II	III	III	IV
Орогенические фазы (Phases of orogeny)						
Андийская	↓	↑	—	—	—	—
Предтуронская	?	?	↓	↑	?	?
Ларамийская	?	?	?	?	?	?
Пиринейская	↑	↓	↑	↓	—	—
Штирийская	↓	↑	↑	↓	↓	↑
Современное положение	↓	↑	↑	↓	↑	↓
Современное движение	↑	↓	—	—	↓	↑

Каково же геотектоническое положение тех зон, которые по крайней мере с верхней юры и по настоящее время испытывают периодически и многократно колебательные движения? Охарактеризованный район захватывает на юге Закавказскую платформу в обнаженной ее части в Дзирульском массиве (IV); севернее располагается область эпиконтинентальных отложений (зоны III, II, I), занимающая промежуточное положение между древним кристаллическим массивом и зоной южного склона Главного хребта, сложенной флишевыми осадками в общем геосинклинального типа. В этой промежуточной области (I+II+III) древний жесткий фундамент погружается все более и более по направлению с юга на север, но все же располагается еще на относительно небольшой глубине. Те пертурбации в земной коре, которые объединяются под названием горообразующих процессов, имеют своим следствием то поднятие, то погружение крупных участков жесткого субстрата. В процессе общего поднятия или опускания крупных участков фундамента последний распадается на систему глыб, которые испытывают свои самостоятельные движения. Эти движения имеют характер осцилляций; служащие границами глыб крутые наклонные поверхности разрывов оказываются постоянными в течение ряда геологических периодов. Колебательные движения естественно не ограничиваются жестким фундаментом, а распространяются и на покрывающие его осадки. Благодаря наличию последних и удастся установить характер движений самого жесткого фундамента.

Прежде чем перейти к дальнейшим выводам, считаю необходимым указать, что такие же колебательные движения устанавливаются и в

Геологический профиль северного склона Кавказа между Белою и Лебет (по Робинсону)



других районах Кавказа. На одном из наиболее ярких примеров надлежит остановиться.

В только что вышедшем из печати труде В. Н. Робинсона [2], являющемся результатом его многолетних в северо-западной части Кавказа полевых исследований и детальной камеральной обработки громадного материала, имеются данные, позволяющие с очевидностью установить и проследить в глубь геологических периодов такие же повторно-встречные вертикальные движения, какие мною только что охарактеризованы.

В описанном В. Н. Робинсоном районе между реками Белая и Б. Лаба можно выделить четыре или даже пять зон, которые ограничены разрывами и которые необыкновенно резко отличаются в отношении стратиграфии слагающих их пород. Кроме упомянутых главных разрывов в каждой зоне устанавливается еще ряд второстепенных продольных и поперечных разрывов, указывающих на значительную раздробленность зон. На фиг. 2 приводится упрощенный геологический профиль из статьи В. Н. Робинсона.

Зона I, или зона собственно Главного хребта, характеризуется налеганием лейаса непосредственно на древний кристаллический фундамент (А — докембрийские гнейсы + γ — докембрийские граниты); в этой зоне отсутствуют: метаморфическая свита (М) — верхний докембрий + древний палеозой, карбон (С) и триас (Т). Появляющийся у южного края освещенного Робинсоном района девон² входит в состав зоны, которая здесь не будет рассматриваться из-за недостаточности данных по ней.

Зона II, или зона Бамбака. На древнем кристаллическом фундаменте (А + γ) залегает метаморфическая свита (М), частично смытая; затем следует мощная (около 2,5 км) толща карбона (С), внутри которого (на границе C_2 и C_3) намечается лишь слабый перерыв; местами на карбоне сохранились нижнепермские отложения (P_1), залегающие без перерыва на верхнем карбоне (стр. 23); триас здесь вообще отсутствует, — лишь кое-где в небольших погруженных глыбах, ограниченных продольными и поперечными второстепенными разрывами, сохранились остатки T_3 трансгрессивно залегающего P_1 .

Лейас имеет широкое развитие и залегает трансгрессивно на всех более древних породах, но главным образом на карбоне.

Зона Бамбака (II) 10—11 км шириной на северо-западе сужается к юго-востоку вследствие сближения ограничивающих ее разрывов, — в верховьях Б. Лабы она едва достигает 0,5 км, но далее к юго-востоку снова быстро расширяется.

Зона III, или зона Передового хребта. На древнем кристаллическом фундаменте (А + γ) непосредственно залегает триас. М и С здесь совершенно отсутствуют. Лейас залегает трансгрессивно, но все же обычно покрывает непосредственно верхний триас. Широкое развитие имеют здесь эопалеозойские (?) змеевики.

Зона IV, или зона северного склона Передового хребта, характеризуется широким развитием метаморфической свиты (М). Только по рекам Бескесу и Б. Лабе на дне их долин на коротком протяжении выше их слияния обнажается древний фундамент (А + γ), ограниченный с юга вместе с змеевиковым массивом разрывом; эти выходы относятся по видимому к следующей V зоне, которая

² Новые фаунистические данные указали, что там не девон, а нижний карбон (C_1).

лишь едва задета эрозией и для суждения о которой недостаточно данных. Мелкие выходы докембрия (А) Ачешбоку, показанные на карте и на разрезе Робинсона, относятся, как это выяснено теперь, к метаморфической свите (М). На метаморфической свите в юго-восточной части района залегает карбон, при этом C_2 сохранился только местами, большею же частью он смыт до отложения C_3 , который не больших площадях ложится непосредственно на М. P_1 залегает трансгрессивно то на C_2 , то непосредственно на М. Триас в юго-восточной части зоны совершенно отсутствует; впервые он появляется по р. М. Лаба в районе Черноречья, где он залегает своими самыми нижними горизонтами на нижней перми; далее к северо-западу триас приобретает большое развитие и залегает на метаморфической свите. Лейас перекрывает в северо-западной части трансгрессивно триас, а далее к юго-востоку карбон и метаморфическую свиту.

Следует обратить внимание еще на то, что многие разрывы (продольные и поперечные), отчетливо прослеживающиеся в более древних свитах, теряются в юре и отчасти в триасе (в одних случаях их не удается отметить в однообразных свитах, например в юрских глинистых сланцах, в других — они имеют меньшую амплитуду, в третьих — они не продолжают из древних свит в более молодые). Добавлю также, что разрывы в докембрийских гнейсах и в метаморфической свите устанавливаются в поле легко в случае присутствия покрывки более молодых отложений и очень трудно — в случае отсутствия последних.

Рассмотрим теперь те движения земной коры, которые обусловили приведенные стратиграфические разрезы и соотношение зон.

1. Отсутствие в зонах I и III метаморфической свиты и непосредственное налегание карбона в зонах II и IV на метаморфическую свиту и частично (во II) на древний кристаллический фундамент (А + γ) указывает, что еще до отложения среднего карбона произошло распадение древнего фундамента на зоны или глыбы, ограниченные разрывами. Несомненно, что это распадение и движения последних имели место в эпоху каледонской и древневарисской складчатости, частично и в судетскую фазу средневарисской складчатости. Каковы были относительные движения зон до нижнего карбона — судить невозможно; ясно лишь, что в конечном результате этих движений перед средним карбоном зоны II и IV оказались опущенными относительно I и III; в последних, как поднятых, эрозия уничтожила метаморфическую свиту, которая сохранилась в значительной мере в зонах опущенных и особенно в IV.

Перед средним карбоном вся область нынешнего Главного хребта и его северного склона оказалась сильно денудированной и опустела.

Присутствие среднего карбона во II и IV зонах и распространение его далеко на SE (9,17) указывает, что он отлагался и в зонах I и III.

2. Перед верхним карбоном возобновляется восходящее движение глыб: если нет никаких данных для суждения о направлении движений зон I и III, то о зонах II и IV можно говорить вполне определенно. Зона IV была поднята и получила наклон к северо-западу; она подверглась интенсивной эрозии, так что средний карбон был местами смыт полностью и верхний карбон, перед которым произошло новое

опускание, отложился на метаморфической свите. Зона II испытала лишь незначительное поднятие и вслед затем опустилась, в результате чего здесь перерыв между верхним и средним карбоном или едва намечается, или же совершенно отсутствует.

Таким образом в астурийскую фазу зона IV поднялась значительно выше зоны II.

3. Перед пермью снова произошли колебания глыб — опускание одних и поднятие других; зона II продолжала опускаться; P_1 лежит согласно и без перерыва на C_2 ; зона III была поднята и эродирована настолько, что пермь, во всяком случае судя по тем местам, где она сохранилась от последующих размывов, отложилась на древний кристаллический субстрат (склон хребта Дженту, р. Армовка); зона IV тоже поднялась, но менее, чем III, — карбон был смыт местами полностью, местами частично, так что P_1 откладывалась то на среднем карбоне (C_2), то на метаморфической свите (М).

По своему характеру тектонические движения на границе карбона и перми не отличаются от таковых перед верхним карбоном (см. выше) и в верхнем триасе (см. ниже), а по масштабу может быть даже превосходят их. Поскольку последние выделяются в качестве особых орогенических фаз (астурийская перед C_2 и лабинская в пределах T_2), постольку и движения перед пермью заслуживают выделения в особую орогеническую фазу, которую можно назвать уруштенской.

4. В конце пермского периода происходят крупные тектонические движения, объединяемые под названием заальской орогенической фазы. Зона II испытывает лишь небольшое поднятие; эрозия действует слабо; карбон, а местами и нижняя пермь сохраняются от размыва. Зона III высоко вздымается; эрозия уничтожает целиком карбон и пермь; уничтожаются быть может еще сохранившиеся после астурийской фазы остатки метаморфической свиты; размывается древний кристаллический фундамент ($A+\gamma$) и на размывтую его поверхность после работы эрозии и опускания отлагается нижний триас. Только в небольших по площади грабенах, образовавшихся в заальскую фазу в пределах зоны III, именно в верховьях рек Бескеса и Маркопиджа, а также по р. Армовке сохранилась нижняя пермь, которая была перекрыта триасом после эрозии и опускания.

Зона IV тоже поднимается и получает наклон к юго-востоку, но она значительно отстает в восходящем движении от зоны III; в юго-восточной части ее сохранились отчасти карбон и пермь; в северо-западной части последние полностью уничтожены были эрозией до трансгрессии триаса.

5. В верхнем триасе снова проявляются колебательные движения, которые объединяются под названием лабинской орогенической фазы [6, 2]. Зона II испытывает повидимому наибольшее поднятие, так как судя по сохранившемуся в местных грабенах верхнему триасу, последний отлагался на карбоне и перми.

Зоны III и IV испытывают не очень крупные и неравномерные поднятия, в результате чего эрозия срезала части среднего и нижнего триаса, на которых при последующем опускании и трансгрессии T_2 отложился последний.

6. Нижнекимерийская орогеническая фаза в начале юрского периода обуславливает громадные пертурбации в установившемся к концу триаса режиме. Происходит общее поднятие всей нынешней об-

ласти Главного хребта (в широком смысле). Но это поднятие, как и в предшествующие фазы горообразования, оказывается неравномерным. Глыбы отдельные зоны поднимаются с разной скоростью, опережая одна другую и принимая наклоны или к NW, или к SE. Высоко поднявшиеся глыбы интенсивно размываются, — уничтожаются громадные толщи осадков. В менее поднявшихся происходит лишь слабая эрозия, которая, не дав особого эффекта, сменяется затем накоплением осадков. К середине нижнего лейаса (судя по имеющейся фауне, во всяком случае не позднее) эрозия кончает свою работу, — местность оказывается почти сnivelлированной, (вслед за чем наступает общее погружение области, — трансгрессировавшее лейасовое море целиком захватывает ее. Какие же относительные движения испытывали глыбы во время нижнекимерийской фазы?

Зона I была высоко поднята, эрозия уничтожила на ней все осадки триаса и более древние, если эти последние еще сохранялись под триасом. Лейас отложился непосредственно на древний кристаллический фундамент ($A+\gamma$).

Зона II тоже поднималась, но отстала от зоны I. Здесь уничтожен триас за исключением небольших второстепенных грабенов, где он сохранился вместе с карбоном и пермью; уничтожена в значительной мере пермь, но сохранился карбон, лишь частично размывший. Лейас отложился на карбоне.

Зона III испытала лишь кратковременное (?) и незначительное поднятие, в результате чего лейас отложился на триасе и притом большей частью на верхних его ярусах.

Зона IV испытала большое и неравномерное поднятие, — она получила наклон на северо-запад, в соответствии с чем эффект от эрозии резко увеличивается в направлении с северо-запада на юго-восток; в северо-западной части, в районе Сохрая, лейас отложился на верхнем триасе; в центральном районе, у Черноречья, — на нижнем триасе, частью на перми и на метаморфической свите, а далее к юго-востоку — на карбоне (новое погружение на юго-восток).

7. Со времени лейасовой трансгрессии и по настоящий момент многократно происходили поднятия и опускания как всей области нынешнего Главного хребта, так и составляющих ее рассматриваемых зон. Последние кроме того продолжали распадаться по второстепенным разрывам на мелкие глыбы. Проследить в деталях, какие относительные перемещения испытывали наметившиеся еще в палеозое глыбы, не представляется возможным за отсутствием остатков отложений молодее лейаса. А что они продолжали колебаться так же, как это удалось проследить со времени карбона до лейаса, можно заключить по отрывочным данным, наблюдаемым в той же области Главного хребта по рекам Кубани, Малке, в районе Кисловодска, по Тереку, в Дагестане, а также непосредственно к западу от описанного В. Н. Робинсоном района — именно по р. Белой, где келловей налегает на триас, в то время как сейчас же южнее большое развитие имеют средние и нижнеюрские отложения.

8. В настоящее время в результате всей совокупности колебаний альпийской складчатости вся область в целом высоко поднята и представляет высокогорную страну, причем соотношение зон отличается от того соотношения, которое установилось в нижнекимерийскую орогеническую фазу. Зона I поднята выше всех остальных. Здесь на

вершинах, достигающих 3 тыс. м, смыты уже все осадочные породы и обнажен докембрийский фундамент, но вместе с тем здесь же в грабенах между второстепенными разрывами сохранился лейас, погруженный до уровня моря.

Зона II поднята значительно меньше — в районе Бамбака карбон и лейас приходятся впритык к докембрию зоны I; зона II наклонена на юго-восток; зона III поднята еще меньше и наклонена на северо-запад; на юго-восток в районе р. Б. Лабы на высотах свыше 3 тыс. м уже смыты все осадки и обнажен докембрий (эта часть ее задрана над зонами I и II; только в мелких грабенах сохранились здесь P_1 , T и J_1 . К северо-западу от р. М. Лабы сохранились и имеют большое развитие триас и лейас.

Зона IV поднята менее остальных и имеет ясно выраженный наклон к северо-западу.

9. Для суждения о направлении относительных движений зон в настоящий момент в работе В. Н. Робинсона данных не имеется.

К востоку от исследованного В. Н. Робинсоном района на сотни километров можно проследить структуры, свидетельствующие о роли колебательных движений в тектонике С. Кавказа. Только восточнее р. Б. Лабы нет той полноты стратиграфического разреза, какой характеризует верховья рек Лабы и Белой, а потому нет возможности проследить в деталях относительное движение глыб. Все же карбон сохранился от размыва до р. Чегем и позволяет установить на этом протяжении уже описанные колебательные движения. Так по Кубани, судя по карте Г. П. Агалина [9], лейас в северной зоне залегает на метаморфической свите М (верхний докембрий — эопалеозой), а непосредственно южнее разрыва, ограничивающего с юга эту зону, — на карбоне, имеющем громадную мощность. Южнее ряд

Таблица 2
(Table 2)

Название зон (Definition of zones)	I	II	II	III	III	IV	I	IV
Орогенические фазы (Phases of orogeny)								
Положение после судетской фазы (The position subsequent to the sudet-kean phase)	↑ (P)	↓	↓	↑	↑	↓	—	—
Астурийская (Asturean)	?	?	?	?	?	?	↓	↑
Урушенская (Uruschenean)	—	—	↓	↑	↑	↓	—	—
Заальская (Zaahl)	—	—	↓	↑	↑	↓	↓	↑
Лабинская (Labinskean)	—	—	↑	↓	↓	↑	↑	↓
Древнекембрийская (Ancient-cambrian)	↑	↓	↑	↓	↓	↑	—	—
Альпийская (Alpean)	?	?	?	?	?	?	—	—
Современное положение (The present position)	Ia Ib ↑ ↓	↓	NW часть SE часть ↑ ↓	↓ ↑	↑	↓	—	—

продольных разрывов расчленяет северный склон Главного хребта на ряд зон (глыб), резко различающихся по своему строению.

По р. Малке, по данным исследований А. П. Герасимова [6], в одной из северных зон лейас лежит на метаморфической свите и по разрыву приходится впритык к карбону, имеющему большое развитие непосредственно южнее разрыва, и притом только южнее. Совершенно очевидно, что зона севернее разрыва была поднята после карбона, но до лейаса. Карбон здесь был смыт, а южнее, в отставшей при восходящем движении зоне, сохранился. После лейаса, наоборот, северная глыба опустилась, а южная поднялась, но в южной лейас был смыт, а в северной сохранился и был приведен впритык к карбону. Такая же картина, по данным С. П. Соловьева, наблюдается по р. Баксану и, по отрывочным данным С. И. Талдыкина, по р. Чегему. Таким образом на всем протяжении, где сохраняется карбон на Северном Кавказе, т. е. на протяжении 250 км от р. Белой до р. Чегема, отчетливо прослеживается структура, обусловленная колебательными движениями. Восточнее непосредственно на древнем кристаллическом фундаменте ($A+\gamma$) залегает только лейас, что затрудняет доказательства роли колебательных движений. Только на коротком протяжении в верховьях рек Гизель — Дона из-под юры выступают отложения верхнего карбона и нижней перми, сохранившиеся здесь несомненно в какой-то зоне погружения от размыва после заальской и древнекембрийской складчатостей.

Установленные Л. А. Варданянцем [10] по Гизель — Дону пермь и карбон являются яркими свидетелями того, что эти отложения имели широкое распространение на Кавказе и перекрывали все же мелкие зоны или глыбы, на которые распалась вся область Главного хребта по крайней мере еще в докарбонное время.

Вертикальные или точнее почти вертикальные движения прослежены нами по крайней мере с докарбонного по настоящее время на северо-западном и Центральном Кавказе и с верхнеюрского по настоящее время в центральной части Закавказья. Следует еще отметить, что на основании геоморфологических наблюдений на северном склоне Центрального Кавказа Л. А. Варданянц [11] пришел к выводу, что в четвертичное и в настоящее время происходили и происходят крупные (с амплитудой в 1 км) подвижки отдельных глыб.

Амплитуды колебательных движений. Для определения амплитуды погружения и поднятия воспользуемся следующими элементарными положениями.

1. Перед трансгрессией начинается общее погружение области, сопровождаемое дифференциальными движениями составляющих ее глыб (зон). К началу погружения эрозия создает пенепленизированную поверхность, которая приходится на некоторой высоте h_n над уровнем моря. С момента захвата области морем происходит накопление толщи осадков и одновременно их складчатость; последняя увеличивает толщину осадков на некоторую величину Δh_o ; к концу погружения морской бассейн вообще не заполняется доверху осадками, — над ними сохраняется слой воды h_a .

Таким образом величина погружения H_1 будет равна $h_n + h_o + \Delta h_o + h_a = H$.

2. Во время поднятия всей области в целом происходят те же дифференциальные движения составляющих ее глыб и продолжается склад-

чатость отложенных осадков, увеличивающая толщину покрова последних на некоторую дополнительную величину Δh_b . Если обозначить абсолютную высоту постели осадочного покрова в конце поднятия через h'_n , то для величины поднятия H_2 получим: $H_2 = h_0 + \Delta h_0 + \Delta h'_0 + h_n + h_b$, причем h'_n будет величиной положительной, если основание осадочной толщи окажется поднятым над уровнем моря, и отрицательной, если оно будет ниже уровня моря к концу поднятия. В последнем случае величина h'_n вообще остается неизвестной; поэтому амплитуду поднятия следует определять иначе. Она будет равна абсолютной высоте h^a_0 , на которой обнажаются осадки, плюс мощность удаленных эрозией осадков h^s_0 , вместе с дополнительной величиной прироста толщины за счет складчатости Δh^s_0 и плюс глубина бассейна h_b перед началом поднятия, т. е. $H_2 = h^a_0 + h^s_0 + h_b$.

Для упрощения можно принять, что $h_n = 0,5$ км, $h_b = 0,5$ км.

Величины Δh_0 и $\Delta h'_0$ характеризуют интенсивность складчатости и зависят от глубины погружения и высоты поднятия, от наклонов, ограничивающих глыбы разрывов и взаимоотношения последних, т. е. от того представляет ли или иная глыба горст или грабен. Теоретически, исходя только из напряжений, возникающих при колебательных движениях, величины Δh_0 и $\Delta h'_0$ определить трудно. В общем они прямо пропорциональны величине опережающего движения той или иной глыбы по отношению к смежным глыбам и величине сокращения ширины глыбы, зависящей в свою очередь от угла наклона разрывов и глубины погружения. В простейшем случае погружения горста между двумя грабенами $\Delta h_0 = h \cos \varphi$, где h — величина относительного погружения, а φ — средний угол наклона разрывов. При $\varphi = 75^\circ$ $\Delta h_0 = 0,25 h$. Увеличение толщины осадочной оболочки от складчатости может быть определено в некоторых случаях практически по детальным геологическим разрезам. В отдельных случаях толщина осадочной оболочки может быть в два раза больше истинной мощности осадков.

3. Амплитуда колебательных движений может быть относительной, если она характеризует опережающее перемещение той или иной глыбы по сравнению с другими, в частности со смежными, и абсолютной, если она характеризует перемещение какой-либо точки фундамента по отношению к уровню океана, если изменение последнего не принимать во внимание. Особый интерес и значение имеет определение максимальной абсолютной амплитуды колебания, соответствующей максимальному погружению в какой-либо цикл и максимальному поднятию, имевшему место хотя бы и в другой цикл. Эта амплитуда может служить критерием при определении глубины, на которую распространяются разрывы и ограниченные ими глыбы, или, иначе говоря, вертикальное (по земному радиусу) измерение глыб, что в свою очередь важно для уяснения природы колебательных движений.

Выше уже отмечалось, что величина относительных перемещений смежных глыб измеряется километрами. Можно еще отметить для примера, что при мощности карбона в бассейне Лабы около 2,5 км относительное поднятие зоны III (см. выше) в заальскую орогеническую фазу, приведшее к уничтожению эрозией всей перми, всего карбона и к какой-то неизвестной части древнего фундамента, выражается величиной порядка 3—5 км. Современное положение зо-

ны Передового хребта в Балкарии по отношению к зоне продольной долины Штулу [15] указывает на относительное поднятие первой по меньшей мере на 5—6 км, а весьма возможно и значительно больше. Еще большее относительное поднятие 6—7 км) может быть установлено для зоны Главного хребта в собственном смысле по отношению к зоне его южного склона; в последней, судя по построениям, мезозойские осадки распространяются значительно ниже уровня моря, в то время как достигающие 5 км и более высшие точки Главного хребта к западу от Мамиссона не несут никаких признаков мезозоя и сложены докембрием.

В одной из своих прежних работ [3] я имел возможность высказать соображения, на основании которых для зоны Главного хребта абсолютная амплитуда поднятия определяется по меньшей мере в 10 км. Для геосинклинальной зоны южного склона Главного хребта, сложенной флишевыми осадками юры и мела, а в южной части и третичными отложениями, амплитуда поднятия, характеризующая современное положение этих осадков, определяется как минимум в 7—8 км, так как морские юрские осадки слагают вершины в 4 км и более ($h^a_0 > 4$ км), эрозией смыто меловых и юрских осадков свыше 2 км ($h^s_0 > 2$ км) мощности, а в действительности смытая покрывка значительно больше, так как складчатость здесь очень интенсивная (величина Δh^s_0 здесь большая, вероятно не менее 1 км); поднятие этой зоны началось повидимому при относительно большой глубине бассейна: $H_2 = h^a_0 + h_n + h_b = (4+) + (2+) + 1 + 0,5 = 7,5$ км.

Исходя из такой величины поднятия зоны южного склона Главного хребта и из приведенной выше величины (6—7 км) отставания ее от зоны Главного хребта в собственном смысле, можно заключить, что абсолютная амплитуда поднятия зоны Главного хребта на Центральном Кавказе определяется цифрой порядка 14—15 км.

Амплитуда погружения зоны южного склона Главного хребта к концу мелового периода определяется по меньшей мере в 10—12 км, ибо 1) по данным В. Н. Ренгартена [4] мощность юрских и меловых осадков достигает здесь 9 км ($h_0 = \approx 9$ км), 2) до юрской трансгрессии с nivelированная эрозией перед тем зона поднятия возвышалась к началу погружения над уровнем моря по меньшей мере на 0,5 км ($h_n = 0,5$ км), 3) большое погружение несомненно сопровождалось складчатостью и увеличением толщины осадочного покрова (Δh_0 значительно) и 4) к концу погружения глубина бассейна была относительно велика ($h_b = 0,5$ км условно), т. е. $H_1 + h_n + h_b + \Delta h_0 + 9 + 0,5 + \Delta h_0 = 10$ км $+ h_0$ может быть 12 км, при $\Delta h_0 = 2$ км, что весьма вероятно.

В отношении последнего вычисления глубины погружения надо сделать оговорку. Надо учитывать, что мощность юры и мела в флишевой зоне измеряется, как это само собой понятно, не в одном пункте, а в разных тектонических подзонах (чешуях, глыбах), разделенных разрывами. Для меня не подлежит сомнению, что наблюдаемое ныне чешуйчатое строение зоны в целом представляет результат колебательных дифференциальных движений последней, происходивших не только в третичное время, но и в юрский и меловой периоды. Пока нет оснований категорически утверждать или отрицать, что в каждой чешуе всей зоны происходило непрерывное накопление всех тех осадков юры и мела, которые мы теперь наблюдаем (и суммируем) в разных чешуях; наблюдаемые данные истол-

ковываются пока как показатели непрерывности накопления осадков, все же надо иметь в виду, что скорость отложения осадков в разных позонах была не одинакова. Поэтому вычисленная величина погружения в 10—12 км должна рассматриваться лишь как ориентировочная и вероятная.

Размеры глыб, испытывающих колебательные движения. Охарактеризованные мною зоны или глыбы в Закавказье прослежены в исследованном районе на 30—40 км по простиранию. В исследованном В. Н. Робинсоном районе Белой и Лабы зоны прослеживаются километров на 60, продолжаясь и далее к северо-западу и юго-востоку. Некоторые разрывы, ограничивающие быть может и более крупного порядка зоны, прослеживаются на Кавказе на многие сотни километров. Таковы например «надвиг Главного хребта», затем надвиг лейаса на карбонатовые сланцевые свиты в зоне южного склона Главного хребта и еще ряд других, перечислять которые нет надобности.

Ширина глыб различная и подвержена колебаниям. В одних случаях она равна 3—5 км, в других достигает 10—15 км. Глыбы, даже достаточно широкие, вследствие сближения ограничивающих их разрывов местами резко сужаются, почти выклиниваются, но затем снова расширяются.

Длина и ширина глыб доступны непосредственным измерениям на поверхности.

Вертикальное измерение или глубины зон недоступны непосредственным наблюдениям. О глубине, на которую распространяются глыбы, испытывающие колебательные движения, можно составить представление, с одной стороны, по амплитуде колебаний, а с другой — на основании существующих представлений о строении земной коры, представлений, удовлетворяющих установленным особенностям и закономерностям колебательных движений. Если по наблюдениям на поверхности и удастся установить амплитуду колебаний в 12—15 км, то совершенно естественно напрашивается заключение, что на недоступной наблюдениям глубине глыбы продолжают еще весьма значительно. Едва ли будет большой ошибкой считать, что при отсутствии в доступных наблюдению верхних частях глыб каких-либо признаков изменения состава и структуры последних на глубине скрыта от нас по крайней мере такая же часть глыб, какая доступна наблюдению. В таком случае вертикальное измерение глыб будет выражаться цифрами порядка 25—30 км.

Надо полагать, что причина относительных повторно-встречных радиальных движений при сохраняющихся в течение ряда геологических периодов границах зон кроется не в каких-то особых свойствах разрывов, ограничивающих зоны, а в основании последних. Именно надо полагать, что неодинаковое для каждой зоны воздействие снизу обуславливает закономерные чередования в опережающем поднятии или опускании зон, составляющих ту или иную систему; боковое давление, которому часто приписывают роль фактора, вызывающего поднятие и опускание, не может объяснить установленной закономерности движений; боковое давление, воздействуя на систему клинообразных глыб, не может обусловить того явления, что в каждую последовательную «орогеническую фазу» при общем поднятии всей системы глыб поочередно опережает то одна, то другая глыба.

Разработанная Джоли (J. Joly [16]) теория, сочетающая изостазию и периодическое расплавление базальтового субстрата под влиянием накопления радиоактивного тепла, дает объяснение колебательным движениям. Глубина зон должна в таком случае соответствовать толщине гранитной оболочки, определяемой различными способами в 30—35 км.

Таким образом имеются основания считать, что охарактеризованные зоны, испытывающие колебательные движения, имея только что определенные размеры и будучи ограничены наклонными разрывами, представляют собой длинные клинообразные пластины, распространяющиеся от поверхности до базальтового субстрата и неодинаково вдающиеся в последний.

Переходя к оценке роли этих колебательных движений в структуре Кавказа и вообще в тектонике земной коры, прежде всего нужно отметить, что никаких иных движений кроме описанных в рассмотренных областях Кавказа установить не удастся. Больше того, эти движения устраняют необходимость изыскивать какие-либо иные движения и, по моему мнению, вообще исключают эти последние. Колебательные движения объясняют все наблюдаемые стратиграфические и все тектонические соотношения от крупных их черт до самых мелких деталей. Они могут объяснить и проявления вулканических процессов. Можно заключить, что охарактеризованные движения являются единственной основной причиной, непосредственно обуславливающей геологическое строение той или иной области, включая сюда и стратиграфию, и тектонику, и вулканические явления. Эти же движения обуславливают изменения климатических условий и стоят в теснейшей связи с оледенениями [11].

Что иные движения кроме колебательных исключаются, явствует также из следующих соображений. Тот факт, что абсолютная амплитуда колебательных движений достигает 10—15 км, приводит к выводу о вероятной высоте (или глубине) зон, достигающей 25—30 км. Глыбы, будучи ограничены одними и теми же разрывами, колеблются в течение многих геологических периодов, на протяжении которых твердо установлены многочисленные «орогенические фазы».

Во время последних осадки собираются в складки, часто при этом в очень сложные их системы. Складчатость как процесс обычно связывается с тангенциальными движениями. Однако таковым нет места при установленном постоянстве колебательных движений и глубине их распространения, ибо если бы горизонтальные движения захватывали верхнюю осадочную оболочку, то для объяснения складчатости надо было бы допустить такое горизонтальное смещение, которое повлекло бы за собой срыв частей глыб и последующее несовпадение поверхностных (смещенных) частей разрывов с их продолжением на глубине, иначе говоря, это повлекло бы за собой невозможность сохранения постоянства колебательных движений глыб в их прежних границах. Вся воочию наблюдаемая картина геологического строения не могла бы существовать. Значит, горизонтальные движения в пределах верхней, подвергающейся складчатости части земной коры совершенно несовместимы с существующими колебательными движениями. Поскольку последние воочию наблюдаются, постольку первые, как с ними несовместимые, не существуют. Вместе с тем все существующие

в пределах указанных глыб стратиграфические соотношения не могут быть объяснены никакими иными движениями кроме охарактеризованных колебательных. Горизонтальные движения не могут объяснить и наблюдаемую складчатость в пределах тонкой покрывки осадочных пород на жестком кристаллическом основании, в то время как вертикальные или косо-наклонные колебательные движения глыб кристаллического фундамента, при которых возникают боковые (тангенциальные) напряжения, объясняют не только стратиграфические соотношения, но и самую складчатость. Анализ процессов, как это ясно из предыдущего, приводит к уже формулированному выводу: после периода эрозии и большей или меньшей пенепленизации области начинается общее погружение последней вследствие сокращения земного радиуса для погружающейся области возникают боковые сжимающие напряжения, которые и обуславливают складчатость. Погружение происходит неравномерно — одни глыбы при этом движении опережаются другими; быстрее, а стало быть и глубже, погружающиеся глыбы испытывают большие боковые давления, вследствие чего и складчатость здесь должна быть более интенсивной. Достигнув известного предела, погружение прекращается, и вслед за ним начинается общее поднятие всей области. Как это необыкновенно отчетливо устанавливается из вышеизложенного, поднятие происходит также неравномерно, оно имеет характер дифференциального движения — одни глыбы поднимаются с большей скоростью, другие отстают, причем в каждую последующую фазу поднятия глыбы движутся с большей скоростью поочередно. При таком дифференциальном восходящем движении, знаменующем собой увеличение земного радиуса для всей поднимающейся области, в верхних частях глыб возникают растягивающие напряжения и раздробление каждой зоны на более мелкие глыбы рядом продольных и косых разрывов. Такое раздробление чрезвычайно отчетливо выступает при рассмотрении карты В. Н. Робинсона. В какую-то из двух фаз — фазу поднятия или фазу погружения создаются благоприятные условия для внедрения с глубины магмы; этот вопрос требует особой проработки; на основании же только что приведенных мною фактических данных ответить на него с определенностью трудно. Появление в нижних горизонтах среднего карбона порфириров, порфириров и туфов как будто бы указывает, что внедрение магмы происходит повидимому после раздробления зон и периода эрозии в начальную стадию погружения, что внедрение магмы происходит повидимому после раздробления зон и периода эрозии в начальную стадию погружения. Внедрение магмы в осадочные комплексы создает расклинивание глыб и вызывает увеличение боковых сжимающих напряжений.

Из изложенного явствует, что обычно разграничиваемые между собой орогенические и эпейрогенические движения должны быть сведены к одним только колебательным движениям. Процессы складчатости являются только неизбежным следствием последних, а не представляют результата тангенциальных, совершенно не имеющих места и не могущих быть обоснованных движений. В каждом полном цикле колебания можно лишь различать фазу опускания, в течение которой происходит накопление осадков и их складчатость, и фазу поднятия, в течение которой продолжается складчатость, а затем происходит эрозия. В фазу опускания возникают горные сооружения как

структурные единицы, а в фазу поднятия вместе с тем и горные области как морфологические единицы.

Охарактеризованные колебательные движения небольших участков земной коры представляют лишь микротектонические движения. Только микротектоникой можно назвать тектонику участков, которые представляют не что иное как пластины от 3 до 10—15 км шириной, суживающиеся иногда до острых клиньев и в пределах которых наблюдается распадение на еще более мелкие участки. Но вместе с тем эта микротектоника представляет дифференциальные движения, сопутствующие общему поднятию или общему погружению более широких районов, на которые распадается та или иная в геологическом отношении единая область, как например Кавказ. Так участок от оси Главного хребта (точнее от «надвига Главного хребта») и до Предкавказской равнины, который распадается по меньшей мере на пять-шесть таких зон как охарактеризованные, можно и должно рассматривать как одну зону или глыбу, которая во время альпийской складчатости испытала относительно неглубокое погружение (она характеризуется в общем эпиконтинентального типа осадками) и затем громадное поднятие.

Смежную с ней «зону южного склона Главного хребта», характеризующуюся флишевыми геосинклинального типа осадками и заключенную между «надвигом Главного хребта» и «надвигом флишевых осадков на Закавказскую платформу», должно рассматривать как единую зону или глыбу, которая во время альпийской складчатости испытала наибольшее погружение и затем отстала в восходящем движении от зоны Главного хребта.

Закавказскую платформу, по крайней мере часть ее к западу от Тифлиса, заключенную между надвигом флишевых осадков на севере и надвигом Аджаро-имперетинского хребта и его продолжения — Триалетского хребта на юге, должно рассматривать опять-таки как единую зону или глыбу, которая в первое время альпийской складчатости испытала относительно небольшое погружение (она несет типично эпиконтинентальные осадки); в начале третичного времени южная ее часть представляла область поднятия, а затем после погружения и в процессе нового поднятия она отстала от флишевой зоны. Впрочем следует еще иметь в виду, что понятия большего или меньшего поднятия имеют условное значение и дают представление о соотношении зон лишь для определенного уровня эрозии; на другом уровне это соотношение может быть и обратным.

Аджаро-имперетинский и Триалетский хребты представляют тоже отдельную единую зону, южная граница которой замаскирована четвертичными породами — лавами Ахалкалакского плато.

Область нынешней Предкавказской равнины, включающей Ставропольскую возвышенность и расположенные к западу и к востоку от нее низменности (Терскую и Прикубанскую), должна рассматриваться как отдельная зона, равнозначная таковой Главного хребта.

На эти более крупные зоны или глыбы могут и должны быть расчленены составляющие их глыбы. Иначе говоря, испытывают колебательные пространены те закономерности, которые установлены для более мелких движений в целом и более крупные отмеченные глыбы; эти движения и только они, могут объяснить стратиграфические особенности крупных зон и их тектонические соотношения. Проследить в деталях со времени древнего палеозоя по настоящее время относительные пере-

мещения крупных зон в такой мере, как это сделано для составляющих их глыб, нет возможности. Но все же некоторые этапы таких перемещений можно отметить.

Зона Главного хребта в широком смысле в настоящее время высоко поднята над Предкавказской равниной, которая представляет зону погружения на южной окраине русской плиты; в низменностях на Предкавказской равнине четвертичные континентальные отложения залегают на сотни метров ниже уровня моря; теперь это зона погружения — зона накопления осадков, в то время как в мезозойское время здесь была суша, продукты эрозии которой сносились отсюда в нынешнюю зону Главного хребта, представлявшую тогда зону погружения.

Стало быть здесь мы имеем дело с типичным колебательным движением уже крупных участков земной коры; механизм движений дает основание строить крупный разрыв по границе зоны Главного хребта и Предкавказской равнины.

Аджаро-имперетинский и Тriaлетский хребты в настоящее время представляют зону поднятия по отношению к Закавказской платформе, тогда как во время верхнего мезозоя и в палеогене она представляла глубокую зону погружения, в которую сносились тогда продукты эрозии с Закавказской платформы, представлявшей, наоборот, зону поднятия.

Такое же соотношение устанавливается и между Закавказской платформой и флишевой зоной южного склона Главного хребта.

Таким образом и крупные зоны поочередно то опускаются, то поднимаются; они испытывают такие же колебательные движения, как и мелкие зоны.

Необходимо подчеркнуть, что все это наблюдается на Кавказе, т. е. в той области, которая считается типичной геосинклинальной и противопоставляется устойчивым континентальным массивам или плитам.

Для геосинклинальных областей характерным признаком считаются обуславливающие складчатость тангенциальные напряжения, а для континентальных массивов колебательные движения. Мы видим, что обуславливающие тектонику процессы являются едиными как в геосинклинальных зонах, так и на континентальных платформах. Разница здесь лишь количественная, а не качественная — в геосинклинальных зонах имеют место большая раздробленность на второстепенные и более высокого порядка глыбы и большие амплитуды колебаний по сравнению с континентальными платформами. Характерные же признаки колебательных движений — несоответствия стратиграфических разрезов смежных зон на платформах — проявляются так же, как и в геосинклиналях. Можно указать несколько примеров. Азовско-подольский кристаллический щит и Днепровско-донецкая впадина (см. разрез и соответствующую литературу у Архангельского [13], стр. 14) представляют две крупные зоны, стратиграфическое несоответствие которых может быть объяснено только колебательными движениями, причем как по северной границе кристаллического щита, так и по южной его границе должны быть крупные разрывы, по которым палеозой, юра, мел и отчасти палеоген Днепровско-донецкой впадины и палеозой, покрытый мелом южной окраины щита, приходятся впритык к докембрию последнего; именно здесь должны быть разрывы, а не внезапное и всюду в одном месте для палеозоя, юры, мела и палеогена выклинивание последних.

Еще резче выступает несоответствие стратиграфических колонок на Воронежском горсте (докембрий, верхний мел, палеоген), к югу от него (неизвестно на чем лежащий карбон, верхний мел, палеоген) и к северу от него (неизвестно на чем лежащий девон, мезозойская свита древневерхнего мела, верхний мел). И здесь по границам «горста» должны быть разрывы, по которым многократно, со времен по крайней мере девона, происходили колебательные движения.

Наглядным примером роли колебательных движений в геологической структуре является сбросовая впадина долины Рейна (средняя юра, третичные отложения, древний аллювий, современный аллювий и прилегающие к ней Шварцвальд (гнейсы, граниты, пермь, нижний триас) и Вогезы (гнейсы и граниты, нижний, средний и верхний триасы, местами лейас); эти три крупные зоны в свою очередь распадаются по сбросам на ряд более мелких глыб.

Из геосинклинальных областей, аналогичных Кавказу, можно указать Аппалачские горы, где колебательные движения особенно отчетливо обнаруживаются и прослеживаются со времен нижнего кембрия. Ruedemann [12], подчеркнувший их роль в строении Аппалачей, все же склонен объяснить самые движения боковым давлением, что, по моему мнению, свидетельствует лишь о тех трудностях, с какими приходится встречаться благодаря укоренившейся теории горизонтальных перемещений.

Ограничимся приведенными примерами, ибо их слишком много.

Роль вертикальных движений в образовании всего многообразия геологических структур давно уже выдвигалась многими крупными учеными. В последнее время особое внимание привлекают работы таких ученых, как Heritsch, Buie, Lindemann. Даже такие покровные структуры, какие наблюдаются в Альпах, объясняются Heritsch не грандиозными горизонтальными перемещениями, а скольжением, сопутствующим явлением при вертикальных движениях.

Теория колебательных движений в самые последние годы была разработана Хаарманном (E. Haarmann [18]). Все нарушения залегания пород в земной коре по этой теории представляют сопутствующие и последующие явления вертикальных движений осцилляций. Понятия и опускания имеют дифференциальный характер. Дислокации, связанные непосредственно с осцилляциями (глубинные трещины, разрывы, сжатие), представляют первичную тектонику. Создаваемое при вертикальных движениях различие в высотах вызывает наклон — предпосылку для возникновения многих более очевидных форм вторичной тектоники. Под влиянием силы тяжести слои движутся по склону, причем на его более высокой части, как следствие, возникают растяжения, а в более глубокой — сжатия. В зависимости от уклона, а также природы и мощности пород создаются условия для того или иного способа вторично тектонического оформления. Складчатые структуры во всем их многообразии представляют следствие упомянутых скольжений. За осцилляциями следуют движения субстрата твердой коры. Вследствие своего периодически одновременного появления, охватывающего всю землю, они имеют, по мнению Хаарманна, космические причины. Вызванное последними перемещение полюсов влечет за собой при новом приспособлении эллипсоида вращения земли вспучивания — геотумы, и погружения — геодепрессии. До сего времени перемещения полюсов делались ответственными только непо-

средственно за горизонтальные движения, но последним земная кора противостояла бы, в то время как она не оказывает заметного сопротивления вертикальным движениям. В образовании тумора принимают участие главным образом самые верхние, наиболее легкие, т. е. салические магмы; там, где они присутствуют под застывшей корой они не образуют повидимому единой цельной сферической оболочки. Этим более легким материалом, достигающим основания возвышенностей, объясняется, по мнению автора теории, широко распространяющееся изостатическое равновесие земли.

Как мною указывалось уже выше, столь очевидные, со всеми сопутствующими и последующими явлениями колебательные движения находят себе полное объяснение в теории Джоли, сочетающей изостатику с периодическим расплавлением базальтового субстрата под влиянием накопления радиоактивного тепла.

В русской геологической литературе колебательные движения в последнее время отмечаются, но им приписывается лишь пассивная роль в складкообразовании. Так А. Д. Архангельский, отмечая повторяемость движений земной коры, говорит по существу о колебательных движениях. «В настоящее время однако выяснено, что каждая из главных эпох (горообразования) в свою очередь распадается на ряд фаз, в которых существуют свои пароксизмы складчатости, подразделяющиеся периодами покоя и погружения. Во всяком случае для геосинклинальных областей прочно установлена периодичность, или вернее повторяемость, движений земной коры, причем каждый период начинается погружением и заканчивается складчатостью и поднятием» ([13], стр. 7).

М. М. Тетяев, разделяя по времени периоды колебательных движений от моментов складкообразования, считает те и другие процессы за качественно различные формы геотектогенеза: «...нужно указать, что моменты складкообразования как специфической частной формы геотектогенеза и в ходе исторического развития земли сменяют длительные периоды колебательных движений земной поверхности, представляющих другую частную форму геотектогенеза, качественно отличную от первой. В этом смысле складчатая зона есть конкретное выражение качественного перехода одной формы движения в другую. Если осцилляционные колебания, вытекающие из борьбы обуславливающих их противоречий путем постепенного нарастания, переходят в качественно иную форму геотектогенеза складчатости, последняя появляется перед нами как временное разрешение этих противоречий, как определенный этап в диалектическом ходе истории земли» ([14], стр. 13).

Между тем на основании анализа структуры такой складчатой области, как Кавказ, с одной стороны, и платформы — с другой, приходится заключить, что движения всюду являются едиными качественно, отличаясь лишь в количественном отношении; в результате создается различная интенсивность складчатости, отнюдь не чуждая, как это известно, и платформам³.

Подводя итоги изложенным фактическим данным и соображениям, можно заключить, что структура Кавказа типичной складчатой обла-

³ Примечание редакции. Редакция предполагает в одном из очередных номеров журнала «Проблемы советской геологии» поместить редакционную статью и дискуссионный материал по общим вопросам геотектоники. Просим авторов материала для этого номера направлять в редакцию до 1/XI 1933 г.

сти определяется колебательными движениями. Эти последние с необыкновенной отчетливостью устанавливаются в тех районах, где выходит на поверхность или располагается сравнительно неглубоко древний кристаллический фундамент и где на нем сохранились разного возраста осадки. В других районах, где выхода мощных складчатых осадочных комплексов юры лишь окаймляются выходами мела и третичных отложений, колебательные движения непосредственно устанавливаются редко с такой очевидностью, но они подтверждаются наблюдаемыми формами тектоники и стратиграфическими соотношениями и фаціальными особенностями осадков; колебательные движения объясняют геологическую структуру Кавказа во всем ее многообразии. Несомненно, что основным фактором, обуславливающим эту последнюю, являются, как это было высказано еще раньше (Argand [18, 20]), распространяющиеся с глубины движения жесткого кристаллического фундамента. Эти последние представляют поднятия и опускания с громадной амплитудой. В осадочной покрывке они проявляются в зависимости от ее мощности и амплитуды и направления движения или разрывами, или фленизрообразными изогнутыми, или сложными складчатыми структурами. Последние возникают главным образом под влиянием восковых сжимающих напряжений при дифференциальном движении глыб фундамента, а также вследствие сопутствующих явлений — скольжения со стороны глыб, поднятых в сторону глыб, ниже расположенных (отставших в поднятии или опередивших в погружении). Горизонтальных движений, которые обычно привлекаются для объяснения складчатости, в пределах верхних покрытых осадками частей обломков фундамента не существует, так как они оказываются несовместимыми с очевидными колебательными движениями; в противоположность последним горизонтальные движения представляют лишь плод умозаключений, сделанных для объяснения складчатости.

СПИСОК ЦИТИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов И. Г. — Краткая заметка о так называемой юрской нефти в Юго-Осетии и Рачинском везе.
2. Робинсон В. Н. — Геологический обзор области триаса и палеозоя бассейнов рек Лабы и Блоя на Северном Кавказе. «Труды Всесоюзного ГРО» вып. 226, 1932.
3. Кузнецов И. Г. — Геологическое строение района курорта Шамшова (бассейн Чангахи на Центральном Кавказе. «Труды Всесоюзного ГРО» вып. 151, 1931.
4. Ренгартен В. П. — Геологический очерк района Военно-грузинской дороги. «Труды Всесоюзного ГРО» вып. 148, 1932.
5. Ренгартен В. П. — Новые данные по тектонике Кавказа. «Записки Рос. мин. о-ва» ч. 4, вып. II, 1936.
6. Герасимов А. П. — Обзор современных данных по геологии Северного Кавказа. «Известия Геолкома» т. XVII, 1928.
7. Герасимов А. П. — К вопросу о возрасте древнейших свит на Северном Кавказе. «Известия Геолкома» т. XVIII, 1929.
8. Вядов О. С. и Пикшич И. И. — Возраст даховской и шибобинской гранитной интрузии на Северном Кавказе. «Изв. Геолкома» № 9—10, 1938.
9. Агапин Г. П. — Краткий очерк центральной части Большого Карачая. «Известия Геолкома» т. XVIII, № 4, стр. 463—476, 1929.
10. Варданянц Л. А. — О некоторых стратиграфических и тектонических соотношениях на Центральном Кавказе между Военно-грузинской и Военно-осетинской дорогами. «Известия Геолкома» т. XVIII, № 4, 1929.
11. Варданянц Л. А. — Эпихаотическая орогенеза в Горной Осетии (Центральный Кавказ). «Известия Гос. геол. о-ва» т. XIV, вып. VI, 1932.

12. Ruedemann R. — Alternating Oscillatory Movement in the Chazy and Lewis Troughs of the Appalachian Geosyncline. „Bull. Geol. Soc. America“ 40, 1929 (реферат К. Тейхера в „N. J. f. M., G. a P.“. Referate II, N. 5, 636—637, 1930).
13. Архангельский А. Д. — Геологическое строение СССР. Европейская и Среднеазиатская части, 1932.
14. Тетяев М. М. — Принципы геотектонического районирования территории СССР. „Проблемы советской геологии“ № 1, 1933.
15. Кузнецов И. Г. — Некоторые соображения о стратиграфическом и тектоническом положении „сланцев Главного хребта“ на Кавказе. „Известия Геолкома“ т. XV, № 3 1926.
16. Joly J. — The surface History of the Earth. Русск. перев. под ред. акад. А. Д. Архангельского. История поверхности земли. Л.—М. 1929.
17. Геологическая карта Кавказа в масштабе 1:1000000, составленная Институтом геологической карты ГГРУ, 1929.
18. Naegle E. — La tectonique de l'Asie. „Congr. Géol. Intern.“, C. R. de la XIII^{es} sess., Bruxelles 1922.
19. Argand E. — Die Oszillationstheorie.
20. Борисьяк А. — Тектоника Азии. „Природа“ №№ 4 и 12, 1927.

ЛЕНИНГРАД, Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт.

(Рукопись поступила 15 июня 1933 г.)

The oscillatory movements of the earth's crust and their role in the structure of Caucasus

(Summary)

I. G. Kuznetsov

The study of the principal actual material accumulated during the past ten years of detailed geological investigation of Caucasus leads to definite conclusions, namely, that the whole structure of Caucasus is dependent of the oscillatory movements (oscillations) to be traced from distant past to the present time.

Two extremely illustrative examples show the part played by oscillations in the historical development of the structure of different districts of Caucasus, while the study of numerous data related to other districts permits to extend these conclusions to the general role of oscillations in orogeny.

1. In the district of Transcaucasus investigated by the author and situated between the slopes of the Main range and the Dzerulsky massif three zones divided by breaks (fig. 1) are found. The comparison of cores obtained within these zones shows that the repeated transgressions which took place since the time of titonean have spread simultaneously everywhere and embraced all the zones; but erosion preceding the transgression has destroyed enormous beds of older sediments within some zones, while within other zones the effect of erosion is either slight or the erosion has not taken place at all and the transgressively lying series conformably and continuously, or nearly continuously overlie the previously deposited sediments. This comparison of cores leads to the only possible conclusion, namely that during orogenetic phases and the cycles of erosion accompanying them the continuous uplifting of the whole region was taking place—some of the zones being uplifted more rapidly and higher than the others.

Moreover, it appears, that the zones which suffered the maximum uplifting during one of the phases and were subjected to the strongest dissection as a rule lag behind the adjacent zone in their ascending movement and are less subject to erosion.

Thus repeated relative counted-movements of zones constituting the given region are established. It is of importance that the zones subjected to oscillatory motions keep their boundaries during a number of geological periods. Within the region of Transcaucasus under discussion, oscillations are to be traced since the beginning of titonean and up to the present time. Stratigraphic and tectonic relations of zones and the direction of relative movement are illustrated by the geological section (fig. 1 and table 1). In the table 1 the sign ↑ shows ascension in the uplifting, and the sign ↓ the lagging in the ascending movement, or submersion.

2. In the North Caucasus within the district of the rr. Laba and Belaja, thoroughly investigated by V. N. Robinson, four of five zones are of special interest; here the discordance of the cores makes the differential character of the repeated uplifts of the whole region extremely conspicuous and consequently also the different amount of erosion, which, before every new transgression took place, has destroyed enormous deposits of sediments subsequently in every zone. The study of the available data leads to the conclusion that as far back as the pre-carboniferous period the region was divided by a system of longitudinal breaks, into a number of zones which ever since have been subjected to oscillatory movements.

These zones are, in their turn, divided by an intricate system of breaks into blocks of minor importance. During the uplift not only are these zones overthrust upon one another, but they frequently assume inclinations along the strike now to one side, then to another. Stratigraphic and tectonic relations of zones and the direction of relative movements are illustrated by the section (fig. 2 and table 2).

Due to carboniferous being preserved in many districts of North Caucasus the oscillatory character of the movements within this region is to be traced to the extent of at least 25 km from the r. Belaja to Chequem. The structure of the headlands and that of the pre-Caucasus plain all along the North Caucasus furnish numerous data showing the part played by oscillations in the whole structure of North Caucasus.

According to V. N. Robinson, I. I. Nikshitch, O. S. Vialoff, G. P. Agalin, S. P. Solovieff, A. P. Guerassimov, I. G. Kuznetsov, L. A. Vardaniantz, N. V. Ouspenskaya and others, the oscillatory movements are to be traced at least from as far back as carboniferous period and up to our days.

The relative amplitude of the oscillations is measured in terms of kilometers, in some cases attaining 6—7 km; the absolute amplitude of the vertical displacements attains 10—12 and up to 15 km. The zones subjected to oscillatory movements are from 3 to 15 km wide; along the strike they are to be traced for scores and sometimes even hundreds of km. To the depth they certainly attain a value considerably greater than the amplitude of the oscillations. According to what is known as to the structure of earth's crust it may be surmised that the zones attain the depth 25—30 km. Oscillatory zones keep their geological boundaries through a number of geological periods. During submersions and uplifts lateral compressive stresses take place, resulting in folding, breaking the zones into minor blocks, folding, of the margins of the zones with the consequent complexity of the tectonics observed. The slip of the sediments

down the inclines of the zones being uplifted results in the formation of folded forms of still greater complexity which are to be observed in the Caucasus as well as in other folded regions. Thus, the oscillatory movements explain all the geological phenomena such as transgression of seas accumulation of sediments, their facial features, all the tectonic forms, erosion, zonal distribution of sediments belonging to different ages and volcanism; they explain also glaciation and geomorphological features of the region.

There is no need to seek for the explanation of the folded structures in the existence of horizontal movements. In the history of the geotectonic formation of Caucasus there is no reasonable evidence of the existence of such horizontal movements. Furthermore, the idea of horizontal movements is unconformable with the vertical movements actually observed, for the latter are to be traced through many geological periods and take place along the once formed breaks. If the horizontal movements had truly taken place, the upper parts of breaks would have been displaced and would not eventually coincide with their continuation at depth.

The numerous actual data concerning the structure of casus fully coincide with E. Caucasus fully coincide with E. Haarmann oscillatory theory.

The whole structure of Caucasus should be considered from this point of view and its division into geotectonic regions should be accordingly made. Taking the latter as a point of departure a number of practical problems could be solved and conjunctures as to the structure of different districts at unattainable depths may be arrived at.

Проблема множественности оледенений в связи с изучением четвертичных млекопитающих¹

В. И. Громов

В настоящее время не подлежит сомнению, что наметившееся в плиocene похолодание климата привело в результате к резкому проявлению ледниковой деятельности в четвертичное время, когда сплошной ледниковый покров достигал таких широт, где теперь господствует умеренный и даже теплый климат. Это оледенение оставило многочисленные и ясные следы в виде конечных и донных морен, изоброжденных и отшлифованных скал, встреченных этим мощным ледником на своем пути, камовозов и пр.

Большинство ученых склонно признавать, что в четвертичное время на территории Евразии было четыре самостоятельные оледенения, разделенные длительными межледниковыми эпохами с климатом даже более мягким, чем современный. Однако вопрос о повторности оледенений не может считаться еще решенным окончательно. Одно лишь можно с уверенностью сказать: если эти оледенения действительно имели место, то они не могли не оказать существенного влияния на развитие животного и растительного мира и должны были обусловить последовательную смену холодных и теплых фаунистических комплексов и растительных ассоциаций. Так это и принимается в настоящее время защитниками полигляциализма.

Таким образом проблема повторности оледенений и вообще проблема оледенения теснейшим образом связывается с историей флоры и фауны, которые наряду с остатками ископаемого человека являются важнейшими элементами четвертичной стратиграфии. Не менее важным элементом стратиграфии для понимания этой истории являются также ископаемые почвы. Однако приходится признать, что современная стратиграфия четвертичных отложений строится преимущественно на данных литологии и геоморфологии в соединении с широкой интерполяцией и даже экстраполяцией. Далеко не в полном объеме используется даже тот фаунистический материал, которым мы в настоящее время располагаем. Эта односторонность в соединении с желанием перенести альпийскую схему оледенения на нашу территорию приводит к тому, что в Сибири например, где даже размеры оледенения еще далеко не установлены, улавливаются такие мелкие осцилляции альпийского ледника как Бюль, Даун и Гжнитц. Когда по одному ледниковому валуну, к тому же сомнительного происхождения, най-

¹ Настоящая статья ни в какой мере не претендует на окончательное разрешение вопроса, являясь лишь предварительной работой — В. Г.

денному в тайге, устанавливается не только факт оледенения данного района или данной области, но определяется принадлежность этого валуна к определенной ледниковой эпохе, когда аллювиальные пески, не содержащие валунов, принимаются за «безвалунную конечную морену», когда колебания береговой линии в низовьях таких крупных рек как Обь связываются с аккумуляцией пойм в их верховьях и пр., когда при всех этих построениях отсутствует какой-либо палеонтологический материал, то относительно такой стратиграфии четвертичных отложений (в данном случае Сибири) приходится по меньшей мере сказать, что она не имеет никакого палеонтологического обоснования.

Несколько лучше обстоит дело в этом отношении для европейской части СССР, хотя здесь главное внимание уделяется беспозвоночным чего конечно недостаточно для полноты картины. Процент работ, где давалась бы критическая оценка палеонтологического материала для более или менее крупных стратиграфических единиц, ничтожно мал. Сводных палеонтологических работ до сих пор по нашему Союзу не существует совершенно, и не случайно поэтому, что при составлении геологической карты для международного четвертичного конгресса в 1932 г. С. А. Яковлев базировался именно на литологии. Так например в украинских лессах были подсчитаны даже мельчайшие гумусированные прослойки, которые отождествлены с позднеледниковыми мелкими осцилляциями альпийских ледников; в соответствии с количеством ископаемых почвенных горизонтов, которые рассматривались как межледниковые образования, эти лессы были разделены на четыре яруса и увязаны с миндельским, рисским, вюрмским и неовюрмским оледенениями Альп. Та же схема была перенесена и на Азовское побережье, где такое же количество гумусированных прослоев дало возможность параллелизовать их с украинскими и выделить в серии азовских отложений миндель, рисс, вюрм и неовюрм с соответствующими межледниковыми эпохами. Но при первой же попытке палеонтологически обосновать эти схемы оказалось невозможным установить смену теплых и холодных фаунистических комплексов, несмотря на предполагаемую близость подходивших в то время сюда ледников.

Нет смены холодной и теплой фауны и в мощной серии нижневолжских отложений, среди которых также различают отложения холодных ледниковых и теплых межледниковых эпох.

Нет этого и до сих пор нигде в другом месте, по крайней мере никто для громадной территории СССР такого факта указать не мог.

Что же касается западноевропейского материала, то и там достаточно убедительных данных, свидетельствующих о смене холодных и теплых фаун, в сущности не приводится. Для этого достаточно сравнить хотя бы схемы Осборна, Буля, Виггера, Байера и др. Здесь нужно однако особенно подчеркнуть, что все сказанное относится преимущественно к фауне млекопитающих. В отношении беспозвоночных некоторые факты еще требуют своего объяснения.

Из этих примеров видно, что существующая в настоящее время схема истории четвертичного периода на территории СССР палеонтологического обоснования не имеет. Неудивительно поэтому, что если мы имеем более или менее правильное представление о геологической истории в узком смысле, то о развитии органического мира, о тех климатических изменениях, которые имели место в течение квартала, нам приходится высказывать по большей части лишь априорные суждения. А это нередко приводит к тому, что например в миндель-рис-

ских песках оказывается фауна верхнеплиоценового облика, в континентальных эоловых лессах — морская лиманного типа фауна, в «холодных» отложениях ледниковых эпох — теплая фауна и т. д.

Неудивительно поэтому и то, что первая же попытка суммировать накопившийся по фауне позвоночных довольно значительный уже материал не оправдала полностью всех построений, основанных главным образом на литологии и геоморфологии.

В прилагаемой таблице представлены все находки, имеющие стратиграфическое значение; при этом за каждой отдельной находкой (или группой находок) сохранено то возрастное определение, которое можно считать общепризнанным. Таким образом в таблице оказалось около 60 видов животных, стратиграфическое положение которых более или менее точно известно. Сведение этого материала в одну общую таблицу показало, что здесь мы имеем, во-первых, полное отсутствие каких-нибудь фаунистических комплексов, кроме одного, связанного с отложениями, которым приписывают вюрмский возраст. Мы видим здесь таким образом полное отсутствие не только холодной, но и вообще какой-либо рисской фауны, кроме сомнительного (в смысле возраста) пещерного из украинского лесса, полное отсутствие миндельской фауны и полное отсутствие гюнцкой фауны. И все же мы видим здесь развитие единой фауны, непрерывно связанной с современной без каких-либо разрывов, без всяких hiatus, которые можно было бы заполнить другими фаунами, пришедшими извне. Начало формирования этой фауны совпадает с самыми низами четвертичных отложений, которые обычно относят к гюнцкому оледенению или гюнц-миндельскому межледниковью. Она дает в результате типичную четвертичную фауну и затем, значительно обедненная, переходит в современную. Довольно хорошо можно проследить этот непрерывный исторический ход развития четвертичной фауны на некоторых отдельных группах. Так например для слоев переходных к кварталу наиболее типичным и характерным является *Mastodon arvernensis*, *Elephas cf. planif* и *E. meridionalis*; этот последний, обладавший зубами с широкой и низкой коронкой, с малым числом зубных пластинок, превращается в *Elephas trogontherii* (*E. Wüsti*, *M. Pawl*), имеющего значительно более высокую коронку, большее число зубных пластинок, иного характера эмаль; в свою очередь можно проследить его постепенное превращение в типичного мамонта, вымирающего уже в самом конце вюрмского времени.

Хорошо устанавливаются возрастные соотношения между *Cervus phitartarandoides*, *Cervus verticornis* и группой *megaceras*, вымершей уже в послевюрмское время. Весьма показательной представляется история рода *Bos*, начиная от короткорогого *Bison*, появляющегося в нижнем квартале и достигающего своего расцвета в «рисс-вюр» (*Bison priscus longicornis*), до угнетенной в «вюрме» короткорогой формы *Bison priscus Boj* (type), угасающей уже в историческое время.

Чрезвычайно важным фактом для истории четвертичной фауны является появление *Bovidae*, быков, в самых низах четвертичной толщи — в отложениях миндельского (?) возраста. Именно этот момент характеризуется также появлением слонов с высокой зубной коронкой и вымиранием плиоценовых форм (*Mastodon arvernensis* и может быть *Trogontherium cuvieri*), это дает возможность на палеонтологическом основании проводить границу между третичными и ранними четвертичными отложениями непосредственно под отложениями

миндельского возраста. Однако и на протяжении четвертичного периода все же можно выделить ряд самостоятельных фаунистических комплексов. Первый и древнейший из них объединяет эпохи миндельскую и миндель-рисскую, второй рисс-вюрмскую, являясь в то же время непосредственным продолжением предыдущего комплекса; он включает уже некоторые своеобразные и характерные только для него элементы в виде длиннорогих форм бизона, гигантского оленя типа *germanial*, эволюционировавшего *Elephas trogontherii* (в конце этой эпохи), уже очень близкого к мамонту. В самом конце этого времени появляются повидимому шерстистые носороги, многие холодолюбивые формы получают более широкое распространение.

До этого времени, т. е. до конца рисс-вюрмского межледникового, никаких холодных фаунистических элементов нам неизвестно и только в образованиях, относимых к последнему вюрмскому оледенению, появляются настоящие арктические виды. Мы видим здесь песца, белую куропатку, лемминга и целый ряд других типично тундровых или холодолюбивых форм, неизвестных нам раньше.

Эти формы распространяются широко в пределах европейской части нашего Союза и проникают до Крыма, в то время как в отложениях рисского времени — в хазарской толще, возраст которой определяется как конец рисса, мы не видим ни одной холодной формы, ни одного полярного животного. Это кажется тем более странным, что именно рисское оледенение как максимальное должно было вызвать появление арктических форм в более южных широтах. В действительности же только в отложениях, синхроничных последнему вюрмскому оледенению, мы находим на территории нашего Союза арктическую и холодолюбивую фауну (песец, белая куропатка и др.) даже в Крыму, тогда как в отложениях рисского времени (правда конца его) мы не только не видим холодолюбивых форм, наличия которых хотя бы в виде реликтов мы в праве были там ожидать, но напротив, находим там обилие быков, оленей, лошадей и верблюдов, свидетельствующих об эпохе расцвета этих животных. Рассматривая далее эту таблицу, мы можем констатировать весьма сложный исторический ход развития современной фауны, корни которой глубоко уходят к самым низам квартала и проникают даже в третичный период, где мы впрочем находим уже представителей только общих родов (а не видов) млекопитающих.

По сравнению с четвертичной современная фауна является значительно обедненной. Многие виды и даже роды вымирают совершенно в начале квартала, другие на протяжении этого времени дают новые формы, более приспособленные к изменившимся условиям существования, и частью вымирают в конце квартала, частью переходят в современную эпоху. Некоторые же, напротив, проходят повидимому без особенно значительных изменений через весь квартал и вливаются в современную фауну. Итак анализ палеонтологического материала по млекопитающим в основном подтверждает ту стратиграфическую последовательность, которая была установлена на основании главным образом литологических и геоморфологических соображений². Но этот материал не дает нам решительно никаких ос-

нований для заключения о смене холодных и теплых фаунистических комплексов. Напротив, приходится констатировать совершенно непрерывный процесс развития единой фауны, который не осложняется на протяжении квартала никакими резкими нарушениями за исключением самого конца четвертичного времени; последнее можно связать с резким похолоданием наступающего оледенения. При этом можно подчеркнуть, что возникающие в течение четвертичного периода генетически связанные между собой три самостоятельных фаунистических комплекса не повторяются на протяжении четвертичной истории. Каждый из этих комплексов, будучи постепенно разрушен под влиянием изменяющейся среды, распадается на отдельные элементы, из которых одни исчезают совершенно, другие в более или менее измененном виде входят в состав нового формирующего биоценоза.

СИНОПТИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА

Гюнц

Кавказ. Отложение галечников 175-м террас, а также галечники на реках Лабе и Кубани с *Elephas meridionalis*.

Черное море. Бассейн Чауцы с *Cardium crassum*, *Tschandae Dreissensidae* (много вариететов *D. rotamorphia*. Начало — G. M., конец — G.

Каспий. Апшеронский бассейн — замкнутый, солоноватоводный.

Русская равнина. Современная гидрографическая сеть отсутствует.

Бессарабия. Среднелевантинские отложения с *Paludinae* и *Unionidae*, украшенными скульптурой, пески у дер. Морозовки с *Mastodon arvernensis*, у Бабеля с *Hipponion crassum* (нижнебабельские слои).

Франция. Пески *Trevoux* с *Mastodon arvernensis* и *M. Borson*; руссильонская фауна и Монпелье.

Англия. Пески *Chagny* с *Equus stenonis*, *Elephas planifrons* и *E. meridionalis* etc. Конец — C. *Chagny*. *Norwich Crag*, *Weybourn Crag*, *Chillesford Crag*.

Гюнц-Миндель

Кавказ. Пески с фауной *Mastodon arvernensis*, *Elephas meridionalis* у ст. Ханры, Морская (Азовское побережье). Формирование уступа 175-м террас (Баталпащинск и трасса).

Бессарабия. Верхнебабельские слои с *Paludina limonidae*.

Франция. Пески *Chalon-Saint-cosme* с *Equus stenonis*, *Saint-Prest* с *Equus stenonis* etc.

Сибирь. Ишимская фауна (?).

Миндель

Кавказ. Образование уступа 100-м террасы. Отложение 3-го сверху горизонта лесса на Северном Кавказе.

Черное море. Древнеэвксинский бассейн с *Cardium tuberculatum*, *Didacna crassa*. Конец — M., начало — MR.

Каспий. Бакинский бассейн с *Didacna crassa*. Конец — M.

Русская равнина. Ледниковый покров к югу до; в экстрагляциальных областях отложение 3-го сверху горизонта лесса и формирование ледниковыми потоками современных долин Днепра и Дона. Отложения горы Пивихи с *Paludinae diluviana*. Отложения тираспольского гравия с *Elephas trogontherii* (*E. Wüsti* M. Pawl) etc.

Сибирь. Формирование уступа 100-м террас Ангара и Енисея.

Англия. *Forest-bed* с *Equus stenonis* etc.

Миндель-рисс

Кавказ. Формирование уступа 6-й 100-м террасы Баталпащинска. Формирование нижнего горизонта почвы по Азовскому побережью с многочисленными *Bovidae*, *Equidae* и грызунами (*Crictus cricetus*). Палудиновые пески под Таганрогом с *Elephas trogontherii* и *Bison schoetensacki*. Начало — MR.

Черное море. Древнеэвксинский бассейн с *Cardium tuberculatum* *Didacna crassa*. Начало — MR.

Каспий. Бакинская трансгрессия. Начало — MR. Соединение с древнеэвксинским бассейном и через Узбой с Саракамышинским озером-морем.

² См. синоптическую таблицу.

Русская равнина. Завершение отложения тираспольского гравия с *Elephas Wüst* (M. Pawl). Иловато-болотные образования в низовьях Волги: коножская и сингильская серии с *Equus* sp. и флорой. Нижнепеченный горизонт Украины. Лихвинское озерное отложение (на Оке) с березой, липой, вязом и пр. Цепь соединившихся озер вдоль восточной европейской платформы: Саракамышское, Каспий, Черное, Средиземное. На востоке — соленые, на западе — пресные.

Сибирь. Террасовые галечники на Оби и Иртыше с *Alces latifrons Elephas* sp. Германия. Пески и гравий Мосбах, Мауэр и Зюссенборн.

Рисс

Кавказ. Отложение лессовидных суглинков поверх миндель-рисской почвы (Азовское побережье). Аккумуляция галечников 40—50-м террас, 2-й сверху горизонт галечников в Краснодаре (погруженная терраса). Образования конечных морен между Хумаринским и Георгиевско-осетинским.

Черное море. Узунларский бассейн.

Каспий. Очень сокращается. Образование Астраханского горизонта красных глин в результате выветривания. Начало хазарской трансгрессии.

Русская равнина. Ледниковый покров, спускавшийся по Днепру и Дону языками до 50° северной широты. Аккумуляция 50—60-м речных террас. Образование 2-го сверху горизонта лесса в условиях континентального климата в экстрагляциальных областях. Развитие открытых (безлесных) пространств.

Сибирь. Значительное оледенение гольцовых нагорий Восточной Сибири, Алтая, Саяна. Образование неподвижных фирнов на востоке (Якутия и др.). Смыкание Сибирского и Уральского ледников в Западносибирской низменности на 60° северной широты. Громадное озеро (или цепь озер) южнее ледникового покрова с Арало-каспийским бассейном через Тургайский пролив. Аккумуляция 40—50-м речных террас.

Рисс-вюрм

Кавказ. Формирование уступов 35—45-м террас. Образование второго сверху почвенного слоя с *Bovidae*, *Equidae*, *Spalacidae* (черноземные степи).

Черное море. Карангатское море с *Tapes calverti*.

Каспий. Завершение хазарской трансгрессии с *Cardium*, *Unio*, *Dressensia*. По берегам лиманов *Elephas trogontherii* (*primigenius*), *Bison prisus*, *longicornis* etc. Конец — R, начало — RW. Соединение с Черным морем через Маныч. Начало накопления галечников в мысах на Капе, Ундорах, Бехтажке на Волге с *El. trogontherii* (*primigenius*).

Русская равнина. Степная зона в общем совпадает с современными границами. Погребенные торфяники Мурова, Новые Паникары, Лоев, Дрожжило, Потылиха, Ильинское, Галич с *Brasenia Schöten*, *Aldrovanda* etc. Формирование уступов 40—50-м террас. Процессы нормального почвообразования (верхняя иск. почва). Борнальская трансгрессия с фауной *Cardium edule* и *C. echinatum*. Нижняя польдиевая трансгрессия в бассейнах Ваги и Онеги.

Вюрм

Кавказ. Ледниковый покров не доходил до слияния Кубани и Тиберды. Образование лессовидных пород и лесса поверх среднего горизонта ископаемой почвы по Азовскому побережью. Аккумуляция галечников 15—20-м террас с *Elephas primigenius*, *Rhinoceros antiquitatis*, *Bison prisus*. Мустьерская стоянка Ильская.

Черное море. Опресненный Новозвксинский бассейн. Солёный Древнечерноморский бассейн.

Каспий. Значительно сокращается, теряет связь с Черноморским бассейном. В больское время — хвалынская (полупресноводная) трансгрессия с фауной современного типа.

Русская равнина, Украина и др. Ледниковый покров достигает Минска, Смоленска, Твери. Аккумуляция 15-м террас. Развитие открытых пространств в экстрагляциальных областях. Отступление ледника. Верхнеориньянские, солотрейские, мадленские стоянки Воршево, Гагарино, Вердыж и др. с фауной *Elephas primigenius*, *Al. rex lagopus* etc. Формирование уступов речных террас к современным поймам.

Сибирь. Местные оледенения в горных частях. В ападносибирской низменности ледник не спукался южнее устья Иртыша. Аккумуляция 15-20 м террас с фауной *Elephas primigenius*, *antiquitatis* etc. Сокращение ледникового покрова. Развитие безлесных пространств. Верхнепалеолитические стоянки Оби, Енисея, Ангара, Белой, Забайкалья.

Эта неповторяемость фаунистических комплексов с учетом их экологического значения также может служить указанием на неповторение самостоятельных оледенений в течение столь относительно короткого промежутка времени, каким является четвертичный период.

Совершенно естественно, что такой вывод, резко противоречащий тому положению, которое принимается в настоящее время защитниками множественности оледенений, не может считаться достаточно обоснованным только на материале млекопитающих и должен был вызвать известные экскурсы и в соседние области — именно в области палеонтологии, палеоботаники, археологии и особенно в области палеонтологии безпозвоночных, которые, как правило, считаются наиболее характерными, наиболее типичными, решающими в отношении стратиграфии фаунами. Весь этот огромный и сложный материал еще требует длительной проработки и самого тщательного анализа, но уже первые попытки найти в нем подтверждение теории повторности четвертичных оледенений не дают нам большой надежды.

Можно думать, что и здесь мы также не получим указания на следы резкого климатического похолодания и потепления, на резкую смену теплых и холодных межледниковых и ледниковых эпох. В самом деле, недавно предпринятый анализ лессовых моллюсков Украины, произведенный М. О. Мельник, показал, что в лессах Украины мы в сущности не имеем той смены холодных и теплых фаун, как это следовало предположить, исходя из допущения множественности оледенений. Мы видим, что в так называемых верхних и нижних лессах Украины во всех ярусах этого лесса присутствует по сути одна и та же фауна. Мы встречаем здесь и теплолюбивые формы и формы холодные, ныне там не живущие, но смены холодных и теплых фаун там нет; этот вывод не решается отрицать и сам автор.

Если теперь после сделанных замечаний обратиться к рассмотрению тех ископаемых почвенных горизонтов, которым придается такое большое значение для расчленения украинских лессов, то прежде всего естественно поставить вопрос о том, занимался ли кто-нибудь серьезным изучением этих ископаемых почв. Изучал ли кто-нибудь вопрос о том, какого типа эти почвы? Какое время могло потребоваться на формирование каждой из них и могут ли они рассматриваться как устойчивые системы, достигшие равновесия? Наконец, что является критерием для сопоставления их в различных размерах?

Мы знаем, что для формирования почв автоморфного типа требуется промежуток времени от 1000 до 1500 лет, но и за 50—100 лет уже заметно формирование почвы, хотя устойчивости стадии они достигают повидимому значительно позднее. «Почвы же гидроморфные и засоленные, в которых резко заметно влияние избыточного увлажнения и легко растворимых солей калия и натрия, являются неустойчивыми системами равновесия и образуются нередко на наших глазах» (Н. Н. Соколов).

Это особенно важно, если принять во внимание подразделение азовской четвертичной толщи, где «миндель-рисскому» времени как раз соответствуют по преимуществу почвы именно болотного типа. Серьезное внимание в этом отношении, нам кажется, следует обра-

тять и на погребенные почвы украинских лессов, так как среди серии лессовых пород там очень большой процент занимают пресноводные моллюски, связанные со стоячими водами, а в основном каждого яруса типичного лесса находятся аллювиальные лессовидные породы.

Наконец мы знаем и почвы, которые относятся к эндоморфному типу, почвы, «где сильно сказывается влияние материнских пород, а также сильно дисперсных глин пермских и девонских. Эти системы особенно неподвижны и формируются очень медленно».

Все это свидетельствует о том, что наличия одного гумусированного прослойка в породе еще не достаточно, чтобы сделать заключение о большом стратиграфическом значении данного горизонта. В частности об украинских лессах мы имеем суждения почвоведов, которые склонны рассматривать весь украинский лесс как одну слоистую почву, где нижний горизонт непосредственно переходит в верхний горизонт нижележащей почвы. «Об этом, — говорит Н. Н. Соколов, — можно судить по описанию глубоких разрезов Флерова, Крокоса и других, где видно, что погребенные почвы чередуются между собой через 4—5 м». А между тем количество почвенных горизонтов нередко служит как раз основным, опорным пунктом для расчленения четвертичной толщи и отнесения ее отрезков к той или иной межледниковой эпохе. Таким образом уже из этих примеров видно, что одного количества почвенных горизонтов еще не достаточно, чтобы придавать им большое стратиграфическое значение. Для этого необходимо еще надежное палеонтологическое обоснование, как для самих ископаемых почв, так и для тех отложений, которые между ними заключены. А такого обоснования отдельные ярусы украинских лессов как раз и не имеют, по крайней мере такого, чтобы их можно было относить к различным ледниковым эпохам.

Мы еще могли бы увеличить число наших примеров ссылкой на ископаемые почвы в современных поймах (работы В. Н. Сучкова и др.), которые только благодаря их стратиграфическому положению, не вызывающему никакого сомнения, не привлекли к себе такого внимания как украинские погребенные почвы.

Наконец мы могли бы указать на вполне сформировавшиеся почвы двухметровой мощности на скифских могильниках близ ст. Усть-Лабинская на Северном Кавказе, насчитывающих не более 2 тыс. лет, на вполне сформировавшиеся почвы над могилами суворовских солдат и многие другие.

Если вернуться теперь снова к разрезу вдоль Азовского побережья, то необходимо прежде всего отметить, что палеонтологическое обоснование этой толщи до сих пор не дано, или, точнее, это было сделано, как и для многих других мест, только частично.

Необходимость постановки широких палеонтологических исследований для изучения не только фауны беспозвоночных, но и позвоночных для палеонтологического обоснования четвертичных отложений уже отмечалась неоднократно (П. А. Православлев, Г. Ф. Мирчинк), но лишь в самое последнее время по инициативе и под общим руководством Г. Ф. Мирчинка. Такие работы наконец были поставлены для Северного Кавказа (1932 г.), а несколько раньше для Средней и Нижней Волги на средства Союзгеоразведки и Академии наук СССР.

Результаты не замедлили сказаться. Во-первых, в так называемых лессах близ Таганрога оказалась фауна лиманного типа и в то же

время в лессах миндельского и рисского оледенений эта фауна оказалась не «холодной», а «теплой», с элементами ясно выраженных южных климатических зон. Так например в нижнем ярусе лессовидных глин, относимых к минделю, найдены такие формы как *Litoglyphus*, как *Sphaerium Dreissensidne*, встречающиеся и в средних (рисских) и в южных (миндельских) лессах наряду с многочисленными палиудинами, которые во всяком случае на холодный климат указывать не могут. Что касается *Litogly* и *Unio (tumidus)*, то эти формы являются указанием на сравнительно мягкий климатический режим того времени.

Эти же работы принесли палеонтологическое обоснование для стратиграфии азовских отложений и млекопитающими. Так в песках, которые относились к миндель-рисскому времени (так называемые палиудиновые пески), под ст. Морской и в Хопрах между Ростовым и Таганрогом оказалась фауна плиоценового облика с *Mastodon arvernensis*, в то время как в настоящих палиудиновых песках у Таганрога, по указанию местного инженера П. С. Голубева, были находимы остатки *Bison Schoetensacki*, *Enephas trogontheri* (E. Wüsti, M. Pawl), что вполне согласуется с определением их «миндель-рисского» возраста и подтверждает их одновременность с палиудиновой фауной тираспольского гравия, значительно более хорошо нам известной. Наконец и сами погребенные почвы также дали некоторые остатки млекопитающих. И в верхних и в нижних горизонтах ископаемых почв были обнаружены многочисленные кости быков и лошадей. К сожалению виды этих животных в настоящее время не могут быть определены с достаточной точностью, но присутствие именно этих животных указывает на сходство экологических условий времени формирования почвенного покрова в данном районе.

Находки в верхнем (рисс-вюрмском) горизонте ископаемых почв сопровождались наличием древних кротовин, содержащих остатки прызунов, принадлежащих исключительно *Spalax microphthalmus*, слепушонкам. В нижнем горизонте в древних кротовинах был найден хомяк *Cricetus cricetus*.

Мы не касаемся здесь результатов работ в ряде других мест Северного Кавказа и Поволжья. Этот материал, частично опубликованный, также использован нами как ранее известный при составлении сводной таблицы.

Таким образом мы видим, что ни ископаемые почвы, ни фауна млекопитающих не дают нам оснований для защиты гипотезы повторности оледенений на территории СССР. Относительно моллюсков можно было бы высказать некоторое сомнение, исходя например из тех данных, которые имеются для так называемой межледниковой бореальной трансгрессии нашего севера. Но и тут следует отметить, что теплая фауна этого времени появляется в них всегда внезапно, без каких-либо переходов от холодных форм к теплым. Фауна с *Cardium edule* всюду встречается сразу в самых низах тех отложений, которым приписывают межледниковый возраст. Правда, эта толща покрывается и подстилается двумя моренами и это как будто служит указанием на повторность оледенения. Но здесь упускается возможность резкого изменения Гольфшторма, не учитывается так называемый барьер Томсона, возникновение которого приписывают самому недавнему времени. Наконец должен быть объяснен и тот факт, что эти межморенные отложения в основании и

в кровле всегда, как это подчеркивает И. И. Краснов, имеют ленточные глины, что во всяком случае указывает на близость ледника. Таким образом вопрос о межледниковом возрасте этой толщи может быть сведен к вопросу об ее интерстадиальном возрасте.

Несколько более, казалось бы, убедительным доказательством в пользу повторности оледенения являются находки флоры с *Brasenia* на территории нашего Союза, но и здесь при анализе всех разрезов, которые нам известны, оказывается, что нигде кроме двух самых северных находок (Валдай и Галич) мы не имеем этой флоры, зажатой между двумя моренами. Как показала экскурсия международной конференции прошлого года на места находок бразениевой флоры, верхняя морена даже в таких местах как Микулино должна была бы быть поставлена под сомнение, а в таком классическом в смысле полноты разреза местонахождении этой флоры как Потылиха под Москвой нижняя и верхняя морены вовсе отсутствуют. Мне кажется, что торфяник у Потылихи уже в самом анализе флоры несет в себе известные элементы сомнения в ее межледниковом возрасте. В самом деле, здесь мы видим последовательный переход от сравнительно холодных форм к более теплым (с *Brasenia*) и новый переход к более холодным формам.

Но этот непрерывный переход от холодной к теплой и снова к холодной флоре, который происходил в течение громадного рисс-вюрмского промежутка времени, уже сам по себе вызывает большие сомнения. Трудно предположить, чтобы рост торфяника продолжался в течение десятков тысячелетий без всяких нарушений, без всяких перерывов. Чтобы несколько уменьшить этот промежуток времени, некоторые геологи указывают, что мы имеем здесь не полную серию межледниковых отложений, а только конец первой трети, середину и начало последней трети межледниковья, но не говоря уже о некоторой искусственности такого объяснения, оно все же не может рассеять высказанных сомнений. Мам кажется, что нет ничего страшного в том, чтобы отнести эти флоры с *Brasenia* к гораздо более позднему времени, чем это обычно считают. В самом деле, если допустить, что максимальное (рисское) оледенение в начале таяния сокращалось чрезвычайно быстро, то естественным кажется и развитие на местах, освобожденных от льда, той флоры, которая занимала их до наступления сюда ледникового покрова и была перекрыта затем в самых северных местах при некоторой новой продвижке того же ледника, который обычно относят к вюрмскому оледенению. В этом отношении известную поддержку можно видеть в последних находках А. И. Москвитина в Рогачевском уезде. А. И. Москвитин описан торфяник, который в смысле стратиграфии и его бюльского возраста не вызывает сомнений, и все же в нем оказались такие растения, которые в настоящее время живут южнее. Это представляется А. И. Москвитину настолько значительным фактом, что он предлагает выделить даже особую межледниковую эпоху.

В сводных работах по Северо-западной области (например работы К. К. Маркова) также можно найти указания на присутствие в отложениях послеледникового времени плодов таких растений, которые живут теперь значительно южнее, а если и встречаются в настоящее время в тех же местах, то не плодоносят. Эти данные не только хорошо согласуются с общепринятым фактом значительного

послеледникового потепления, но и с возможностью существования бразениевой флоры в европейской части СССР в более позднее время, чем это обычно считают. Напомним, что почвоведы допускают смещение климатических зон в послеледниковое время к югу на 5°. Повидимому только позднейшее уже современное улучшение климата смело последние реликты теплой доледниковой флоры, некогда широко распространенной в послеледниковое время на территории СССР.

Два разреза «межледниковых» отложений с *Brasenia* под Галичем и на Валдае, которые действительно повидимому зажаты между двумя моренами, требуют еще своего более тщательного исследования и соответствующего освещения. Возможно, что это интерстадиальные образования.

Таким образом как будто и среди флоры существенных подкреплений повторности оледенения мы также не сможем найти. Но этот материал требует еще дальнейшей более тщательной проработки, чтобы можно было сделать какое-нибудь определенное заключение. Сейчас нам только хотелось показать, что экскурсии в некоторые соседние с палеофаунистикой области не лишены оснований, так как они согласно показывают, что и там достаточно обоснованы для гипотезы повторности оледенений мы вероятно не найдем.

К сходным выводам приходит и П. А. Никитин на основании большого обработанного им материала из Нижнего Поволжья и б. Воронежской губ., с той лишь разницей, что он с большей уверенностью высказывается за наличие двух оледенений: миндельского и рисского. Но менее безнадёжной для подтверждения повторности оледенений является проработка и археологического материала. В настоящее время нет ни одного геолога, который связал бы развитие ископаемого человека на территории нашего Союза с несколькими оледенениями. Все остатки палеолита относят к эпохе только одного оледенения, которому приписывается вюрмский возраст, или к концу эпохи, непосредственно этому оледенению предшествовавшей, т. е. рисс-вюрмской. Если расположить палеолитические стоянки нашего Союза на карте и нанести границы оледенений так, как это обычно представляется в настоящее время, то не трудно заметить, что стоянки верхнего палеолита никогда не заходят за границу «вюрмского» оледенения; они как будто группируются вдоль границ рисского оледенения, срезая однако донской и днепровский языки. Севернее вюрмских конечных морен мы встречаем уже только границу «вюрмского» оледенения; они как будто группируются вдоль ко стоянки эпипалеолита — азиль, тарденуаз и другие более поздние культуры. Наоборот, стоянки раннего и среднего палеолита у нас в Союзе правда крайне немногочисленные, располагаются довольно далеко от границ максимального (рисского) оледенения.

Этот факт мог бы показаться простой случайностью, если бы мы не имели совершенно тождественной картины и для польских стоянок.

Но особенно показательным является распределение палеолитических стоянок в классической стране оледенения — Альпах.

Здесь стоянки нижнего палеолита шельского и ашельского возрастов встречаются как в центре той области, которая подверглась сплошному оледенению, так и вне ее. Стоянки же верхнего палеолита расположены на периферии максимального развития оледенения, причем мадленские стоянки несколько заходят в область рас-

пространения этого оледенения, в то время как например нижнеориньякские располагаются вне его пределов.

Эта связь верхнепалеолитических стоянок с границами максимального оледенения указывает, по нашему мнению, на одновременность в широком смысле верхнего палеолита с эпохой этого оледенения, т. е. рисского.

Таким образом верхнепалеолитический человек у нас на территории Союза, в частности в Крыму, поселился в эпоху максимального оледенения и продвигался затем к северу вслед за отступающими ледниками, осваивая те территории, которые освобождали эти ледники при своем отступании. В то время, когда ледник находился уже сравнительно далеко, вероятно значительно севернее «вюрмских» конечноморенных образований, человек проходил уже стадию раннего докерамического неолита, поэтому мы не встречаем на севере палеолитических стоянок, а имеем только находки азильско-тарденуазской, неолитической и других поздних эпох. Некоторое косвенное подтверждение одновременности верхнего палеолита с эпохой максимального оледенения дает и изучение условий залегания культурных остатков на местах палеолитических раскопок. В настоящее время обычно считается, что громадное скопление костей мамонтов является доказательством охоты палеолитического человека на этих животных. Некоторые археологи полагают даже, что ориньякский человек специализировался в охоте на мамонтов и на этом основании приписывают ему в это время оседлость.

Однако внимательное изучение костных остатков приводит нас к заключению, что большие скопления костей мамонта, находящиеся при раскопках палеолитических стоянок, в основном не являются результатом охоты. К этому взгляду примыкают и некоторые из археологов (например Г. А. Бонч-Осмоловский), а из европейских ученых аналогичного взгляда придерживается например Soergel.

За это говорит целый ряд фактов, на которых подробно мы сейчас останавливаться не будем; одним из них является отсортировка костного материала, при которой громадные бедренные, берцовые кости, позвонки и другие части скелета не несут на себе никаких признаков искусственного раскола. Они сложены в определенные кучи и свидетельствуют только о сортировке уже повидимому готового костного материала; в тех случаях, когда следы охоты действительно имеются, с такой отсортировкой материала не приходится сталкиваться. Целых костей обычно тогда не бывает, все кости разбиты, раздроблены, расколоты. Они несут целый ряд нарезок и насечек на тех местах, где когда-то были соединены крепкими сухожилиями, оставшимися на них от расчленения туши животного. Приходится таким образом сделать заключение другого рода: человек находил уже готовые скопления этих животных и с этими находками связывал более или менее длительное поселение на данном месте.

Знакомство с некоторыми ранними работами о палеолитических стоянках, например б. Воронежской губ., показывает, что первые исследователи этих стоянок также склонялись к выводу, что здесь не было специальной охоты на мамонтов и только позднее эти выводы были разбиты.

В самом деле, из стоянок б. Воронежской губ. — Костенок, Воршево, Пшесмост и др. — нам известны уже тысячи и десятки тысяч

костей мамонта, принадлежащих многим десяткам, и иногда и сотням мамонтов. Трудно себе представить, чтобы палеолитический человек при той степени организации, которой он обладал в то время, мог истребить такое громадное количество животных и при отсутствии транспортных средств сосредоточить громадные туши в одном месте. Против предположения о доставлении на место стоянок только крупных частей животных свидетельствует множество зубов, необходимых обычно в культурном слое. По зубам даже ведется подсчет числа особей.

Нужно также иметь в виду и то, что стоянки эти полностью не изучены и под толщей покрывающих их отложений несомненно находится еще не малое количество остатков тех же животных. Допустив в этих стоянках наличие специальной охоты (на мамонта), необходимо допустить и весьма многочисленное население, что было бы более чем рискованно. Если же допустить, что человек находил скопления костей и трупов этих животных, то становится совершенно понятным и его поселение в этих местах и использование костного материала для всевозможного рода поделок, а иногда и самых трупов для пищи.

Такие скопления, судя по их местонахождению, естественно могли связываться только с эпохой максимального ледника, вероятно с моментом таяния Донского и Днепровского языков. Совершенно понятно, что если бы эти остатки пролежали всю межледниковую эпоху, то они не могли бы представлять хозяйственного значения для человека и следовательно образование их должно быть связано с «последним» оледенением. Если это так, то приходится допустить, что максимальным оледенением являлось не рисское оледенение, а последнее — вюрмское.

С таким допущением хорошо вяжется появление холодной арктической фауны только в конце квартала даже в таких южных широтах как Крым.

Итак все замечания относительно фауны беспозвоночных, флоры, ископаемого человека и погребенных почв в связи с историей млекопитающих дают, мне кажется, возможность представить себе ход четвертичной истории в несколько ином виде, чем на основании главным образом чисто геологического материала это обычно допускается. Базируясь на биологических данных, мы будем лишены оснований допускать на протяжении четвертичного периода самостоятельные оледенения, разделенные межледниковыми эпохами с более теплым климатом. Мы видели, что вся история развития четвертичных млекопитающих свидетельствует только об одном значительном похолодании в конце квартала. Можно думать поэтому, что изменение климатического режима, начиная от верхнего плиоцена, шло непрерывно вплоть до последнего времени, когда мы в праве констатировать резкое понижение температуры. На прилагаемой таблице дается сопоставление ледниковых явлений, которые, как мне кажется, имели место в нашем Союзе с теми представлениями, которые обычно фигурируют в геологической литературе. Мы видим, что в эпохи, которым соответствуют отложения гюнца и гюнц-минделя, еще встречаются и мастодонты *Elephas of. planifrons* и *El. meridionalis*.

Следующий момент характеризуется появлением Bovidae и слонов с высокой коронкой. Здесь проходит довольно резкая грань между третичной и четвертичной фаунами млекопитающих.

Эта раннечетвертичная фауна с *Elephas trogontherii* сменяется фауной, которую по справедливости можно назвать «фауной бизона», судя по той роли, которую играет в ней это животное, достигающее своего наибольшего расцвета (*Bison priscus longicornis*).

Эта фауна обычно относится к концу рисского или к ресс-вюрмскому времени. По нашему мнению, она является концом единой доледниковой эпохи и без всяких перерывов связывается с миндель-рисской фауной, являясь ее завершением.

Что касается того резкого климатического колебания, которое намечается на границе между квартером и верхним плиоценом, то говорить о самостоятельном оледенении у нас в сущности нет данных. Довольно хорошо, мне кажется, можно объяснить это явление простым изменением климатических условий в сторону большей континентальности и развитием открытых безлесных пространств.

В самом деле, здесь мы видим появление некоторых еще неприспособившихся, в начале угнетенных Bovidae *Bison schoetensacki*, превращающихся затем в длиннорогую форму *B. priscus conigicornis*, гипсодентных слонов с громадными бивнями, сменивших брахиоподовые формы верблюда, довольно типичного представителя для континентального режима, гигантских оленей с рогами, раскинутыми на 2 м, и других животных, которые не могли жить в лесу и которые только с этого момента получили наиболее благоприятные условия для своего развития.

Новое изменение в фаунистическом мире можно сопоставить только с резким ухудшением климатических условий. Появляются типичные мамонты, связанные рядом последовательных переходов с *Elephas trogontherii*, мельчают бизоны, превращаясь в типичные *Bison priscus* (type), что свидетельствует об угнетении этой формы. Широко распространяется северный олень, появляются песец, лемминг и целый ряд других арктических форм, знаменующих наступление действительно холодного климата.

Дальнейшие послеледниковые изменения идут уже в сторону постепенного улучшения климатических условий, причем в эпоху, непосредственно предшествовавшую современной, климатический оптимум был более высок, чем в настоящее время, когда широко могли распространяться на территории нашего Союза даже такие теплолюбивые формы как *Brasenia*, *Aldrovanda* и целый ряд других.

Что касается истории человека, то вся она укладывается в рамках четвертичного периода, причем отдельные крупные этапы его развития совпадают с крупными стратиграфическими отделами квартера.

Ленинград, Геологический институт Академии наук СССР.

(Рукопись поступила 10/V 1933 г.).

The problem of multiplicity of glaciations in conjunction with the study of quaternary mammalia

V. I. Gromov

(Summary)

At present most scientists recognize that during Quaternary age there existed in Eurasia at least three distinct periods of glaciation, with more or less prolonged interglacial periods intervening between them and characterized by a climate softer even than that of our days.

The paleontological basis of this theory of polyglacialism is the recognition by its adepts of a succession of cold and hot faunistic complexes and vegetative associations.

It should be acknowledged, however, that the contemporaneous stratigraphy of the quaternary sediments is chiefly based upon the data afforded by geomorphology and lithology in conjunction with a broad interpolation and even extrapolation, and a reliable paleontological basis is as far non-existent.

The study of fairly rich material on the mammalia leads the author to the conclusion, that while the science is in its present stage, only one period during which arctic and semiarctic animals lived within the territory of USSR may be recognized, namely in the later part of the quaternary period.

Previous to that and since the later part of pliocene three genetically connected faunistic complexes had succeeded each other within the territory of USSR, but none of them contains semiarctic elements and none of them repeats itself during the quaternary history (tables 1 and 2).

In their successive development all these faunas may be said to confirm the relative stratigraphy, recognized by the data afforded by geology and, according to the Alpine terminology adopted in his country, they correspond to:

I. Hunz and hunz-mindel (*Elephas* cf. *planifrons*, *Elephas meridionalis*, *Mastodon arvernensis*, *Cervus pliotatandoides*, *Trogontherium cuvieri* etc.).

II. Mindel and Mindel-ries (*Bison schoetensacki*, *Elephas trogontherii* (E. Wüsti, M. Pawl), *Rhinoceros etruscus*, *Cervus verticornis* etc.).

III. Riss and riss-vurm (*Bison priscus conigicornis*, *Elephas trogontherii* (primigenius), *Megaceros* var. *germanicus*, *Camelus knoblochi*, *Rhinoceros merckii* etc.).

IV. Vurm (*Elephas primigenius*, *Rhinoceros antiquitatis*, *Rangifer tarandus*, *Alopex lagopus*, *Semmus obensis*, *Dierostonyx torquatus*, *Bison priscus*, *Megaceros* var. *hibernicus* etc.).

This latter fauna is directly connected both with antecedent and the subsequent ones.

V. Contemporaneous fauna, which as far back as the beginning of its existence in the post-vurm age is characterized by the presence of all the species living in our days (in the presence also of some relic forms), but with different areals.

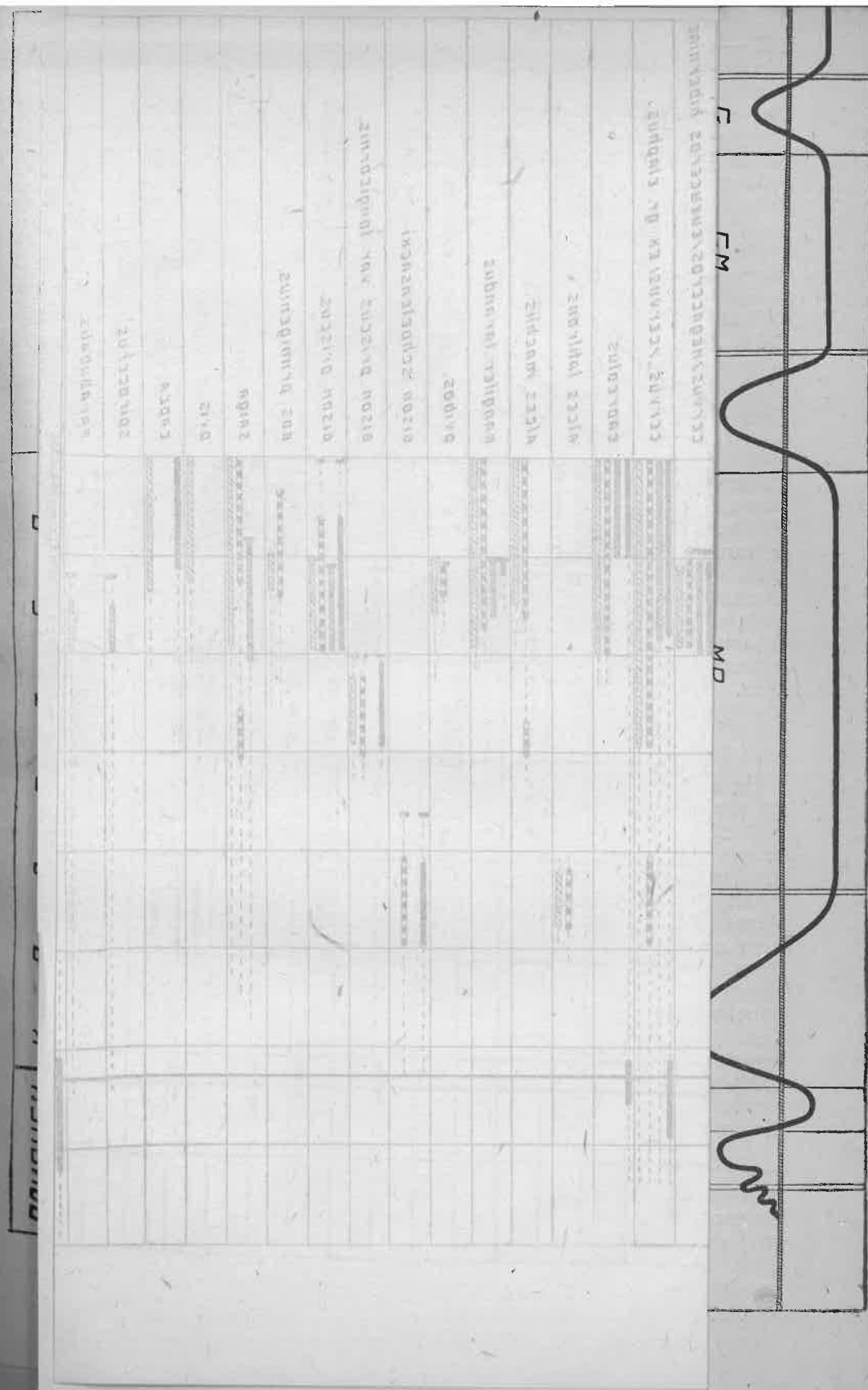
Each of the above mentioned complexes, being gradually destroyed under the influence of the changes in the medium that had taken place in the course of the quaternary, broke into separate elements, some of which

have altogether disappeared while the others were embodied in a more or less modified form into the newly formed cenozo. Ecological analysis of all these newly appearing faunas taking into account the close genetic connection existing between them does not permit to arrive at the conclusion of a succession of hot and cold faunistic complexes.

In the whole course of the quarter only separate stages of one and the same process of development of fauna contemporaneous to our days may be traced, without any sharp breaks in the sequel of this process, excepting the latest part of the quarter when arctic elements made their appearance in the newly formed cenozo, possibly having originated from Asia, and among the autochtones are developed semiarctic forms.

It is the only moment within the history of the quarter period that may be safely connected with the cooler period of the forthcoming glaciation.

The above statements deal exclusively with the mammalia, for these are the chief object of the present article, but according to the author the material at hand belonging to the fields of paleopedology, flora, archeology and malacofauna, and requiring a more accurate analysis, does not show any traces of cold and hot periods, succeeding the cold and warm glacial and intermediate epochs and dividing from each other by long intervals.



ГЕНДА.

КАВКАЗ.

КРЫМ

РУССКАЯ РАВНИНА
ДОНСКОЕ И ПР.
СИБИРЬ.

ВРЕМЕН-
НАЯ ЭПОХА

ВЮРМ

РИСС-ВЮРМ

РИСС

МИНДЕЛЬ-
РИСС

МИНДЕЛЬ

ЮНЦ —
МИНДЕЛЬ

ЮНЦ

mastodon arvernensis.

elephas planifrons.

elephas meridionalis.

elephas antiquus.

elephas trogontherii (= *e. wüsth.*)

elephas trogontherii / *primig.*

elephas primigenius / *trogon.*

elephas primigenius.

cervus / megaceros / *pliotarandoides.*

cervus / megaceros / *verlicornis*

cervus / megaceros / *euryceros germaniae*

cervus / megaceros / *euryceros hiberniae*

cervus / cervus / *ex. gr. elaphus.*

capreolus.

alces latifrons.

alces machlis.

rangifer tarandus

ovibos.

bison schoetensacki

bison priscus var *longicornis.*

bison priscus.

bos primigenius.

saiga

avis.

capra

spiracerus

parabubalis

camelus / *sp. n. knoblochiv*

camelus bactrianus?

equus stenonis

equus / equus /

equus / asinus.

sus

rhinoceros sp. reiruscus. merklin

rhinoceros antiquitatis.

elasmotherium. caucasicum

elasmotherium. sibiricum

felis spelaea

ursus spelaeus.

ursus arctos.

hyaena spelaea.

gulo gulo.

canis lupus.

vulpes vulpes.

vulpes lagopus.

vulpes corsac

trogontherium cuvieri

lepus sp.

lepus timidus

lepus europeus.

castor fiber.

citellus rufescens.

cricetus cricetus.

spalax microphthalmus.

lagurus luteus.

lemmus obensis.

dicrostonyx tarquatus

Судиславов. Фауна с млына
в начале эпохи

G.	GM.	M.	MR.	R.	R.W.	W.	Psf W.
----	-----	----	-----	----	------	----	--------

ЧЕТВЕРТЫЙ ПЕРИОД

<i>Pithecanthropus</i>	З О П И Т Ы	НИЖНИЙ ПАЛЕОЛИТ.	СР ПАЛЕОЛ	ВЕРХНИЙ ПАЛЕОЛИТ	ЧЕЛОВЕК МЕТА
<i>Homo Heidelbergensis</i>					
<i>Homo neanderthalensis</i>					
<i>Homo sapiens</i>					

Q.	G.I.	M.	M.H.	R.	R.W.	W.	Pst. v
----	------	----	------	----	------	----	--------

О возможной угленосности и рудоносности каменноугольных отложений р. Онеги

М. М. Толстихина

Введение

Материалом для настоящей статьи послужили данные маршрутных исследований, собранные Н. И. Толстихиным и мною, по р. Онеге в 1928 г. В 1932 г. они были дополнены повторным маршрутом по Онеге, имевшем целью, по заданию Союзгеоразведки выяснить стратиграфию каменноугольных отложений северного крыла Подмосквовного бассейна.

На основании полученного, недостаточно полного, частью необработанного материала можно наметить некоторые проблемы, связанные с геологией и полезными ископаемыми этого мало исследованного края.

Обзор литературы

Имеющаяся геологическая литература по этому району чрезвычайно ограничена.

Murchison [18] дает подробное описание каменноугольных отложений северо-западного и северного крыльев Подмосквовной котловины. Им впервые в основном совершенно правильно указано было распространение осадков карбона «в берегах рек Колпы и Суды, между Тихвином на северо-западе и Череповцом на юго-востоке». Мурчисон дает описание разрезов района рек Андомы, Вытегры, по р. Мегре, по Мариинскому каналу у дер. Девятинской, по Вытегорско-каргопольскому тракту. В окрестностях Каргополя им указывается широкое распространение известняков карбона, в которых им были найдены *Fusulinidae*. У Архангельского погоста на Онеге им была собрана довольно обильная фауна, а между Архангельским погостом и с. Красново был обнаружен ряд выходов каменноугольных известняков на поверхность, которые встречались и далее на восток от Даниславля. Отсюда до Северной Двины обнажений карбона встречено не было, а вдоль Северной Двины между Сийскою и Раскольскою Мурчисон указывает непрерывные обнажения известняков карбона, из которых им была собрана довольно обильная фауна. Каменноугольные отложения, похожие на двинские, указываются Мурчисоном по р. Пинеге.

А. А. Иностранцев [15] достаточно подробно описал ряд обнажений карбона по Онеге. Им же сделана сводка всего материала по камен-

ноугольным образованиям северо-западного и северного крыльев Подмосквовного бассейна и установлено налегание фаунистически охарактеризованных известняков с *Choristites mosquensis* Fisch. на толщу красноцветных обломочных образований в области Бирючевских порогов по Онеге. Иностранцев впервые отнес красноцветную толщу Онеги к береговым образованиям, синхроничным толще известняков с кораллами *Chaetetes radians* Fisch, *Chaetetes fasciatus* Eichv, *Lifhostrotrion flori formes* Flem. и свите подстилающих эти известняки песков и песчаников со *Stigmara fucoides* Sternb, которые слагают нижнюю часть каменноугольных осадков в Вытегорском и Андомском районах. Возраст красноцветной толщи Онеги впервые был определен как нижнекаменноугольный.

На изданной в 1915 г. геологической карте Европейской России в масштабе 60 верст в дюйме [11] красноцветные толщи Онеги показаны девонскими. Очевидно, такого мнения на их возраст держался Ф. Н. Чернышев, бывший редактором этой части карты.

Н. И. Толстихин [25] в 1921—1923 гг., производя рекогносцировочные геологические и гидрогеологические исследования на Онего-двинском междуречьи, установил стратиграфический разрез палеозойских толщ этого края. Им впервые указывается в бассейне Онеги значительное развитие Московского и Уральского отделов карбона, представленных главным образом известняковыми фациями. Они подстилаются в районе Бирючевских порогов толщей красноцветных обломочных образований, которые автор относит к каменноугольной эпохе, считая, «что она (толща) представляет кластические осадки по периферии известняков, отлагавшихся морем, и является, так сказать, авангардом трансгрессии его в каменноугольное время».

М. М. Толстихина [24] дает несколько более подробное описание разреза каменноугольных отложений Онеги, расчленяя известняки Уральского отдела карбона на три горизонта, установленных в свое время Ф. Н. Чернышевым: эмфалетроховый, коровый и швагериновый.

Б. П. Асаткин [4] в 1929 г. проделал маршрут по Онеге и дал очень краткое описание геологического строения местности. Красноцветную толщу Онеги он считает девонской, так как им были найдены в ней остатки рыб, похожих на *Botriolepis*. Найденные здесь ихтиодорюлиты и зуб принадлежат, по устному заявлению А. В. Хабакова и Д. В. Обручева, селяхиям нижнекаменноугольного типа.

Описание разреза

Верхне- и среднекаменноугольные отложения, представленные почти исключительно известняковыми фациями, обнажены в целом ряде пунктов по Онеге. В отношении угленосности и рудоносности эти осадки не представляют интереса. Гораздо большее значение имеют с этой точки зрения осадки нижней части разреза каменноугольных отложений, весьма полно вскрытые Онегой на участке Бирючевских порогов между дер. Маркумусы и Ярнема. Здесь река образует очень порожистый участок, углубляясь на протяжении 60 км на 50—55 м. При этом она врзается в глубокую и узкую каньонообразную долину с высокими берегами, до 40 м. Вследствие уклона каменноугольных отложений, обратного реке в $1\frac{1}{2}$ — 2° , в ряде хороших разрезов вскрывается вся толща каменноугольных осадков и подстилающие ее не-
мые глины, относившиеся прежде к девону.

1. Верхним членом разреза каменноугольных отложений Онеги в районе Бирючевских порогов является толща доломитизированных известняков и доломитов около 20 м мощности. Цвет ее белый, слегка желтоватый, сероватый или розоватый. Слоистость, отчетливая вверху толщи, более тонкая, чем внизу. Известняки мелкозернистые, иногда тонкозернистые, песчанистые или слегка мучнистые; особенно часто это наблюдается в тонкослоистых разностях. Под микроскопом видна вторичная кристаллизация, связанная с доломитизацией породы. Кристаллы доломита хорошо огранены, однородны. Промежутки между ними заполнены тонкозернистой карбонатной массой. Встречаются мелкие, хорошо окатанные обломки кварца и включения известняка с другой структурой. В шлифах следы микрофауны: спикулы известковых губок, мелкие водоросли, фораминиферы и *Staffella ex. gr. sphaeroidea Ehrb.*, *Staffella struvei Möll.*, *Staffella cf. confusa. Lee Oren.*

Книзу эти породы переходят в слоистый песчанистый известняк мощностью в 2—3 м, с большей или меньшей примесью кварцевых и кремневых песчинок и небольших обломков известняка несколько иной структуры.

В этих разностях фауна встречается также редко. Налегает он на слой конгломерата около 0,75 м мощности, состоящий из галек, тонкозернистого известняка, обломков кремня и кварца, главным образом в виде мелких песчинок и изредка мелких обломков диорита. Фауна: *Choristites mosquensis Fisch.*, кораллы, мшанки. Фауна не несет следов окатанности и никогда не встречается включенной в гальках известняка. Цемент породы известковистой при действии HCl вскипает хорошо. Такая смена конгломерата песчаником снизу вверх происходит всегда во всех обнажениях, но нередко конгломерат и по простиранию замещается известковым песчаником. Обнажается эта толща по Онеге между дер. Пустынька и Залеуша. Километрах в полтора-двух ниже дер. Пустыньки на левом берегу Онеги у самого уреза воды обнажается слоистый известковистый конгломерат с фауной, который кверху сменяется известковистым песчаником. Слои эти видны только при низком стоянии воды. Там же на склоне берега, засыпанном крупными глыбами и заросшем лесом, есть небольшие коренные выходы однородных тонкозернистых доломитизированных известняков. У порога Большая Голова на правом берегу Онеги можно хорошо проследить в одном разрезе смену обломочных известняков, снизу вверх доломитизированных.

2. Доломит средне- и мелкозернистый, сильно кавернозный. С HCl почти не вскипает. По простиранию замещается доломитизированным известняком. Порода очень неоднородна, имеет участки в виде больших — до полуметра — в диаметре полостей, мелких каверн, пор, ходов, выполненных голубовато-зеленоватой или красноватой глиной с отдельными обломками рыхлого сильно разрушенного доломита. Местами порода приобретает конгломератовидное строение. Доломит этот толстослоистый, отдельный слой его имеет 1—1,5 м мощности, общая мощность 4,5—5 м. Под микроскопом порода представляет собой весьма однородную тонко- или мелкокристаллическую массу, обычно без всяких признаков фауны. Некоторые зерна доломита в центральной части пигментированы черным веществом. По плоскости напластования в нижней части толщи наблюдается еще более значительное диагенетическое изменение пород, переход доломитов и доломитизированных известняков в красную глинистую породу (*terra rossa*), неоднородную, брекчиевидную, сильно известковистую или глини-

Сводный разрез р. Онеги
в районе Бирючевских порогов. Северный край



ЛЕГЕНДА
Legend

	Известняк тонкослоистый Finely laminated sandstone
	Известняк толстослоистый Thickly laminated sandstone
	Глина Clay
	Мергель Marl
	Песчаник Sandstone
	Конгломерат Conglomerate
	Глина тонкослоистая Finely laminated clay

МАСШТАБ



стую, плотную в сухом состоянии, вязкую пластичную в сыром. Под микроскопом в ней наблюдаются многочисленные кристаллы доломита и кальцита, то рассеянные, то в виде сцеплений и жилок, обломки кварца и повидимому пирита. Эта порода прослеживается в виде хорошо ограниченного между двумя слоями известняков пласта, то раздувающегося до 0,7—0,8 м мощности, то суживающегося до 0,15—0,2 м. Доломитовая толща залегает на водоупорных глинах и является водоносной.

Вся известково-доломитовая толща общей мощностью около 25 м обнажается в целом ряде мест по обоим склонам Онеги между дер. Пустынькой и Залеуша.

3. Глина голубовато- или зеленовато-белая, несколько известковистая. Содержит отдельные мергелистые обломки и мелкие листочки белой слюды, последние не были отмечены в глинистых массах толщи второй. Толща глины является водоупорным слоем, по верхней границе которого повсеместно сочится вода, местами образующая ключи с значительным дебитом. Мощность 1,5 м очень постоянная; глина прослеживается на протяжении нескольких десятков километров.

4. Глина красная, в верхней части слоя малиновая, неслоистая, ма-лопластичная, несколько

грубая на ощупь. Содержит мелкие листочки белой слюды и беловатые тонкие пленочки на плоскостях отдельностей, не вскипающие с HCl. В сухом состоянии крошится на обломки неправильной формы и неравной величины. Образует постоянный слой около 2 м мощности, который прослеживается по Онеге во всех обрывах, где обнажается и вышеописанная известково-доломитовая свита.

5. Толща глин, мергелей, песчаников, ярко, нередко пестро окрашенных преимущественно в красные, малиновые, розовые цвета, реже в зеленые, синеватые. Преобладают глинистые и мергелистые разности, причем глины неслоистые, отдельные прослои их обычно не превышают 0,75—1,00 м. Мергеля нередко слоистые и тонкослоистые, песчаники косослоистые, однородные, мелко- и среднезернистые. Нередки прослои и небольшие линзы рыхлых конгломератов, преимущественно с кварцевой, кремневой и диоритовой галькой с примесью обломков пестрых мергелей, слабо сцементированных. В качестве отдельных прослоев в этой толще довольно обычна разрушенная, известково-мергелистая пятнистая порода, состоящая из отдельных кусков розового, красного или бурого известняка, красного, зеленого, розового мергеля, то более, то менее плотного и однородного.

Во всей этой толще, и в особенности в прослоях брекчиевидной породы, очень часты жеоды, выстланные щетками прекрасно ограниченных кристаллов прозрачного кварца, пустоты и жилки, заполненные крупными кристаллами кальцита или водянoproзрачного волокнистого гипса. Разности сильно известковых пород нередко содержат кремнь. В основании толщи проходит слой голубовато-серой мергелистой неоднородной породы, содержащей многочисленные пустоты и поры. В последней — редкие и неопределимые остатки фораминифер, глинистые ядра мелких брахиопод, членики криноидей и другие неопределимые, но неопределимые остатки морской фауны.

Общая мощность свиты 18,5—20 м. Обнажается она между дер. Пустынькой и устьем р. Сомбы.

6. Песчаники красные и зеленые, то более, то менее крупнозернистые и плотные, иногда сцементированы слабо и переходят в пески. Состав песчинок преимущественно кварцевый, цемент известковистый, в некоторых разностях превалирует над обломочным материалом, образуя участки тонкозернистой карбонатной массы. Кварцевые зерна окатаны слабо, сортировка несовершенная. В цементе нередко натеки лимонита, окрашивающие шиф в оранжево-красный цвет. В песчаниках нередко косая слоистость, мощность 2,5 м.

7. Мергеля неоднородные, брекчиевидные, преимущественно красного и розового цветов, подобные описанным выше, мощность 2 м.

8. Известковая, несколько доломитизированная порода с включениями зеленоватого мергеля. В ней неправильные пропластки и линзочки розового, серого и белого халцедона; жеоды и жилки выстланы прекрасно ограниченными кристаллами прозрачного кварца. Мергелистые участки сцементированы известковым цементом, кварцевые и кремневые образования в них встречаются реже, чем в известняковых участках породы. Нередко выполнение пустот и жилок крупнокристаллическим кальцитом и волокнистым прозрачным гипсом.

В одном месте на мысу «Стерильный нос» в 3 км выше дер. Биречево в кремневых линзочках этой породы была встречена морская фауна: мелкие, с булабочную головку, створочки пелеципод, брахиопод и может быть фораминифер. Мощность этого слоя около 1—1,5 м.

нижней и верхней границы слоя не удалось проследить из-за осыпей, а может быть и вследствие линзовидного залегания породы.

Весьма вероятно, что в описанной выше толще пятой, имеющей мощность около 20 м, проходят один или два прослоя, весьма близких по петрографическому составу к описываемому.

9. Осыпь 2 м.

10. Мергель сильно известковистый, конгломератовидный, красного цвета с зелеными пятнами, видимая мощность 5 м.

11. Глина мягкая, пластичная, яркокрасная. Переслаивается с тонкозернистым, сильно глинистым слюдистым песчаником и с твердой известковистой глиной. Песчаник обычно обладает тонкой и косой слоистостью, хорошо заметной на поверхности породы и не сохраняющей в образце, видимая мощность 1,75 м.

12. Перерыв в разрезе, по видимому равный 4—5 м.

13. Глина красная, мягкая, пластичная, сходная с таковой слоя II, мощность 1 м.

14. Песчаник красный, плотный, по простирацию переходит в конгломератовидную (неоднородную) известково-мергелистую породу, с большим количеством желваков темного кремня, располагающихся послойно, что создает впечатление тонкой слоистости, мощность 2,25 м.

15. Конгломерат красный, малиновый, плотный. Состоит из обломков темнозеленых основных и ультраосновных пород кварца, кремня, красных мергелей или кремнисто-мергелистых пород, реже известняка и зеленого тонкозернистого песчаника. Содержит большую или меньшую примесь железистых оолитов, имеющих диаметр от 2 до 8 мм. Цемент главным образом известковый или железисто-известковый. По простирацию переходит в известково-кремнистый песчаник с отдельными крупными желваками кремня или в известково-мергелистую конгломератовидную породу. Слоистость неясная, нередко линзовидное залегание различных петрографических разностей, вплоть до включения линз тонкозернистых красных супесков, мощность непостоянная 1,75—2 м.

16. Конгломерат крупногалечный, преимущественно красного, в редких случаях зеленого цветов. Состоит главным образом из гальки основных и ультраосновных пород размером до 15—20 см в диаметре; много также кремневых, кварцевых, немного красных галек известково-кремнистых или мергелистых пород. Цемент известково-железистый, красный. Слоистость неясная и неоднократно наблюдалось линзовидное залегание и переход различных литологических разностей по простирацию. В нижней части толщи преобладает материал более крупнообломочный, чем в верхней, где встречаются небольшие неправильные прослои и линзы песчаных разностей, общая мощность 12 м.

17. Осыпь 2 м.

18. Глины тонкослоистые, окрашенные в малиновые, зеленые, серые, лиловые тона, плотные, нередко сланцеватые и листоватые. Переслаиваются с тонкозернистым известковым песчаником, состоящим из мелких угловатых обломков кварца, сцементированных известковым цементом. Прослои песчаников также пестро окрашены. Общий тон окраски этой толщи значительно более темный и тусклый, чем выше лежащей конгломерато-песчаниковой свиты, видимая мощность ее 8 м.

Толща глин и тонкозернистых песчаников является водоупорным горизонтом, по ее верхней поверхности циркулируют воды, всюду на

склонах Онеги образующие родники. Этим обуславливаются чрезвычайное развитие оползневых явлений на том участке Онеги, где толща глин обнажена между устьем р. Сомбы и дер. Ярнема, наличие ряда дислокаций оползневого происхождения, которые закрывают непосредственный контакт конгломератов и подстилающих глинисто-песчаных пород. По р. Сомбе красноцветные конгломераты толщи шестнадцатой залегают непосредственно на коренных выходах кристаллических пород.

Выводы

Из описания разреза достаточно ясно видно, что нижняя часть каменноугольных отложений, представленных красноцветной толщей, имеет весьма сложное происхождение. Мы имеем здесь явно трансгрессивную серию, нижняя часть которой, представленная исключительно грубообломочными конгломератами с галькой преимущественно основных и ультраосновных пород, кверху постепенно замещается более мелкозернистыми осадками, песчаниками, мергелями, глинами. Изменение разреза нарушается включениями небольших линз песчаников и мергелей среди конгломератов внизу или прослоями конгломератов среди мергелей и глин сверху; однако эти детали не нарушают общей последовательности напластования.

Характер этой толщи — постепенный переход от грубообломочных пород к пелитовым разностям; редкие прослои известковых образований с морской фауной, переслаивание с красноцветными породами, содержащими гипс, заставляют предполагать здесь перемежаемость прибрежно-морских и континентальных отложений. Наиболее вероятно, что континентальными образованиями являются известково-мергелистые брекчиевидные породы, приуроченные главным образом к верхней половине красноцветной толщи.

Решение вопроса о происхождении как всей толщи в целом, так и отдельных ее частей затрудняется тем обстоятельством, что она несет явные следы глубоких диagenетических изменений, и необходим очень тщательный всесторонний анализ всей совокупности ее особенностей, чтобы восстановить ее первоначальный облик, с одной стороны, с другой — выявить те изменения, которые она пережила в земной коре в результате гидрохимических процессов после своего образования.

Второй вопрос, еще более сложный, связанный с красноцветной толщей Онеги, — это вопрос о ее возрасте. В настоящее время существует на него два принципиально различных взгляда: Б. П. Асаткин [4] относит красноцветную толщу Онеги на основании находок в конгломератах этой толщи остатков рыб к верхнему девону. А. А. Иностранцев [15] относил ее к карбону. По моему мнению, красноцветную толщу следует отнести к карбону, при этом большую часть ее к нижнему карбону.

1. Красноцветная толща залегает трансгрессивно и с угловым несогласием на древних породах докембрийского возраста (р. Сомба) и вероятно согласно на толще пестрых тонкослоистых глин и тонкозернистых песчаников по Онеге, между устьем р. Сомба и дер. Ярнема [25].

2. При прослеживании разреза нижнекаменноугольных отложений Подмосковной котловины с юга на север, т. е. от южного крыла к западному и северо-западному, мы имеем [2, 5, 7, 8, 9] постепенное замещение известняковых фаций фациями обломочными, преимущественно красноцветными. Такое замещение, географически прослежива-

ющееся с юга на север, происходит стратиграфически снизу вверх, т. е. чем дальше на север, тем все более молодые горизонты нижнекаменноугольных отложений представлены обломочными образованиями. И если в южном крыле на большей части 58-го листа [29] отложения визейского яруса развиты преимущественно в виде известняковых фаций, в Боровичском районе эти фации образуют лишь около 50% всей толщи визе [5, 8], а в северо-западном крыле, в Вытегорско-андомском районе, осадки этого яруса слагаются главным образом песчано-глинистыми образованиями с редкими прослоями известняков. Исключением являются серпуховские слои, представленные преимущественно известняками. Однако отдельные пачки их заметно уменьшаются в мощности, замещаясь песчано-глинистыми осадками [5, 7, 8].

Если такие замещения — установленный факт, можно допустить, что в направлении далее на север такое замещение продолжается с выклиниванием известняковых толщ С, наблюдающихся еще в Тихвинском и Андомском районах, и развитие взамен их кластических красноцветных осадков. Именно такую картину мы наблюдаем на Онеге, где известняковые прослои являются не мощными, быть может линзовидными, и главная масса отложений представлена красноцветными обломочными образованиями. Это замещение происходит постепенно. В районе Андомы отложения серпуховских слоев, имеющие мощность около 40—50 м [5, 7], залегают на песчано-глинистой толще. Около Кен-озера мощность серпуховских слоев повидимому несколько меньше, залегают они также поверх красноцветных отложений. На Онеге фаунистически охарактеризованных серпуховских отложений мы не знаем, и известняки с фауной С₂ ложатся на красноцветную обломочную свиту. Если проследивать эти соотношения далее на северо-восток, то на Северной Двине ниже устья р. Пинеги будем иметь налегание С₂ на красные песчаники, которые также относились к девону [1, 9, 10, 11, 30]. Необходимо подчеркнуть, что мы имеем здесь не самую нижнюю часть среднекаменноугольных отложений, которые залегают поверх красноцветной толщи на Онеге, а более высокий горизонт. Наконец работами Зеккеля [12] по р. Мегре в районе 67-го листа десятиверстной карты к северо-востоку от Архангельска установлено налегание верхнекаменноугольных отложений на красноцветные обломочные породы. Таким образом то замещение органических фаций обломочными, которое детальными геологическими и разведочными работами последних лет доказано для Северо-западного крыла, с полной очевидностью прослеживается далеко на север.

Поэтому красноцветные толщи, подстилающие карбоновые, фаунистически охарактеризованные, осадки, надо относить также к карбону и к разным его отделам в разных местах. Это тем более вероятно, что в бассейне р. Лаи Н. И. Толстихиным [25] в свое время в прослое известняков среди красных песчаников были найдены остатки морской фауны каменноугольного возраста и тем самым доказана принадлежность к карбону части красноцветных толщ, относившихся прежде к девону. Наконец нахождение в красноцветной толще Онеги в прослоях мергеля и известняка на разных горизонтах остатков заведомо морской фауны — фораминифер, брахиопод, гастропод, члеников криноидей каменноугольного облика заставляет относить эту толщу к карбону. Предполагать здесь наличие морских девонских осадков с фауной нет никаких оснований.

Вопрос о принадлежности красноцветной толщи Онеги к среднему или нижнему отделу карбона в настоящее время не является решенным. Морская трансгрессия в Северном крае в бассейне Онеги может быть приурочена либо к московскому времени, либо к тульскому веку.

В первом случае красноцветная толща Онеги должна быть одновременно 10—12-метровой толще верейского горизонта и весь нижний карбон северо-западного крыла, мощность которого на Кен-озере (органогенные + обломочные фации) не менее 40—50 м, должен на очень коротком расстоянии выклиниваться. Нам это представляется мало вероятным, так как замещение известняковых толщ обломочными и уменьшение мощности разреза с юга на север идет очень постепенно и медленно [5, 7, 8]. Более вероятно, что трансгрессия эта относится к тульскому веку, но несколько запаздывает во времени по сравнению с южным крылом, поскольку есть основание думать, что угленосные толщи северо-западного крыла отложились позже угленосной толщи южного [22, 8]. До полной обработки материала можно допустить, что большая часть красноцветной толщи Онеги приурочена именно к этой трансгрессии, а верхи ее могут быть синхроничны отложениям красных песков и глин верейского горизонта среднего отдела карбона в центральной части Подмосковной котловины [13, 14, 26, 27, 28, 29]. Это предположение подтверждается находкой А. П. Асаткина в конгломератах на р. Телзе ихтиодорулитов и зуба селяхии, по мнению А. В. Хабакова, явно нижнекаменноугольного облика. Категорическое решение этих принципиально важных вопросов, требующее серьезной обработки и анализа всех известных нам фактов по литологии, стратиграфии и фауне каменноугольных бассейнов европейской части Союза, а также структурных особенностей платформ, — для нас сейчас невозможно. Условно будем считать, что в северном крыле Подмосковной котловины, именно в бассейне Онеги, граница между московским отделом и серпуховскими слоями проходит по нижней границе толстослоистых кавернозных доломитов или несколько ниже в красноцветной толще. Она знаменуется некоторыми колебаниями морского дна, нашедшими свое выражение в образовании известковых конгломератов и известковых песчаников с галькой известняка и редкими обломками кремня. Необходимо при этом подчеркнуть, что далее на восток — северо-восток эта граница будет проходить в красноцветной толще.

Если с достаточной долей вероятности красноцветную толщу Онеги можно сопоставить с отложениями серпуховских слоев, гораздо труднее решить вопрос о возрасте пестроцветных глин и песчаников, подстилающих трансгрессивную красноцветную серию карбона на Онеге между устьем р. Сомбы и дер. Ярнема. Возраст этой толщи до сих пор определяется как девонский [11]. Так как эти породы имеют некоторое сходство с глинами угленосной толщи южного крыла и не исключена возможность их нижнекаменноугольного возраста, первой задачей дальнейших исследований должно быть установление возраста этой толщи и ее взаимоотношений с подстилающими и покрывающими ее образованиями, а вместе с тем выявление ее возможной угленосности.

Вся вышележащая красноцветная толща, хорошо обнаженная на Онеге, не несет никаких признаков угля — ни разу и нигде не было встречено сажистых прослоев или линз. Фациальные особенности — наличие конгломератов и брекчиевидных пород, присутствие незначи-

тельного количества солей сейчас и явных следов их былой соленосности, цвет, — говорят как будто за существование в нижнекарбонное время условий климатических и условий литогенеза, мало благоприятных для значительного накопления органического вещества в виде углей.

Гораздо больше данных для поисков в красноцветной толще Онеги бокситов, в особенности в верхней ее части, представленной преимущественно глинисто-мергелистыми образованиями. Многие породы этой части разреза весьма напоминают такие, которые сопровождают бокситовые руды в северо-западном крыле. Нахождение бокситов тем более вероятно, что красноцветная толща Онеги залегает частью непосредственно на кристаллических породах, частью отделяется от них незначительными толщами немого палеозоя.

Несомненно заслуживает внимания также толща красных, преимущественно мелкообломочных конгломератов, обнажающихся по Онеге в нескольких местах — в основании коренных склонов долины Онеги и на бичевнике ее. В состав гальки этих конгломератов входят темные основные и ультраосновные породы — кварц, кремнь и в значительном количестве обломки железных руд, возможно железистые оолиты, диаметр которых достигает 7—8 мм. Наличие этих зерен и придает породе отчетливо красно-бурый оттенок. Мощность этих конгломератов колеблется, достигая 3—4 м. На наш взгляд целесообразным явилось бы подробное изучение конгломератов для выяснения их возможной продуктивности.

Чрезвычайно интересно, что признаки железных руд и бокситовосности мы находим в красноцветной прибрежно-морской, частью быть может континентальной толще Онеги. Как известно, бокситовые месторождения северо-западного крыла, с которыми местами (Тихвинский район) связаны непромышленные железные руды, приурочены к самым низам продуктивной толщи и местами отделяются от девонских отложений лишь слоем глины в несколько сантиметров мощностью [17]. На геологической карте, прилагаемой к работе С. Ф. Малявкина [17], они занимают самую западную часть полосы распространения продуктивной толщи, прижимаясь к девонскому полю. В южном крыле Подмосковного бассейна в ряде мест [16, 19, 20] мы имеем появление алюминиевых минералов и непромышленных пока месторождений бокситов, приуроченных к отложениям, соответствующим времени континентального режима в верхнем девоне и нижнем карбоне. К такому относятся образования алюминиевых минералов в коре выветривания упинских известняков в бассейне р. Упы, где они покрываются непосредственно осадками угленосной свиты [20], в бассейне р. Жиздры в Раненбургском районе Рязанской губ. К этой же эпохе континентального режима, схватившей местами самые верхи девона и почти повсеместно низы карбона, приурочено образование некоторых железных руд в Липецком районе и вероятно в ряде других [21].

Таким образом по внешнему краю Подмосковной котловины намечается пояс оруденения, приуроченный стратиграфически к верхам девона и низам карбона, связанный с тем континентальным режимом, который установился в эту эпоху. Можно считать, что в это время физико-географические условия особенно благоприятствовали рудообразованию в этой полосе континента и что здесь имели место главным образом процессы окисления. Так как принципиально отличными должны были быть те физико-географические условия, та «восстановительная среда», в которой происходили накопление органического ма-

териала и образование углей,—угольные месторождения могут располагаться в более центральных частях котловины или должны залегать стратиграфически выше рудных отложений. Именно такую картину мы и наблюдаем как в южном, так и в северо-западном крыльях. Если такое утверждение правильно, из него следует, что поиски железных и бокситовых руд следует ставить в первую очередь по самому внешнему краю котловины, а поиски и разведки каменных углей приурочивать не к этой зоне оруденения, а к более центральным частям бассейна.

При этом конечно надо иметь в виду, что древняя мезозойская и кайнозойская эрозии, а в особенности ледник настолько изменили рельеф этой континентальной полосы, что приуроченные к ней полезные ископаемые местами могли исчезнуть бесследно. С другой стороны, рудные образования полосы оруденения могли быть переомыты и переотложены в любой части бассейна.

Наконец последний вопрос, связанный с полезными ископаемыми этого района, вопрос о соляных растворах и возможных залежах соли.

По Онеге, начиная от дер. Ярнемы и почти до с. Чекуева, в целом ряде пунктов известны выходы соленых вод, которые издавна использовались местным населением для выварки соли. Вся эта область покрыта четвертичными отложениями. Предполагалось, что рассолы связаны с девонскими континентальными отложениями, залегающими на глубине. К. А. Терентьева [23] указывает на развитие карстовых явлений в окрестностях дер. Ярнемы, где нет оснований предполагать присутствие каменноугольных известняков. Если только указание на карст правильно, следовало бы в этом районе произвести разведку на залежи солей, так как только выщелачиванием соленосных отложений можно объяснить развитие в этом районе карстовых явлений.

СПИСОК ЦИТИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амалицкий В. П.—Геологическое строение Сухоны и Северной Двины. „Труды Варшавского о-ва естествоиспытателей“ ч. VII, протокол № 5. Отдел биологии.
2. Архангельский А. Д.—Геологическое строение СССР. Европейская и Среднеазиатская части 1932 г.
3. Архангельский А. Д., Перкин Д. К.—Заметка о происхождении железных руд Липецкого района Центрально-черноземной области. Доклад Академии наук № 24, 1930.
4. Асаткин Б. П.—Предварительный отчет о работах 1929 г. Машинопис фонд Сев. геологоразв. тр.
5. Богданова З. А.—О разрезе нижнего карбона западного и северо-западного крыла Подмосковского бассейна. „Известия Геолкома“ № 10, 1929.
6. Богданова З. А.—О характере границы между отложениями нижнего и среднего карбона в северо-западной части Подмосковского бассейна. „Известия Союзгеоразведки“ вып. 100, 1931.
7. Богданова З. А.—Отчет о полевых работах литологической каменноугольной партии летом 1930 и 1931 гг. (рукопись, фонд ЦНИГРИ).
8. Богданова З. А.—К стратиграфии нижнего карбона Подмосковского бассейна. „Вестник Союзгеоразведки“ № 12, 1932.
9. Воллосович К. А.—Заметки о пост-плиоцене в нижнем течении Северной Двины. „Материалы Геологической России“, т. XX, СПб, 1900.
10. Воллосович К. А.—Геологические наблюдения в нижнем течении Северной Двины, протокол заседания, и „Труды О-ва естествоиспытателей при Варшавском университете“. Варшава 1887.
11. Геологическая карта Европейской России. Масш. 1:2520000, изд. Геолкома, 1915 г.
12. Зеккель Я. Д.—Каменноугольные отложения в районе 67-го листа десятиверстной карты (рукопись).

13. Иванов А. П.—Средне-и верхнекаменноугольные отложения Московской губ. „Бюллетень О-ва испытателей природы“ т. IV, № 1—2, 1926. Отдел геологии.
14. Иванов А. П.—Нижнекаменноугольные отложения Московской губ. „Бюллетень О-ва испытателей природы“ т. VI, 1928. Отдел геологии.
15. Иностранцев А. А.—Геологические исследования на севере России. СПб 1872.
16. Корженевская А. С.—Обследование огнеупорных глин Подмосковского каменноугольного бассейна летом 1916 г. „Труды ВГРО“ № 80, 1932.
17. Малавкин С. Ф.—Алюминий и боксит. „Обзор минеральных ресурсов СССР“ вып. 4, 1927.
18. Murchison—Verneuil geology of Russia and the Ural mountains Keyserling. 1845.
19. Обручев С. В.—Поиски алюминиевых руд в Тульской и Рязанской губ. „Рудный вестник“ т. II, вып. I, 1917.
20. Пустовалов Л. В.—Новые данные о происхождении липецких и тульских руд. „Труды ВГРО“ № 202, 1932.
21. Пустовалов Л. В.—Геохимические фации и их значение в общей и прикладной геологии. „Проблемы советской геологии“ № 1, 1933.
22. Сарычева Т. Г.—К вопросу о сопоставлении нижнекаменноугольных отложений южного и северо-западного крыльев Подмосковского бассейна (рукопись в печати).
23. Терентьева К. А.—Разведки полезных ископаемых летом 1928 г. в Онежском районе. „Труды Северокраевого ин-та промыслов“ Архангельск 1929.
24. Толстихина М. М.—Заметки о каменноугольных отложениях Архангельской и Вологодской губ. „Вестник Геолкома“ № 9—10, 1928.
25. Толстихин Н. И.—К геологии Архангельской и Вологодской губ. „Бюллетень Московского о-ва испытателей природы“ т. II, вып. 3, 1924. Отдел геологии.
26. Хименков В. Г.—Краткий очерк каменноугольных отложений Тверской губ. „Ежегодник по геологии и минералогии России“ т. XI, вып. 6—7.
27. Хименков В. Г.—О перерыве между нижним и средним карбоном в северо-западной части Подмосковского каменноугольного бассейна. „Материалы по общей и прикладной геологии“ вып. 72, 1927.
28. Швецов М. С.—К геологии южного крыла Подмосковского бассейна. Следы континентальных образований у нижней границы Московского яруса. „Бюллетень Московского о-ва испытателей природы“ т. II, 1924. Отдел геологии.
29. Швецов М. С.—Общая геологическая карта Европейской части СССР. Лист 58-й. Северо-западная четверть листа. „Труды Союзгеоразведки“ вып. 83, 1932.
30. Schrenck. Reise durch die Toundren.

Ленинград, Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт

(Рукопись поступила 10 мая 1933 г.)

The probable occurrence of coal and metal ores in the carboniferous sediments of the river Onaga

(Summary)

M. M. Tolstikina

The article contains a fairly full description of the red beds of the Onaga river, their stratigraphy and lithology (see section). The red beds are usually referred to devonian age, but the authoress cites certain data permitting to return to A. Inostrantzev's opinion referring these sediment to carboniferous age.

The authoress has tried to reproduce the conditions prevailing during the deposition of the carboniferous sediments; she has pointed out the fact of the bauxite and iron-ore deposits being connected with the coastline of the coal-basin. The authoress makes allusion to the possibilities afforded by prospecting for these minerals, as well as for coal within the north-western part of the Moscow basin.

Насущные вопросы Алтайского комплекса

В. П. Нехорошев

Алтай с незапамятных времен своими горными богатствами привлекал к себе внимание человечества и он сохранил это свое значение и по сегодня.

В течение веков менялись объекты, привлекавшие внимание людей, но в общем юго-западный Алтай, получивший название «Рудного Алтая», являлся и является одной из мощных сырьевых баз горной промышленности с начала XVIII в., когда после многовекового перерыва на Алтае вновь возродилась горная промышленность.

Вначале главным объектом была медь, но последнюю скоро вытеснило серебро и отчасти золото. Как один из главных источников серебра в России Алтай играл видную роль в течение примерно полутора столетий; попутно извлекалась и медь, из которой чеканилась «сибирская монета»; свинец полностью шел на несовершенные процессы извлечения из руд серебра и золота, а цинк выпускался на воздух.

К началу XX в. горная промышленность Алтая замерла; было вынесено сдать Рудный Алтай в концессию иностранцам.

Некоторые из иностранных концессионеров пытались применить новейшие достижения техники к добыче и обработке алтайских руд, но частновладельческие интересы, желание извлечь максимум прибыли при минимальных затратах, мешали им полностью овладеть богатствами Алтая.

По данным лучшего знатока рудных богатств Алтая проф. И. Ф. Григорьева, Алтай по разведанным и достоверным запасам свинца и цинка занимает первое место в Союзе, сосредоточивая в себе до 50% запасов всего Союза. По меди, в свете новейших открытий в Казахстане, роль Алтая стала значительно более скромной, но и здесь по разведанным запасам меди Алтай превосходит Кавказ. В самое последнее время Алтай выдвигается на первое место в Союзе и по золоту — как по запасам, так и по масштабам намечаемой добычи — наравне с пользующимся мировой известностью Лено-витимским районом. Наконец в течение последней пятилетки Алтай выдвинулся и сразу же прочно занял второе место в Союзе по вольфраму. К сказанному необходимо прибавить еще один исключительно благоприятный фактор, но до сих пор почти совершенно неучитываемый — колоссальную водную энергию, значительная часть которой сосредоточена в непосредственном соседстве с полиметаллическими и вольфрамовыми рудами — крупными потребителями дешевой энергии. В отношении дешевой

энергии Рудный Алтай имеет огромное преимущество по сравнению с Восточным Казахстаном, обладающим запасами медных руд, а также по сравнению с полиметаллическими Кара-таусским районом и Забайкальем, так как в этих районах мощных источников энергии не имеется.

До советской власти даже самая большая часть Алтая — Рудный Алтай — не имела геологической карты, так как Кабинетом и концессионерами, хищнически стремившимися взять то, что можно взять «сегодня», не осознавалось все важное значение хорошей геологической карты. Законченная в начале первой пятилетки геологическая съемка Рудного Алтая (к сожалению до сих пор еще не опубликована) позволила наметить ряд особенностей в распределении рудных богатств Алтая, дающих прочное руководство для направления дальнейших поисков руд. Каждый год приносит в этом отношении новые доказательства, подтверждающие правильности гипотезы «рудного грабежа».

В отношении полиметаллов дальнейшие геологические поиски и разведки, опирающиеся на геологическую карту и вооруженные геофизикой, шаг за шагом уточняют и увеличивают запасы руд Алтая; впереди предстоит еще колоссальная работа по проверке тех зон и точек, которые намечены в этом отношении геологической съемкой.

Несколько хуже обстоит дело с редкими металлами, в частности с вольфрамом и оловом. Если крупные месторождения вольфрама, каковыми являются Убинское и соседние с ним, а также Кок-кульское в Катунском хребте, открытые за последние годы в процессе геологической съемки, сейчас усиленно разведываются, то находящиеся в сходных с ними условиях, — вне рудного грабена и даже в ближайшем соседстве с ним, — огромные пространства Алтая до сих пор пересечены лишь редкими геологическими маршрутами. По олову «темпы» наших работ стоят до сих пор еще позади доисторической «чужды».

Столь же пожалуй, неблагоприятно обстоит дело и с жильным золотом Алтая¹. В Калбе приступлено к детальной геологической съемке и детальному изучению отдельных месторождений, на Южный Алтай, где также имеется рудное золото, в этом отношении до сих пор остается беспризорным, хотя не может быть никаких сомнений в том, что надлежаще поставленная детальная геологическая съемка значительно повысит ценность Южного Алтая.

Южный Алтай представляется нам весьма перспективным районом по той причине, что геологически он лежит на продолжении Калбы; это подтверждается нахождением в обоих участках рудного золота. Кроме того Южный Алтай восточнее лежит на продолжении рудного грабена, и имеются косвенные данные, указывающие на то, что он сможет в той или иной степени усилить рудную базу Алтая. Необходимо особенно подчеркнуть слабую геологическую изученность Южного Алтая, но если мы очень мало знаем о его горных богатствах, то отсюда еще не следует делать вывода о полной безнадежности его в этом отношении. Кое-какие данные в смысле полезных ископаемых, собранные нами во время беглого маршрутного пересечения Южного Алтая, заслуживают быть упомянутыми как те опорные вехи, с которых можно начать дальнейшее исследование.

¹ Главные запасы золота Алтая связаны не с кварцевыми жилами, а находятся в связи с полиметаллическими рудами.

1. На вершине Нарымского хребта, в верховьях Маралихи (Кенсы), развиты интенсивные смятые мраморизованные нижнекаменноугольные известняки, прорезаемые штоком диорита. В контакте наблюдается зона скарна, состоящая из серпентина и граната, содержащая местами линзы магнетита до 20 см длиной при диаметре 10—12 см.

Этот район, расположенный вне зоны рудного грабена, заслуживает детального картирования, так как имеются благоприятные предпосылки для поисков магнетита.

2. Магнетит в связи с кристаллическими сланцами на западном побережье Марка-куля, около могилки Джай-Мулды, в урочище Таскаймат. Это месторождение упомянуто в годовом отчете геолога А. В. Нечаева (отчет о состоянии деятельности Геологического комитета в 1913 г.), который указывает, что в верховье р. Тар, километрах в 6 к западу от Марка-куля, встречена «залежь магнитного железняка повидимому очень большой мощности». После Нечаева месторождение кем-то было разведано, и в 1928 г. мы видели здесь проведенные вкест простираения свиты, разведочные шурфы и разрезы, частично вскрывшие коренные выходы магнетита. Весь склон обильно усеян на значительном расстоянии кусками магнетита, что повидимому и послужило поводом к оценке Нечаевым этого месторождения, как имеющего очень большую мощность. Насколько удалось выяснить при беглом обследовании, магнетит образует здесь линзовидные жилы мощностью от нескольких метров до нескольких сантиметров, довольно быстро выклинивающиеся, иногда заменяющиеся соседними линзовидными жилами. Простираение магнетитовых жил в общем согласное с простираением кристаллических сланцев. Месторождение и его ближайшая окрестность безусловно заслуживают магнитометрической съемки, так как в связи с проектируемым гидростроительством на Кальджире этот район приобретает мощный источник энергии. По отношению к рудному грабену это месторождение находится на продолжении зоны смятия, ограничивающей рудный грабен Алтая с юго-запада.

3. Железная шляпа в мраморах была встречена нами в 3,5—4 км от ст. Николаевки на Алкабеке по дороге в с. Успенку. Эта точка расположена в логу, пересекающем тракт, к югу от последнего. По соседству проходит вертикальная полоса тонкослоистых известко-вистых сланцев, имеющих северо-западное простираение. Судя по обнаженной части, железная шляпа, представленная бурым железняком, располагается поперек простираения сланцев, будучи обнажена на протяжении примерно 16 м вкест простираения сланцев и на 10 м по простираению; далее кругом все задерновано. Эта часть Южного Алтая лежит на продолжении рудного грабена, и данный пункт заслуживает постановки разведочных работ.

4. В окрестностях с. Чаганаты (Орловка) на Кабе имеется месторождение свинцового блеска, известное под названием Лемановского. В литературе сведений о нем не имеется, нам посетить его не удалось. Сведения о нем самые разноречивые, поэтому желательна проверка для окончательного решения вопроса о его значении.

5. Заслуживает известного внимания узкая полоса окварцевания в низовьях Курчума, между его устьем и с. Кумашкино, местами образующая ясно выраженную кварцевую жилу. Эта полоса пересекает р. Курчум, переходя с одного берега на другой, причем посредине Курчума имеется островок, сложенный окварцеванной породой. Па-

леозойские сланцы, в которых проходит эта полоса, падают почти вертикально, имея северо-западное простирание. Простирание полосы окварцевания согласное с простиранием боковых пород, которые местами по соседству заметно коалинизированы на значительном расстоянии по удалении от кварцевой жилы. Этот участок расположен на продолжении внешней юго-западной зоны рудного грабена Алтая, а потому данная полоса может представить интерес с точки зрения возможной золотоносности и редких металлов.

Здесь нами отмечены лишь те точки, которые представляют интерес уже по самому первому впечатлению. Они расположены в самых разнообразных частях Южного Алтая, начиная от его западной оконечности (Низовья Курчума) и до восточной окраины Южного Алтая (Николаевка). Едва ли можно сомневаться в том, что систематическое геологическое исследование весьма значительно увеличит число таких точек.

Кроме металлических ископаемых в пределах рассматриваемого комплекса Алтая необходимо поставить еще один вопрос, имеющий известные перспективы на благоприятное разрешение, — это вопрос о графите. Небольшое графитовое месторождение в Южном Алтае было описано Нечаевым («Известия Геолкома № 4, 1915, стр. 485»). Месторождение представляет небольшой шток чешуйчатого графита, в центральной части которого пробит шурф, служивший и для эксплуатации; шурф углублен на 4 м, причем на дне шурфа виден тот же сплошной графит². По удалении от центральной части штока, залегающего среди гранита, сплошной графит сменяется вкрапленным, а еще далее гранит уже не содержит вкрапленности графита. Запасы этого месторождения невелики; генезис его пока остается не совсем ясным. Не исключена возможность, что по соседству имеются и другие, пока еще не обнаруженные штоки графита, и было бы небезынтересно в виде опыта применить для поисков электроразведку.

Указанным месторождением не исчерпываются перспективы Алтая в отношении графита. В Калбинском хребте, в 25 км к юго-западу от Усть-Каменогорска, около хутора Лелекова (Орловка), по указанию зав. Семипалатинским музеем А. А. Адриановым, мною было в 1930 г. осмотрено месторождение графита другого типа. Здесь, в пределах самого поселка, среди аплитовидных гранитов, прорезанных жилами диорита, имеются тонкие жилки (до 5 см мощности) и линзы чешуйчатого графита, ориентированные во всевозможных направлениях и повидимому приуроченные к главным трещинам отдельности. Графит по внешнему виду, по отзыву Н. Я. Яхонтова, должен быть отнесен к высшим сортам графита. Видимая площадь распространения графитовых жилок весьма ограничена. В соседнем логу, примерно в полукилометре от хутора Лелекова, у пасеки Щеглова, среди гранитов в некоторых участках обнаруживается яркая вкрапленность графита.

Оба указанных пункта сами по себе едва ли смогут получить промышленное значение, но они позволяют поставить вопрос о поисковых работах на графит. Среди окрестных жителей упорно циркулируют слухи, что по Иртышу, между Усть-Каменогорском и устьем Бухтармы, встречаются крупные плиты «карандашного камня», и некоторое подтверждение правильности этих слухов можно видеть во

² По указанию местных жителей, до войны здесь было добыто около 10 т графита.

вполне уже достоверной находке гальки графита на ютмели Иртыша как раз на указанном участке. В ближайшем будущем при развертывании цветной металлургии и организации предприятий, выпускающих ферросплавы, на тигельный графит, каковым является графит всех зафиксированных точек, будет предъявлен крупный спрос, а потому необходимо во время полностью осветить этот вопрос.

Не касаясь других различных неметаллических полезных ископаемых, связанных с Алтайским комплексом, считаю необходимым поставить во всей широте проблему алюминия, учитывая колоссальные энергетические возможности Иртыша и его системы, гарантирующие равномерную в течение года подачу мощной дешевой энергии. Правда, высокосортного алюминиевого сырья в виде бокситов мы пока не имеем, но зато мы имеем другие благоприятные предпосылки, которые дают возможность получить алюминий из глины даже дешевле, чем из бокситов.

Переработка огромного количества алтайских сульфидных руд даст колоссальный тоннаж серной кислоты, которую предполагается использовать в производстве суперфосфата и сульфата аммония. Получение второго продукта согласно вполне разработанному методу Фокина-Росселя может быть совмещено с попутным получением глинозема — исходного продукта для получения алюминия. Для этого требуется глина, содержащая не ниже 30% окиси алюминия и не свыше 3% железа. На Иртыше, ниже Семипалатинска, в Мойском месторождении имеются солидные запасы глины, удовлетворяющей таковым требованиям (там запасы оцениваются в 2,5 млн. т). Геологические данные отчетливо указывают на то, что при соответствующих поисках и разведках запасы годных для получения глинозема глины могут быть найдены в любом требуемом количестве.

Огнеупорные глины района, тяготеющего к Иртышу, образовались за счет коалинизации горных пород в течение длительного мезозойского континентального периода; местами эти коалинизированные породы сохранились на месте, в других случаях они были в третичное время размыты и переотложены на дне водоемов. Третичные отложения, среди которых огнеупорные глины являются обычными спутниками, имеют весьма широкое распространение по периферии Алтая, что и дает право высказать уверенность, что поиски глины в качестве алюминиевого сырья увенчаются полным успехом.

В заключение считаю необходимым заострить еще внимание на вопросах геоморфологии Алтая и его периферии. С правильным пониманием геоморфологии данной страны связаны весьма важные вопросы гидроэнергетических ресурсов и их использования, вопросы распыленного золота и ряд весьма крупных теоретических вопросов, например в частности вопрос о четвертичных поднятиях и их влиянии на изменение гидрографической сети данной территории. Весьма интересным является вопрос о древнем направлении течения верховий Иртыша. Современный Иртыш в верховье переживает сложную эволюцию — от старческой равнинной реки в истоке до молодой горной реки с еще невыработанным профилем в 300 км ниже истока. При этом Иртыш проделывает довольно сложный и извилистый путь от истока из озера Зайсана до Семипалатинска. Между тем по гораздо более прямому направлению, по которому проходит тракт из Семипалатинска в Зайсан, имеются две весьма широкие долины — долина Кокпектинки, ориентированная по западному продолжению озера

Зайсан, и долина Чар-Гурбана, имеющая общий водораздел с Кокпектинкой, а далее к северо-западу идущая по тому же направлению, по которому юго-восточнее протекает Кокпектинка. Необычайно широкие древние долины этих рек с мощными аллювиальными отложениями, совершенно непропорциональные ничтожным размерам современных рек, представляют одну из геоморфологических загадок. Не исключена возможность, что в раннечетвертичную эпоху по этому направлению протекал древний Иртыш, а современная долина Иртыша, проходящая значительно восточнее и глубоко врезанная в горы, в прошлом была на участке до Семипалатинска лишь долиной Бухтармы, мощность которой почти не уступает мощности Иртыша выше ее впадения. С этим основным вопросом связан ряд других, например вопросы о происхождении барханных песков по левому берегу Иртыша южнее с. Батов и буровых песков по правому берегу Иртыша между Шульбой и Семипалатинском.

Разрешение этого основного и связанных с ним дополнительных вопросов по первому впечатлению имеет лишь чисто теоретическое значение, однако это далеко не так. В качестве иллюстрации я могу сослаться на выдвинутую мною проблему Иртышстрома, которой при ее осуществлении суждено сыграть колоссальную роль в деле индустриализации страны. Не случайно эта идея впервые возникла не у специалистов-строителей, которым и ранее была известна мощь Иртыша, а у геолога, так как она выросла из чисто теоретических вопросов четвертичной истории Алтая. При этом выяснилось, что подпруда в начале прорыва Иртыша через горы высотой всего лишь в 50 м превращает весь верхний плес Иртыша длиной свыше 300 км в озерный водоем, сливающийся в одно целое с озером Аайсан и позволяющий в течение круглого года регулировать равномерный расход воды Иртыша, т. е. выяснилось то преимущество Иртыша, каким не обладает ни одно из существующих и строящихся в Союзе мощных гидроэлектростроительных сооружений.

Ленинград, Центральный Научно-исследовательский геологоразведочный институт

(Рукопись поступила 20 марта 1933 г.)

The principal problems relating to the Altai complex

V. P. Nehoroshev

(Summary)

The Altai region occupies the prominent position among the regions of the Union as to the reserves to lead, zinc and gold. As to the sources of energy, the part of this region, which is the richest in minerals (the mining industry being the chief customer of energy) also claims to occupy the most prominent position in USSR in the nearest future, for the hydroelectric plant to be soon constructed on the r. Irtysh (near Ust-Kamenogorsk) will furnish the early output of energy amounting to 960 000 kw that is an output one and a half times as large as that of the "spring time" Dnieproges and three times as large as the winter output of the same plant.

Systematic geological investigation of the most important part of the Altai, called the Ore-bearing Altai, which has been done only since the Soviet rule has permitted to explain from the geological point of view the features of the "ore graben", with which are connected the sulphide polymetallic ores, especially those of the territory lacking in complex ores, but rich in high-temperature ores, those of tungsten, gold and tin. The next problem would be to extend the systematic geological investigations into the neighboring districts so far but little explored. The Southern Altai appears to be the most promising, its geological position being on the continuation of the ore-graben and of its outer zones. Gold has been long known within the southern Altai, but the recent data show that other minerals may be found there besides gold.

An immense amount of cheap energy, so essential for the development of the mining industry of Altai, being furnished by the r. Irtysh, makes it imperative to draw the necessary attention to the systematic investigation of the periphery, where, according to the available geological data, we have reasons to expect the finding of the metal consuming an immense amount of energy, namely aluminium. The combination of the sulphur contained in the sulphide ores of Altai with the kaolin-clays of Irtysh region and the existence of a local consumer (agriculture) for the by-product of aluminium industry (ammoniumsulphate), puts this problem forward, for, if aluminium industry be included into the Altai complex, the problem of the consumption of the enormous amounts of energy furnished by Irtysh will be fully solved.

Свинцовый метод определения возраста пород

И. Е. Старик

Проблема времени, имеющая первенствующее значение во всех научных построениях, при геологических исследованиях приобретает особый интерес. Знание возраста пород является исходным пунктом для всех дальнейших построений при решении геологических вопросов и потому имеет не только научный, но и практический интерес. Поэтому неудивительно, что геологическая мысль усиленно работает в разных направлениях по изысканию метода определения возраста пород. Среди других методов в последнее время заслужил особого внимания радиоактивный метод. Имеющиеся последние литературные сводки действительно убеждают, что «свинцовый метод» при соблюдении определенных правил предосторожности, проверенный на ряде минералов из одного месторождения, дает сходные между собой результаты и хорошо согласуется с другими методами. Для создания планомерности изучения возраста пород в конце 1931 г. была образована междудеятельственная комиссия (в состав которой вошли представители Академии наук, Радиового института и ЦНИГРИ) под председательством акад. В. И. Вернадского.

До сего времени определение возраста производилось главным образом на основании минералов, богатых торием и ураном. Произведенное же исследование минералов и пород, бедных торием и ураном, явно недостаточно. Вместе с тем увеличение числа объектов, подходящих для определения возраста, дает возможность более точно обосновать сам метод, так как определение возраста по чрезвычайно ограниченному числу минералов суживает возможности в этом направлении. При увеличении числа исследуемых объектов мы прежде всего сталкиваемся с особенностями геохимического поведения как различных типов минералов, так и отдельных образцов одного и того же минерала. Поэтому является недостаточным основываться на пригодности данного минерала для определения возраста; необходимо быть уверенным в пригодности для этой цели данного образца. Синтетическое изучение минералов бедных торием и ураном в большинстве случаев исключается из-за сложности их состава; остается один путь — аналитический. Указываемые некоторыми авторами критерии пригодности материала основаны на химическом анализе. Так благоприятным фактом является наличие в минерале урана в закисшей форме. Но по исследованиям Коттона¹ торогуммит, являясь

¹ L. A. Cotton. „Amer. j. sci.“ (5), 12, 41 (1926).

продуктом окисления макинтошита, дает с последним исключительно хорошее сходство в возрасте. Таким образом нахождение урана в окисной форме может в отдельных случаях давать возможности определения возраста. Имеются еще указания Эльсворта² для минералов группы титано-нообатов, что содержание SiO_2 должно быть незначительно (меньше 1%). Меньше внимания до сего времени обращалось на более полное исследование радиоактивности минералов, несмотря на то, что здесь мы можем получить более полное представление об интересующих нас свойствах. Несомненно, что лишь при подробном как химическом, так и радиоактивном изучении мы легче сможем представить себе историю данного минерала. Изучение минерала не только с химической, но и с радиоактивной стороны, мы обозначаем термином «радиохимический анализ»³. В радиохимический анализ кроме обычного химического анализа, мы ввели определение соотношений

$$\frac{\text{Ra}}{\text{Ur}}, \frac{\text{Io}}{\text{Ur}}, \frac{\text{Th}}{\text{Ur}}, \frac{\text{Ac}}{\text{Ur}}, \frac{\text{Pl}}{\text{Ur}}$$

изучение выщелачиваемости из минерала Ur , Th , Jo , Ra при различных условиях и определении коэффициента эманирования в воздух и в воду. Значение эманирования при определении возраста пород недооценено. Вместе с тем оно может приобретать весьма существенное значение. Преимущество «свинцового метода» по сравнению с «гелиевым методом» обычно видят в том, что в первом случае мы имеем дело с твердым телом, а во втором с газом и поэтому легче представить себе его потери. При этом упускается из виду, что одно из материнских веществ свинца — эманация — также газ. Коэффициент эманирования в отдельных случаях достигает чрезвычайно большой величины — 98% и разумеется потеря эманации влечет за собой в равной мере потерю свинца. На эманирование влияет целый ряд факторов: температура, давление, влажность, величина поверхности и др. Несмотря на большое количество работ, посвященных этому вопросу, у нас до сего времени нет удовлетворительной теории этого явления. Влияние указанных выше факторов не одинаково для различных минералов — например коэффициент эманирования породы, вмещающей торбернит, при повышении температуры от 20 до 70° возрастает от 14 до 90%, чего не наблюдается для других минералов и пород. В отношении влияния величины поверхности обычно принимается, что по мере ее увеличения коэффициент эманирования повышается, но, как показывают наши опыты, имеются случаи, когда при значительном увеличении поверхности, например образец минусинской породы и минерала циркона, коэффициент эманирования сохраняется постоянным (табл. 1). Этот факт имеет большое значение для оценки сравнимости полученных данных для эманирования в лабораторных условиях по отношению к природным, где мы обычно имеем дело с большими массами и следовательно небольшой удельной поверхностью.

В прилагаемой табл. 1 даны значения для коэффициента эманирования⁴, колебания которого для различных минералов лежат между

² H. L. Ellsworth. „Amer. Mineralogist“ 11, 332 (1926).

³ И. Е. Старик и Н. М. Сегель. Труды I всесоюзной конференции по радиоактивности, 1932 (в печати).

⁴ И. Е. Старик, О. С. Меликова и В. В. Верещагин. Труды I всесоюзной конференции по радиоактивности, 1932 (в печати).

Таблица 1

Объект	Местность	Размеры части	Коэф. эман. ThRa в %	Примечание
Ортит	Слюдянка	0,5 мм	0,25	—
Корка ортита	"	0,1	87,5	—
Циркон	Валежиха	б. куски	20,2	—
"	"	1—0,5	20,9	—
"	"	0,5—0,25	20,3	—
"	"	0,25—0,10	23,0	—
Ловчоррит	Хибины	0,1	0,15	—
Корка ловчоррита	"	0,1	98,5	—
Порода	Минусинск	б. куски	29,1	—
"	"	м. куски	28,5	—
"	"	1	28,8	—
"	"	0,25	26,2	—
"	"	0,10	26,4	—
Хлопинит	Хилок	б. куски	0,023	0,086
"	"	1—0,5	0,14	0,24
"	"	0,25	0,36	0,48
"	"	0,10	2,67	0,98
Торбернит	Табошар	0,10	—	6,6
Отунит	"	0,10	—	14,0

0,05 и 98,5%. Очень высокое эманирование наблюдается для всех корок минералов без исключения.

Практика показала, что у большинства ториевых минералов имеются «корки», которые настолько глубоко входят в минерал, что часто отделение от них чистого минерала является почти невозможной задачей. Все же приводимые нами данные для ортита и ловчоррита показывают малый коэффициент эманирования и повидимому отсутствие «корок». Интересно сопоставить, что циркон показал повышенное значение коэффициента эманирования, и то, что имеются указания на непригодность его для определения возраста. Вторичные минералы также имеют большой коэффициент эманирования. Повидимому коэффициент эманирования является характерной величиной для каждого типа минерала при хорошей его сохранности. Таким образом поправка на эманирование при определении возраста может быть очень значительна и оставлять ее без внимания нельзя. Но так как наименее измененные минералы обладают незначительным коэффициентом эманирования, то эманирование приобретает преимущественное значение как один из основных критериев пригодности минерала для определения возраста. Значительное эманирование какого-либо минерала является показателем степени его измененности. Следовательно в этом случае можно ожидать потери не только эманации, но и других радиоэлементов и поэтому нельзя вводить поправку, а приходится признать непригодность для определения возраста данного объекта. Впоследствии в отдельных случаях может быть представится возможным вводить поправку. Интересно еще отметить, что для ториевых минералов коэффициент эманирования по нашим наблюдениям выше, чем для урановых. Так в одном случае для хлопинита наблюдалось, что эманирование тория было в три раза больше, чем для радия (табл. 1). Естественно предположить, что этим фактом и объясняется получение меньшего возраста по торию, чем по урану. К сожалению

авторы, производившие определение возраста, не изучали исследованных ими минералов с нашей точки зрения. Кроме условий сохранности минерала существенным источником ошибок может явиться недостаточная точность методики определения Ur, Th, Pb. В особенности это относится к минералам, бедным ураном и торием, а также к породам. На это обстоятельство указывал в свое время Эльсворт. Что касается Ur и Th, то точность их определения при малом их содержании можно повысить применением эманационного метода измерений. При этом принимается наличие радиоактивного равновесия в их рядах. Следует отметить, что для ториевого ряда ввиду короткой продолжительности жизни членов этого ряда равновесие несомненно существует и проверка равновесности согласно нашим работам может быть точно произведена электроскопически. Иначе обстоит дело с урановым рядом. В данном случае проверка равновесности обязательно должна быть, а единственным способом определения является способ химический. В случае сложного состава минерала или чрезвычайно малого содержания урана (породы) определение последнего делается очень сложным и к полученным результатам приходится относиться с большой осторожностью. Не лучше обстоит дело с определением атомного веса и азотопического состава малых количеств свинца. Усовершенствованные методы переведения в раствор для эманационного определения Ra и Th (с выделением Thc и RdTh) в наиболее отличающихся по своему химическому составу минералах⁵ показали, что точность определения достигает порядка $\pm 2\%$.

Для определения малых количеств свинца выработан новый метод⁶ (предложенный на заседании комиссии в 1931 г.), дающий гарантии в правильности получаемых данных. В основу этого метода положен радиоактивный контроль. С этой целью к анализируемому веществу мы подбавляем радиоактивный изотоп свинца RaD. Учитывая неделимость изотопов, зная активность исходного раствора RaD и конечную активность выделенного свинца, мы легко можем судить о степени полноты извлечения свинца из минерала или породы. Измерения производятся по кривой нарастания RaS продукта распада RaD. Количество прибавляемого радиоактивного изотопа свинца порядка 10 г и потому не может сказаться на определении свинца. Зная процент выделенного свинца, легко рассчитывать истинное его содержание в минерале или породе. Желательно более полное выделение свинца, так как благодаря этому уменьшается ошибка при пересчете. Для более полного извлечения свинца нами был применен метод, нашедший большое распространение в радиохимии при выделении малых количеств радиоэлементов — соосаждение с изоморфными солями, в качестве которых были взяты соли бария. Многочисленными опытами по изучению условий соосаждения солей свинца и бария было установлено, что полнота соосаждения $BaSO_4$ и $PbSO_4$ достигается при небольшой концентрации соляной кислоты. При больших концентрациях HCl и в присутствии HNO_3 соосаждение происходит неполное. Хорошие результаты получаются с серной кислотой. Значительные вариации в содержании солей свинца (10^{-10} г — 10^{-2} г) и

⁵ И. Е. Старик и А. С. Смагина. Труды центральной геохимической лаборатории ЦНИГРИ за 1931 г. и Труды I всесоюзной конференции по радиоактивности, 1932 (в печати).

⁶ И. Е. Старик и Н. М. Сегель. Труды I всесоюзной конференции по радиоактивности, 1932 (в печати).

бария (0,1—0,01 г) при благоприятной кислотности раствора не влияют на полноту выделения свинца. Наибольшие затруднения встречались при отделении $PbSO_4$ от $BaSO_4$. Наилучшими способами оказались 1) сплавление сульфатов с содой и последующий электролиз растворенных в HNO_3 карбонатов, 2) электролиз $BaSO_4 + PbSO_4$ в присутствии уранил-нитрата. При электролизе применялась сила тока 0,1—0,2 а при напряжении в 4 в. Добавление азотной кислоты в последнем случае не производилось. Таким образом выработанный метод позволяет наиболее полно выделить свинец, а главное, что потери его могут быть точно учтены. Само определение малых количеств свинца не представляет больших трудностей, так как существует ряд методов, пригодных для этих целей (колориметрический, спектроскопический и т. д.).

Проверка вышеописанного метода была произведена на минерале хлопините, который служит объектом наших исследований. Для этого навеска минерала сплавлялась с $KHSO_4$. Предварительно добавлялись RaD и Ba . Сернистый сплав выщелачивался горячим насыщенным раствором $(NH_4)_2C_2O_4$ для отделения соединений ниобия, тантала и титана, которые переходят при этом в раствор. Кремнекислота удалялась обработкой $HS + H_2SO_4$, после чего сернокислые соли обрабатывались холодной водой для удаления редких земель. В результате оставался осадок, содержащий только $BaSO_4 + PbSO_4$. Измерением активности полученного таким образом осадка показано 100%-ное выделение свинца. Количество окончательно выделенного чистого свинца составляло 80% его первоначального содержания.

Разложение минерала можно также производить $HF + H_2SO_4$. Тогда в первую очередь удаляется SiO_2 , дальнейший ход выделения тот же.

Выработанный нами метод выделения малых количеств свинца, проверенный на сложных минералах хлопините и ловчоррите, легко может быть применен для других минералов любого состава и для пород.

Аналогичный метод, основанный на соосаждении свинца в виде сульфида с подбавляемым серебром, опубликованный Гевеши и Гобби⁷, применим повидимому лишь для гранитов и легко разлагаемых пород. В случае минералов сложного состава необходимое при методе Гевеши и Гобби полное переведение вещества в раствор трудно достижимо.

При определении малых количеств свинца в минералах и породах необходимо учитывать наличие свинца даже в гарантированных препаратах. Поэтому для исключения этой ошибки параллельно ставилась пустая проба и обнаруженное там количество свинца вносилось в виде поправки.

Объектом для изучения нами был взят минерал из группы ниоботитанатов из Хилка (Восточная Сибирь, Забайкалье). Химический анализ его следующий (табл. 2).

Минерал хлопинит не подходит ни под один из известных в настоящее время типов ниоботитанатов. Формула его $M_2Nb_2TiO_9$.

Означенный минерал был назван хлопинитом в честь проф. В. Г. Хлопина.

Из приведенного анализа видим, что почти весь уран находится в закисной форме, что указывает на хорошую сохранность минерала.

⁷ G. Hevesy and Hobbie, "Z. Anal. ch." 88, 1932.

Таблица 2

Анализ хлопината *

Удельный вес 5,24 при 14° С 1,15 см³ Hl на 1 г минерала

	%	Молекулярные отношения			Примечание
Nb ₂ O ₅	39,92	1 500	1,666 1	M ₂ O ₅	Атомн. вес иттров. группы = 160
Ta ₂ O ₅	7,37	166			
TiO ₂	10,01	1 252			
SiO ₂	0,61	101	1,737 1,05	MO ₂	Формула минерала: M ₂ Nb ₂ TiO ₉
UO ₃	—	—			
UO ₂	8,12	300			
ThO ₂	2,22	84			
V ₂ O ₅	17,65	480 ³			
Fe ₂ O ₃	8,16	511	3,513 2,11	MO	Структурная формула: M M OO OO O=Nb—O—Ti—O—Nb=O OO
FeO	1,83	255			
MnO	0,26	37			
CaO	0,96	171			
PbO	0,19	8			
BeO	0,03	12	0,98	H ₂ O	
MgO	0,13	32			
K ₂ O + Na ₂ O	0,24	25			
H ₂ O	2,94	1 634			
	100,64				

Благоприятными признаками также является сравнительно малое содержание кремнезема и воды. Определение соотношения $\frac{Ra}{Ur}$ показало, что если взять коэффициент для $\frac{Ra}{Ur} = 3,4 \cdot 10^{-7}$, то в общем мы имеем дело с полным равновесием.

Определение радия производилось эманационным путем, причем применялись различные способы перевода в раствор. Ввиду сложности выделения урана определения его производились многократно, максимальное отклонение от среднего составляло 4%. Определение тория химическим путем (отделение от редких земель производилось перекисным и иодотным методами) и эманационным методом дало хорошее сходжение. Содержание свинца определялось выработанным нами методом.

Эманирование хлопинита незначительное (табл. 1), что указывает на хорошую сохранность этого минерала. Изучение выщелачивания Ra (табл. 3), произведенное при различных условиях, показало, что процесс этот протекает медленно и наблюдается зависимость от степени раздробленности, но не имеется точной пропорциональности в этих величинах. Дальнейшие радиохимические исследования этого минерала производятся, но и приведенные данные указывают на хорошую его сохранность и следовательно на пригодность для определения возраста.

* И. В. Старик и Н. М. Сегель. Труды центральной геохимической лаборатории ЦНИГРИ за 1931 г. и Труды I всесоюзной конференции по радиоактивности, 1932 г. (в печати).

Если рассчитать возраст хлопинита на основании приведенных выше данных для U , Th и Pb , то по формуле со значениями для λ_u и λ_{th} , принятыми в 1930 г. комиссией эталона радия, получим:

$$1) \text{ приближенный возраст} = \frac{Pb}{U + KTh} \cdot C = 175 \cdot 10^6 \text{ лет,}$$

где $\lambda_u = 1 \cdot 6 \cdot 10^{-10} \text{ а}^{-1}$, исправленный возраст $= 182 \cdot 10^6 \text{ лет}$, где $\lambda_{th} = 4 \cdot 10^{-11} \text{ а}^{-1}$

$$K = 0,25 \\ C = 7130$$

2) возраст хлопинита по формуле, предложенной Коварджиком и Холмсом, равен $\frac{Pb}{U + 0,36 Th} \cdot 7 \cdot 600 \cdot 10^6 \text{ лет} = 183 \cdot 10^6 \text{ лет}$

Определение гелия в этом же минерале, произведенное А. А. Черепениковым, позволяет рассчитать возраст по гелию:

$$1) \frac{He}{U + 0,19 Th} \cdot 8 \cdot 3 \cdot 10^6 = \text{возрасту} = 127 \cdot 10^6 \text{ лет}$$

$$2) \frac{He}{U + 0,27 Th} \cdot 8 \cdot 8 \cdot 10^6 = \text{возрасту} = 132 \cdot 10^6 \text{ лет}$$

Хорошее совпадение результатов, полученных свинцовым и гелиевым методами, указывает 1) на вероятное отсутствие в минерале обыкновенного свинца и 2) что минерал вряд ли подвергался значительным изменениям.

Все же определение атомного веса свинца в данном минерале мы считаем необходимым. Ввиду вышеизложенного нам представляется, что для минералов группы ниобо-титанатов определение возраста возможно при хорошей их сохранности и при наличии достаточно точных методик определений U , Th и Pb . Другого мнения по данному вопросу держатся Эльсворт и Уокер. До сего времени мы говорили об определении возраста при наличии радиоактивного равновесия. Представляет интерес случай неравновесного состояния Ra по отношению к U .

Если предположить, что неравновесность обусловлена молодым возрастом минерала, то можно производить определение возраста по отношению $\frac{Ra}{U}$. Произведенные нами опыты по выщелачиванию вторичного минерала торбернита из Табошар, для различных образцов

Таблица 3
Выщелачивание радия и урана из торбернита

	Среда и условия выщелачивания	Продолжит. выщелачивания	% выщелачивания радия	% выщелачивания урана
Проба 1	H_2O при комнатной температуре	8 месяцев	1,45	не опред.
" 1 (повторно)	H_2O при $60^\circ C$	8 дней	1,05	0,46
Проба 2	H_2O при $60^\circ C$	" "	1,91	0,56
" 2 (повторно)	$0,0004 NH_2 SO_4$ при $60^\circ C$	12 дней	3,30	2,09
Проба 3	H_2O при комнатной температуре	1 месяц	1,22	0,13

которого были получены следующие значения процентного содержания Ra от равновесного его количества: 29,3%; 95,34%; 54,25%, а также упомянутые выше опыты с хлопинитом показали, что преимущественное выщелачивание происходит Ra . Это приводит к мысли, что неравновесность в этих случаях может обуславливаться явлением выщелачивания и различие в содержании Ra в отдельных образцах зависит от условий их залеганий. Подробности и детали всех поставленных нами вопросов и применявшихся нами методик можно будет найти в выходящих в ближайшее время работах совместно с сотрудниками радиохимической лаборатории Н. М. Сегель, О. С. Меликовой, В. В. Верещагиным, А. М. Гуревич, А. С. Смагиной.

Ленинград, Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт

(Рукопись поступила 15 июня 1933 г.)

The lead method for the determination of geological time

(Summary)

I. E. Starik

The further progress of the «lead method» should consist in the use of larger members of minerals and rocks and also in a more accurate determination of Ur, Th and Pb.

The suitability of a given mineral for the determination of its age is not to be judged by its chemical properties.

In every separate case detailed chemical and radioactive study is necessary, which we designate under the name of «radiochemical analysis».

The degree of emanating power of minerals can serve as one of the fundamental criteria of the non-alteration of minerals and their suitability for determination of age.

In some cases emanating power is very great and may be the source of error in determination of age.

The fact of the value arrived at for the age of the same formations by Pb/Ur ratio being greater than that from Pb/Th ratio might possibly be explained by the different emanating power of the thorium and uranium minerals.

An original method of determination of small quantities of lead for every type of minerals and rocks has been worked out. More over the method of «treatment by solution» for emanation determination of Ra and Th was developed.

Radiochemical analysis of a new mineral from the group of niobotitanates, named by us chlopinite showed very well its non-alteration.

In the determination of age of chlopinite by the lead and helium methods gave similar results which show the possibility of determining the age of minerals from the niobo-titanate group.

In cases of young uranium minerals and the absence of radioactive equilibrium it is impossible to determine the age on the basis of the fundamental ratio Ra/Ur. Our experiments show, on the example of torbermite and chlopinite, that Ra is leached more than uranium. When the Ra/Ur ratio is found smaller than the theoretical—3, 4, 10^7 it is possible that leaching of Ra has taken place and therefore the ratio found cannot be used to estimate the age of minerals.

Кузнецов И. Г.—Колебательные движения земной коры и их роль в структуре Кавказа

„ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ“ № 7, 1933, стр. . . . 1

На основе как личных наблюдений, так и работ ряда исследователей автор считает, что вся структура Кавказа, все наблюдаемые стратиграфические и тектонические соотношения объясняются колебательными движениями. Доказательств наличия горизонтальных движений в геотектоническом оформлении Кавказа автор не находит.

Л и н и я о т р е з а

Громов В. И.—Проблема множественности оледенений в связи с изучением четвертичных млекопитающих

„ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ“ № 7, 1933, стр. . . 33

Автор рассматривает вопрос о множественности оледенений в четвертичном периоде и на основе анализа имеющегося материала отрицает множественность самостоятельных оледенений, разделенных межледниковыми эпохами, высказываясь за одно значительное похолодание в конце четвертичного периода.

Л и н и я о т р е з а

Толстихина М. М.—О возможной угленосности и рудоносности каменноугольных отложений р. Онеги

„ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ“ № 7, 1933, стр. . . . 50

Статья содержит довольно подробное описание красноцветной толщи р. Онеги, ее стратиграфии и литологии. Эту толщу обычно считают девонского возраста, но автор приводит некоторые данные, позволяющие относить эти отложения к карбону.

Л и н и я о т р е з а

Нечеторшев В. П.—Насущные вопросы Алтайского комплекса „ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ“ № 7, 1933, стр. . . . 63

Автор указывает на открывающиеся широкие перспективы промышленного освоения Рудного Алтая на основе геологических исследований последнего времени. В частности автор указывает на возможность использования дешевой энергии проектируемой большой гидростанции на р. Иртыше.

Л и н и я о т р е з а

Старик И. Е.—Свинцовый метод определения возраста пород „ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ“ № 7, 1933, стр. . . . 70

Автор приводит новый оригинальный способ определения возраста пород по небольшим количествам свинца.

Л и н и я о т р е з а

В целях наиболее рационального использования материала, помещаемого в журнале, редакция вводит в каждом номере страничку аннотаций на основные статьи, помещенные в данном номере.

Аннотации следует вырезать и, наклеив на карточку, помещать в картотеку.

Редакция

Kuznetsov I. G.—The oscillatory movements of the earth's crust and their role in the structure of Caucasus
„PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY“ № 7, 1933, p 30

On the basis of personal observations as well as on the work of a number of investigators the author believes, that the whole structure of Caucasus and all the stratigraphic and tectonic relations observed are to be explained by oscillatory movements. The author fails to find any proofs of the existence of horizontal movements in the geotectonic formation of Caucasus.

Cut through this line

Gromov V. I.—The problem of multiplicity of glaciations in conjunction with the study of quaternary mammalia
„PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY“ № 7, 1933, p 47

In his article the author discusses the problem of multiplicity of glaciations during the quaternary period and on the basis of the material at hand, he denies the multiplicity of periods of glaciation, separated by interglacial epochs, forwarding the idea of one considerable cooling period towards the end of the quaternary.

Cut through this line

Tolstikina M. M.—The probable occurrence of coal and metal ores in the carboniferous sediments of the river Onaga
„PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY“ № 7, 1933, p 62

The article contains a fairly full description of the red beds of the Onaga river, their stratigraphy and lithology. These beds are usually referred to Devonian age, but the authoress cites certain data permitting to refer these sediments to Carboniferous age.

Cut through this line

Nehoroshev V. P.—The principal problems relating to the Altai complex
„PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY“ № 7, 1933, p 65

The author draws attention to the possible promise of the development of the development of the industrial knowledge of the orebearing Altai based upon the recent geological investigations. The author lays a special emphasis upon the possibilities for the consumption of the cheap energy furnished by a large hydroelectric plant to be constructed on the Irtysh river.

Cut through this line

Starik I. E.—The lead method for the determination of geological time
„PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY“ № 7, 1933, p 78

The author discusses the new and original method for the determination of the ages of rocks, by small contents of lead.

Cut through this line

In order to rationalise the use of the material, contained in this magazine, the editorial office adds to each issue a page of annotations on the different articles.

These annotations are to be cut out, and when pasted on cardboard, they can be used as a card catalogue for this magazine.

ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Под редакцией
акад. И. М. Губкина

PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY

I. M. Gubkin
(Member of the Academy of Science of U. S. S. R.)
Editor

ТОМ III
VOL. III

Научная Библиотека
ПИИ ГЕОЛОГО-НЕФТЯНОГО

1933

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ
ГОРНО-ГЕОЛОГО-НЕФТЯНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА ОНТИ ЛЕНИНГРАД

№ 8

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

	Стр.		
В. Белоусов — К вопросу о геологических условиях гелиеносности	81	V. Beloussov — The problem of the geological conditions for the occurrence of helium	
Н. Г. Кассин — Диаграмма геологических процессов	104	N. G. Kassin — The diagram of geological processes	
П. Н. Чирвинский — Палеогидрогеология	107	P. N. Tchirvinsky — Palcohydrogeology	
К. Озеров — К генезису месторождения корунда и андалузита Семиз-Бугу (Казахская АССР) и вмещающих его «вторичных кварцитов»	123	K. Ozerov — On the genesis of the Semiz-Bugu deposit of corundum and andalusite (Kasak ASSR) and the «secondary quartzites» containing it	
А. Криштофович — О находке триасовой фауны на Сахалине	154	A. Krishtofovitch — On the discovery of triassic fauna on the isle of Sakhalin	
О. С. Вялов — О тихоокеанской (мезозойской) эпохе складчатости	156	O. S. Vialov — On the pacific (mesozoic) epoch of folding	
Аннотации	159	Annotations	

К вопросу
о геологических условиях гелиеносности
В. Белоусов

Среди элементов, входящих в состав земной коры и используемых человеком для своих нужд, едва ли не самым своеобразным, интересным и в то же время самым «загадочным» в отношении условий возникновения и распределения в литосфере является гелий.

Открытый сначала на солнце (1863 г.), обнаруженный затем в спектре звезд и туманностей он только в 1894 г. был найден на земле сначала в минералах, затем в атмосфере и водах. Будучи инертным газом, с трудом отделимым от других элементов нулевой группы, гелий долгое время являлся предметом лишь лабораторных исследований, и общее его количество, добытое в то время из воздуха или из минералов во всех лабораториях мира, взятых вместе, не превышало нескольких кубометров.

Открытая возможность практического применения гелия вынесла интерес к этому необычному газу из пределов лабораторий на более широкую дорогу. Сейчас же вслед за первыми попытками применить гелий к воздухоплаванию в Америке во всех странах мира начались усиленные поиски этого ценного газа.

Но тут открылось еще одно свойство гелия, которое становилось в ряд с другими не менее странными качествами этого элемента, известными прежде: несмотря на то, что процесс радиоактивного распада происходит повсеместно и следовательно повсеместно должен возникать гелий, крупные скопления последнего были обнаружены до сих пор лишь в одной стране — САСШ. Все многочисленные попытки найти месторождения гелия в других странах не привели к положительным результатам. Вопрос о причинах этого неуспеха постоянно стоял в сфере внимания исследователей, соприкасающихся в своей работе с природными газами, но до сих пор он не получил удовлетворительного разрешения. Всего только осенью 1932 г. известный итальянский ученый Назини писал, что до сих пор мы не видим почти никакого прогресса в области геологии и геохимии гелия; до сих пор геологами не выдвинуто ни одной выдерживающей критику гипотезы, которая удовлетворительно объясняла бы условия распределения гелия в земной коре, условия накопления его в недрах, и до сих пор, если мы хотим искать на территории нашей страны месторождения гелия, единственным

Отв. редактор акад. И. Губкин. Зам. отв. редактора А. Блохин и Е. Янишевский. Техред. А. С. Б.

Сдано в производство 13 IX 1933 г. Подписано к печати 11/XII 1933 г. Печатных листов
Уполн. Главлита № В — 68901. Зак. № 1396. Тираж 1400.
Бумага 74×105. Знаков в п. л. 52000. Заказ изд. № 73.

Интернациональная (39-я) тип. Мосблестилграфа, ул. Скворцова-Степанова 3.

путем к этому явится широкое химическое опробование всех выходящих на поверхность природных газов. Причину положения, на которое указывает Назини, видят обычно в «загадочности» самого существа гелия, в слабой изученности тех процессов, которые ведут к возникновению этого элемента. Нам кажется однако, что дело не в одной сложности явлений, сопутствующих возникновению гелия. Нам кажется, что главная причина отсталости той отрасли геологии, которую можно назвать геологией гелия, лежит в том, что гелием и теми геохимическими процессами, с которыми он связан, меньше всего занимались те, кому следовало бы заниматься этими вопросами больше всего, — геологи.

В самом деле, среди многочисленной и разнохарактерной литературы о гелие мы находим лишь одну оригинальную работу, написанную геологом, — работу Роджерса [7]. Книга Роджерса чрезвычайно талантлива и изумляет точностью собранного материала, но это была первая работа о гелие как об ископаемом минерале, она только ставила вопросы, которые позже должны были быть разрешены. Между тем Роджерс погиб, и поставленные им вопросы так и остались неразрешенными. Вся остальная чрезвычайно богатая литература о гелие является результатом работ химиков и физиков. Последним в силу отсутствия внимания к этому вопросу геологов приходилось сплошь и рядом затрагивать кое-какие геологические вопросы, связанные с гелием, и не вина химиков, если в результате их попыток вопросы эти не сдвинулись с места.

Между тем внимание геологов к малоизвестному ископаемому было бы чрезвычайно плодотворно. Уже первый приступ к накопленному, хотя и достаточно скудно опубликованному материалу, освещающему геологическую обстановку гелиевых месторождений, позволяет говорить о гелие как о веществе, весьма нервно реагирующем на окружающие его геологические условия и распределяющемся в недрах с поразительной закономерностью по отношению к основным структурным элементам земной коры.

Настоящий очерк и является как раз первой попыткой осветить это малоизвестное свойство гелия и тем самым наметить те пути, которые должны были бы вывести науку о гелие как об ископаемом веществе на более широкую геологическую дорогу.

Соображения, излагаемые в очерке, поневоле должны основываться исключительно на литературных данных, принадлежащих другим исследователям. Но автор позволил себе осветить имеющийся в его распоряжении материал несколько иначе, чем это обычно делалось до сих пор.

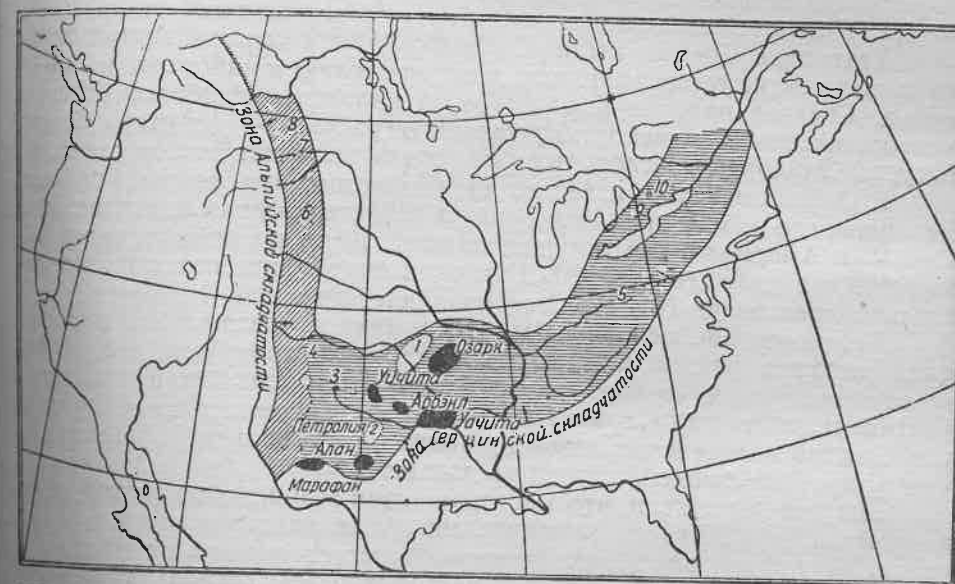
Кроме того автор ставит своей целью привлечь внимание к описываемому здесь ископаемому не только тех геологов, которые по роду своей деятельности сталкиваются с природными газами, но и исследователей других отраслей геологической науки, особенно занимающихся разрешением широких вопросов геотектоники и геохимии земной коры. Автор пытается показать, что гелий благодаря особенностям своего существа обладает столь сильно выраженной избирательной способностью по отношению к окружающей геологической обстановке, что сплошь и рядом может явиться интереснейшим индикатором структурного и геохимического режима данного участка земной коры.

Особенное внимание на вопросы, связанные с геологией гелия, следовало бы обратить геологам СССР. По геологическим условиям

территория СССР ближе, чем какая-либо другая страна, к Северной Америке, и по аналогии можно рассчитывать, что гелиевая проблема будет решена у нас удачнее, чем в других странах, и что гелий сыграет огромную роль в народном хозяйстве нашей страны.

Как сказано выше, промышленные месторождения гелиеносных газов известны пока лишь в САСШ¹.

Как указывает ознакомление с картой (фиг. 1), выхода гелиеносных газов в САСШ располагаются двумя огромными поясами. Один из них протягивается от Северного Техаса через штаты Оклахому, Канзас, Арканзас, Миссури, Тенесси, Кентуки, западную Вирджинию, Охайо, Пенсильванию, Нью Йорк, продолжаясь далее на северо-восток за область Великих Озер — в Канаду, где в провинции Онтарио известно несколько выходов гелиеносных газов; другой же пояс окаймляет с востока Скалистые Горы и охватывает штаты Колорадо, Уайоминг, Монтану и также протягивается в Канаду — в провинцию Альберта (фиг. 1).



Массивы древних пород
Первый гелиеносный пояс Сев. Америки
Второй гелиеносный пояс Сев. Америки

Фиг. 1. Кругочками обозначены главнейшие месторождения гелия. 1 — Среднеконтинентальный район, 2 — Петролия, 3 — Амарилло, 4 — Тсэтчер, 5 — Винтон, 6 — Уайоминг, 7 — Монтана, 8 — Альберта, 9 — Гэмильтон, 10 — Торонто.

Природные газы первого пояса выносят в общей сложности значительно больше гелия, чем струи второго пояса, и наибольшее количество промышленных месторождений гелия приурочено также к пер-

¹ Хотя в американских условиях промышленными считаются гелиеносные струи с содержанием гелия больше 0,5% при достаточно большом дебите газа, мы в своих рассуждениях относительно геологических условий, благоприятных для гелиенакопления, не можем пренебречь и многими другими менее богатыми струями, так как при большом дебите абсолютные количества гелия, выносимые ими, колоссальны.

вому гелиевому поясу САСШ. К нему принадлежат и два основных гелиевых района САСШ — Среднеконтинентальный и район Северного Техаса.

В Среднеконтинентальном районе гелиеносное поле обнимает юго-восточный Канзас и Северную Оклахому. Оно расположено здесь на восточной окраине широкого бассейна, ограниченного с запада Скалистыми Горами, а с востока массивом Озарк, вблизи «погребенного грабля», нащупываемого в Канзасе скважинами и являющегося не чем иным, как ядром пологой и широкой антиклинальной складки [10]. Бассейн сложен всевозможными породами, начиная от кембрия и кончая третичными, но в районе «подземного кряжа» древние породы исчезают, и здесь верхнепенсильванские отложения непосредственно налегают на докембрийские граниты.

Прилагаемый разрез (фиг. 2) показывает, что к тем же верхнепенсильванским слоям приурочена и наибольшая гелиеносность. Наиболее богат гелием горизонт Шауни (более 0,5% гелия), выше и ниже которого содержание гелия в газах быстро уменьшается.

Тектоника Среднеконтинентального района чрезвычайно спокойна и характеризуется наличием очень пологих и широких валов и мульд. Среднее падение пород 8 м на километр. Наиболее богатые месторождения Среднеконтинентального района — Декстер, Седан, Августа, Эльдорадо. Некоторые газы здесь содержат до 2% гелия.

В Северном Техасе известно два интересных гелиеносных района: Петролия, где долгое время находились гелиевые заводы правительства САСШ, и Амарилло, где государственный завод по добыче гелия находится в настоящее время. В Петролии содержание гелия в газе несколько превышает 1%, а в Амарилло достигает 2%.

Геологические условия Северного Техаса чрезвычайно напоминают таковые района Среднего Континента: спокойная тектоника «гранитные кряжи» в ядрах пологих антиклиналей. Как и в Среднеконтинентальном районе, мы здесь снова наблюдаем любопытную приуроченность гелиеносных газов к вполне определенным горизонтам, о чем подробнее скажем несколько дальше.

Мы уже указывали, что месторождения гелия, принадлежащие к второму поясу, не столь многочисленны, как месторождения первого пояса. Но именно здесь находится наиболее интересное из известных нам гелиевых месторождений — месторождение Тсэтчер в юго-восточном Колорадо, газы которого содержат до 8% гелия. Это месторождение расположено на западном борту того же широкого бассейна, восточный борт которого занимает Среднеконтинентальный гелиеносный район, и тектоника этих двух районов очень сходна, но гелий получается здесь не из пенсильванских, а из нижнемеловых отложений, из их базальных слоев (горизонт Дакота).

За недостатком места мы ограничиваемся столь кратким описанием гелиевых месторождений САСШ, отсылая желающих получить более подробные сведения к книге Роджерса и другой работе автора настоящего очерка [15]. Укажем лишь, что по подсчетам Роджерса свыше 15 млн. м³ гелия уходит ежегодно в атмосферу на территории САСШ и что общие разведанные запасы гелия в САСШ достигают 10 млрд. куб. фут., или 285 млн. м³. В 1932 г. завод в Амарилло выстил около 500 тыс. м³ чистого гелия при полной производительности завода в 700 тыс. м³ гелия в год и при суточном дебите гелия свыше 5 тыс. м³ (Петролия давала 3 тыс м³ гелия в сутки).

Знакомясь с геологическим строением Северной Америки, мы должны прийти к заключению, что вся первая гелиеносная зона САСШ протягивается вдоль области герцинской складчатости, окаймляя последнюю с северо-запада и располагаясь на ее периферии. Согласно последним данным (10) массивы Озарк, Ллано-Бэрнет, Арбэкл, Уичита и подземный кряж Амарилло мы должны считать форпостами герцинской складчатости — структурами, возникающими в пределах переходной зоны от складочной зоны к платформе, подобно нашим палеозойской оси Заволжья, Окско-двинского Вала и мн. др.

Именно в области пологих окраинных структур герцинской складчатости и расположены месторождения гелия первого гелиеносного пояса Северной Америки. В пределах вала, созданного в герцинское время, находится месторождение Амарилло; Петролия расположена на перемычке между массивами Ллано-Бэрнет с одной стороны и Уичита и Арбэкл — с другой, и в то же время близ поднятий системы Рэд-Ривер; около месторождений Среднеконтинентального района мы видим поднятие Озарк, «подземный кряж» Немаха и ряд других подобных структур; также в области, находящейся под влиянием герцинских движений, расположены гелиеносные струи Арканзаса, Тенесси и других штатов первого гелиевого пояса.

Второй гелиеносный пояс Северной Америки расположен не менее закономерно по отношению к основным структурным элементам земной коры, нежели первый. Этот пояс протягивается в меридиональном направлении и подобно первому окаймляет складчатую зону, но на этот раз альпийскую, располагаясь на ее восточной периферии (фиг. 1).

Снова мы видим здесь краевые спокойные структуры. Выше мы отмечали, что вообще гелиевые месторождения второго пояса представляют меньший интерес, нежели месторождения первого пояса, связанного с герцинской складчатостью. Теперь интересно указать на то, что месторождение Тсэтчер, являющееся исключением из этого правила и дающее газ с 8% гелия, расположено на скрещении двух

Вост. Канзас		
Permian	Sumner	Содержан гелия
	chase	0,1-0,27
	conchie grove 150	
Pennsylvanian	Wabannsee 500'	0,5-2,0
	Shawnee 375'-500'	
	Douglas 350'-500'	
	Lansing 125'-250'	
	Kansas city 200'-350'	0,47
	Pleasanton 275'-380'	
Mississippian	Henrieta 100'-200'	0,08
	Cherokee shale 350'-700'	
	Bonne limestone 300'-350'	
Cambrian	1000'-2200'	
Pre-cambrian	Granite	

Фиг. 2

Сев. Техас		
Permian	Clear Fork	Содерж. гелия
	Wichita 1000'	0,15
Pennsylvanian	Cisco 800-1000'	0,65-1,18
	Canyon 800'-1000'	
	Citrawin 1800'-4000'	0,1-0,4
	Smithwick	
Ordovician	Marbee faaes	
Cambrian		
Pre-cambrian		

Фиг. 3

поясов там, где альпийские движения несомненно наложились на предшествовавшие герцинские.

Все попытки обнаружить гелиеносные газы вне указанных поясов не дали положительных результатов. В частности лишь ничтожные следы гелия содержат газы нефтяного и газового района, окаймляющего с севера Мексиканский залив.

Помимо закономерности своего распределения на площади гелиеносные газы САСШ, как было уже сказано, обращают на себя внимание интересной приуроченностью к вполне определенным горизонтам стратиграфического разреза, на первый взгляд ничем особым не отличающимся от других горизонтов, расположенных выше и ниже.

В Среднеконтинентальном районе наиболее производительными оказываются слои, расположенные между подошвой группы Канзас Сити и кровлей Вобаунси верхнепенсильванского возраста (фиг. 2); в отдельных же месторождениях гелиеносные газы встречаются лишь в каком-либо одном горизонте, расположенном в указанных пределах.

В Петролии гелиеносной является лишь формация «сиско» (фиг. 3). В месторождении Амарилло мы находим гелий в серии Биг-Ляйм. Оба эти горизонта принадлежат также к верхнепенсильванской формации, которая на первых порах считалась американскими исследователями единственно гелиеносной формацией из всех развитых на территории САСШ.

Имеющиеся теперь в нашем распоряжении данные позволяют сказать, что к верхнепенсильванской свите на самом деле гелий приурочен лишь в пределах основной, наиболее интересной части первого гелиеносного пояса Северной Америки — в Среднеконтинентальном районе и Северном Техасе.

В иных местах гелий также локализуется в определенных участках разреза, но эти участки принадлежат уже иным системам. Так на северо-востоке первого гелиеносного пояса гелий обнаруживается в верхнесилурийских отложениях (Охайо, Онтарио). Напротив, во втором поясе гелиеносные газы имеют тенденцию подняться выше и обычно находятся в нижнем мелу.

Нельзя не отметить бросающуюся в глаза связь между стратиграфическим положением гелиеносного газа и возрастом той складчатости, на периферии которой он выходит. В области герцинских дислокаций он наблюдается в верхнекаменноугольных слоях; на северо-востоке той же зоны, где установлено наличие каледонских движений, гелиеносный газ спускается в силур; на западе же, на периферии альпийской складчатости, наоборот, он поднимается в нижний мел. Попробуем к вопросу о подобной закономерности мы вернемся позже.

Гелиевые месторождения САСШ всюду связаны с месторождениями нефти и горючих газов. Гелиеносные газы Америки являются по своему составу всегда в основе метановыми, с содержанием метана до 97%. Существенной составной частью их является также азот. Роджерсом указывается даже некоторая зависимость между содержанием в газе азота и содержанием в нем гелия.

Для примера мы приводим несколько анализов наиболее типичных гелиеносных газов Северной Америки (табл. 1).

В Европе, как и в Америке, мощные струи горючих природных газов известны главным образом в районах развития нефтеносности. Однако в отличие от Америки нигде в нефтяных и других углеводо-

Таблица 1

Типичные гелиеносные газы Северной Америки (в % объема)

Местность	CO ₂	O ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	N ₂	He
Августа, Канзас	0,13	—	10,54	1,64	87,69	2,13
Августа, Канзас	—	—	10,0	—	88,0	2,0
Декстер, Канзас	—	0,20	14,85	0,45	82,70	1,84
Эврика, Канзас	0,20	0,10	51,80	—	46,40	1,50
Петролия, Техас	0,25	0,54	56,85	10,35	31,13	0,90
Амарилло, Техас	—	—	—	—	25,0	2,0
Альберта, Канада	—	—	87,6	0,9	11,2	0,33

родных газов Европы не было обнаружено гелия в достаточном для промышленной его эксплуатации количестве. Гелий присутствует в европейских горючих газах обычно в тысячных и сотых долях процента, что делает, несмотря на большой иногда дебит газа, абсолютные количества выносимого гелия совершенно ничтожными.

Так одно из самых мощных газовых месторождений Европы — Нейенгамме — дает газ с содержанием гелия до 0,016%, и суточный дебит гелия на этом месторождении равен всего 0,56 м³. Сравнивая этот дебит с количествами гелия, выносимого струями американских месторождений (см. выше), мы можем легко составить себе представление о ничтожности известных гелиевых ресурсов Европы.

Для иллюстрации приводим несколько анализов нефтяных газов Европы (табл. 2).

Таблица 2

Типичные нефтяные газы Европы

Местность	CO ₂	Горючие газы	N ₂	Редкие	
				тяжелые	легкие
Пешельбронн	Следы	98,40	1,56	0,032	0,008
Нейенгамме	—	—	3,32	—	0,025
Кисармас	—	—	0,73	—	0,0019
Криков-Морени	12,90	80,89	6,19	—	0,0083

Все эти газы связаны с третичными отложениями.

Почти ту же картину представляют собой углеводородные газы, связанные с угольными месторождениями Европы. Наиболее богатая гелием газовая струя была обнаружена в Вестфалии, где газ, выходящий в ручье над выработками угольного рудника и связанный с каменноугольными отложениями, содержит 0,19% гелия. Дебит этого газа однако не превышает 40 м³ в сутки и следовательно в день здесь можно было бы получить всего 0,08 м³ гелия.

Еще беднее гелием вулканические газы Италии и Исландии. За последнее время в печать проникли сведения о том, что в Эстонии на о. Б. Врангельсхольм обнаружен газ, содержащий до 0,4% гелия. Сведения эти однако требуют проверки. Во всяком случае, поскольку газ этот по видимому связан с межморенными четвертичными отложениями, запасы его не могут быть велики.

Чрезвычайно любопытны иные газопоявления, широко развитые в Западной Европе и наилучше изученные во Франции, а именно газопоявления, связанные с термальными источниками. Безнадежные в практическом отношении они дают богатейший научный материал для познания природы гелиеносных струй, условий возникновения гелия и пр. Знанием газовых струй термальных источников мы обязаны главным образом прекрасным работам Муре и Лепала.

Большая часть термальных источников Западной Европы расположена во Франции и группируется в полосу северо-восточного простираения, протягивающуюся через города Мулен, Дижон и Везуль, охватывающую часть Центрального Французского Плато и продолжающуюся далее через Вогеzy к Шварцвальду. Как известно, Французское Плато, Вогеzy и Шварцвальд образованы сложно дислоцированными кристаллическими и палеозойскими породами, прорванными гранитами. Выхода термальных источников приурочены к линиям молодых радиальных тектонических расколов.

Газы термальных источников в подавляющем большинстве случаев состоят почти целиком из азота, к которому примешиваются в том или ином количестве газы нулевой группы. Содержание гелия в струях терм колеблется в очень широких пределах. С одной стороны, немало есть источников, которые обнаруживают в своих газах лишь следы гелия, а с другой — именно в азотных газах терм наблюдаются рекордные цифры содержания гелия в газах вообще, превышающие в двух случаях 10% (источники Сантеней). Приблизительно половина всех горячих источников выносит газ с содержанием гелия свыше 1% (табл. 3).

Таблица 3
Типичные азотные струи Западной Европы

Местность	CO ₂	O ₂	N ₂	He
Пломбьер	Следы	Следы	98,15	0,207
Бурбон Ланси	4,9	0,53	91,65	1,835
Сантеней	1,80	—	88,10	9,40
„	1,77	Следы	87,16	10,31

Столь высокое процентное содержание гелия в газах терм на самом деле весьма обманчиво, так как дебит таких струй чрезвычайно ничтожен. Максимальным дебитом среди термальных источников обладает источник, расположенный в Пешельбронне, но и он выносит всего 38 м³ гелия в год. Дебит же гелия в струях других источников исчисляется обычно литрами в год.

Аналогичные результаты поиски гелия дали и в других частях света. Крупные поиски гелия были произведены в Японии, многочисленные опробовательские работы состоялись на Яве и Суматре, в Новой Зеландии, на Мадагаскаре, в Египте. Здесь также исследованные газы разделились на две группы: газы углеводородные, связанные обычно с нефтяными месторождениями, и газы азотные, выходящие на поверхность вместе с горячими водами. При этом, как правило, исследованные газы первой группы при своем большом обычно дебите содержат гелий в ничтожных процентных количествах, а газы второй группы содержат более высокие проценты гелия, но проигрывают ввиду ничтожного своего дебита. В итоге как те, так и другие газы

выносят слишком малые абсолютные количества гелия в единицу времени, что делает невозможной эксплуатацию обеих групп газов для практической добычи гелия.

Причину столь большой разницы между гелиеносностью Северной Америки и других стран нам кажется следует видеть в различиях геологического и геохимического режимов. Эти различия нетрудно установить, если попытаться сравнить геологическое строение Северной Америки со строением например Европы (мы берем эту часть света как типичную для внеамериканских стран) и выяснить, в одинаковых или в различных отношениях к основным структурным элементам земной коры располагаются в этих двух странах газоносные области.

Прежде всего мы должны отметить, что в то время как в Америке гелиеносные пояса протягиваются, как мы видели, по перифериям герцинской и альпийской складчатых зон, причем наиболее интересным оказывается пояс, связанный с герцинской складчатостью, в Европе зона регионального развития газоносности связана почти исключительно с альпийской складчатостью. Во втором гелиеносном поясе Северной Америки мы находили гелий в верхнем мезозое, в то время как в Европе известные нам газы в подавляющем большинстве случаев получаются из третичных отложений, мезозой же или недоступен или негазоносен.

Кроме того мы должны указать на развитие совершенно различных структур по перифериям альпийской и герцинской складчатых зон Америки, с одной стороны, и по периферии альпийской складчатости Западной Европы — с другой. В то время как в Америке мы наблюдаем плавный переход от складчатости к платформе, характеризующийся развитием чрезвычайно спокойных тектонических форм, вся область, расположенная в Западной Европе к северу от Альп, представляет собой типичный образец германотипной тектоники, сопровождающейся большим развитием радиальных дислокаций (сбросы рейнского направления).

Чтобы выяснить, почему указанные различия в геологическом строении территории Северной Америки и Европы должны были повести к различным проявлениям гелиеносности, нам необходимо теперь уклониться в сторону и несколько слов сказать об общих условиях генезиса гелия и накопления его в земной коре.

Как известно, еще в 1903 г. Резерфордом и Содди была показана идентичность альфа-частиц с атомами гелия. Вернее последними альфа-частицы становятся после потери своей первоначальной скорости и нейтрализации. Как мы теперь знаем, в результате полного распада одного атома урана возникает восемь альфа-частиц, или, другими словами, такое же количество атомов гелия; при разложении же одного атома тория — шесть альфа-частиц, или шесть атомов гелия (продуктами ряда актиния, играющего ничтожную роль, для наших общих рассуждений можно пренебречь).

Благодаря тому что радиоактивный распад для данного вещества происходит, насколько мы можем знать, всегда с одной и той же скоростью, независимой от внешних условий, нетрудно вычислить объем гелия, возникающий в единицу времени в результате распада определенного количества радиоактивных элементов. Так в результате распада 1 г урана образуется $1,16 \cdot 10^{-7}$ см³ гелия в год; в то же время из 1 г тория в год возникает $2,43 \cdot 10^{-8}$ см³ гелия.

Далее, зная содержание радиоактивных веществ в горной породе, легко определить количество гелия, возникающее в единицу времени в пределах определенного объема пород. Как показали многочисленные наблюдения, среднее содержание урана в кристаллических породах равняется $7,6 \cdot 10^{-6}$ г на 1 г породы, а содержание тория $1,64 \cdot 10^{-5}$ г на 1 г породы. Цифры эти возрастают для кислых пород и понижаются для основных. Считая удельный вес породы равным 2,6, нетрудно вычислить, что 1 м³ породы со средним содержанием радиоактивных элементов накопит в течение года $3,3 \cdot 10^{-6}$ см³ гелия, а 1 км³ таких же пород создаст внутри себя за тот же срок 3300 см³ гелия. Это количество, взятое отдельно, конечно очень мало, но, приняв во внимание те огромные объемы пород, которые вовлекаются в геологические процессы, и те колоссальные промежутки времени, в течение которых эти процессы протекают, мы увидим, что в результате такого внутриминерального образования гелия должны возникать в земной коре огромные количества этого газа.

Самое высокое содержание гелия в минерале, которое было наблюдаемо, достигает 10 см³ на 1 г минерала. Как показал Стрэтт [9], это количество зависит, во-первых, от содержания в минерале радиоактивных веществ и, во-вторых, от возраста минерала. Чем древнее минерал, тем больше при прочих равных условиях должно было накопиться в нем гелия. Этим обстоятельством пользуются для определения возраста минералов. Однако цифры, получаемые «гелиевым» способом, всегда бывают сильно преуменьшены по сравнению с цифрами, даваемыми «свинцовым» способом, и расхождение в среднем достигает 65%. Причины такого преуменьшения следует видеть в постоянной утечке гелия из породы в результате диффузии газа сквозь поры минералов.

Большой интерес представляет то состояние, в котором вновь образованный гелий находится внутри минерала. Как показали работы Грея и Вуда [11], по крайней мере 30% всего заключенного в минералах гелия выполняет мельчайшие пустоты, остальной же гелий находится повидимому в состоянии раствора газообразного вещества в твердом.

Гелий выделяется из минерала лишь после сильного нагревания; начинается выделение при температурах около 300°; при температурах от 500 до 700° выделяется большая часть гелия (до 60%); полное же выделение гелия происходит при накаливании минерала до температуры в 1100—1200°.

Гелий, рассеянный внутри минералов (первично-рассеянный или просто «первичный» гелий), представляет для нас мало практического интереса. Добывать его непосредственно из минералов в большом количестве невозможно. В качестве побочного продукта первичный гелий получается в процессе обработки монацита для извлечения из него тория. Практика показывает, что из каждой тонны монацитового песка может быть получен 1 м³ гелия.

Для того же чтобы гелий мог быть получен в ощутительных количествах, он должен находиться уже вне минералов, в свободном состоянии, в каких-либо сравнительно крупных пустотах породы. В последние гелий поступает в результате диффузии сквозь стенки пор, имеющихся в минералах. Процесс этот усиливается не только в результате повышения температуры, но и при увеличении давления, а также при раздроблении минералов. Таким образом тяжесть пород и высокая температура, связанные с глубоким залеганием гелиесодер-

жащих минералов, и тектонические движения, ведущие к перетиранию и дезинтеграции минералов, чрезвычайно облегчают освобождение гелия.

Последний, покинув минералы, пользуясь трещинами в породе, в некоторых случаях может непосредственно выходить на поверхность. По пути он смешивается с другими газами, которые в совокупности и составляют в этом случае гелиеносную струю, которую мы можем назвать первично гелиеносной струей. Тип гелиевых месторождений, связанных с такими струями, соответственно следует именовать типом первичных гелиевых месторождений.

Пример первичных месторождений гелия мы видим в газовых струях термальных источников. Здесь гелиеносные газы, не скапливаясь во вторичных коллекторах, непосредственно с больших глубин, пользуясь трещинами радиальных разломов, поступают на земную поверхность. Теми же трещинами пользуются для своего выхода наружу и горячие воды, чем повидимому и вызывается связь гелиевых струй этого типа с термальными водами.

Газы термальных источников, как мы видели, являются азотными с примесью элементов нулевой группы. Исследования Муре и Лепана, подтвержденные неоднократно позже, показали, что отношения между всеми входящими в состав газов термальных источников элементами близки таковым, наблюдаемым в воздухе. Эта закономерность однако резко нарушается для гелия, содержание которого в первичных газовых струях колеблется в широчайших пределах, обычно сильно превышая относительное содержание этого газа в воздухе. Так например отношение $\frac{\text{He/Ar ист.}}{\text{He/Ar возд.}}$ колеблется между значениями от 0,50 до 24 814,00.

Последнее явление мы должны связывать с тем, что гелий постоянно образуется в природе в результате радиоактивного распада, происходящего в породах. В связи с этим естественно искать зависимость между количеством выносимого источником гелия, с одной стороны, и радиоактивностью вод, газов и окружающих источников пород — с другой. Наблюдения однако показывают, что количественно такая зависимость выражена чрезвычайно слабо и часто вовсе незаметна. Кроме того общий объем гелия, выносимого источником, часто во много раз превышает то вероятное его количество, которое могло бы образовываться в результате постоянного распада радиоактивного вещества, заключенного в породах, связанных с источником. Так например источник Вокелен во Франции выносит такое количество гелия, которое может возникать лишь при постоянном распаде 17 км³ пород нормальной радиоактивности.

Отсутствие пропорциональности между наблюдаемой радиоактивностью и количеством выносимого источником гелия может быть объяснено различным образом. Основной же причиной, на наш взгляд, является то обстоятельство, что трещины, выводящие гелий вместе с горячими водами, являются образованием в геологическом смысле весьма молодым, в то время как накопление гелия в рассеянных этими трещинами породах происходит в течение весьма длительного промежутка времени. Такой накопленный с давних времен «ископаемый» гелий получает возможность после образования тектонической трещины усиленно выходить на поверхность. Так например трещины, вызвавшие появление термальных источников Центрального Француз-

ского Плато, Вогез и Шварцвальда, образовались в самые последние стадии альпийского тектогенеза, в то время как породы, питающие гелием эти трещины, относятся по крайней мере к каменноугольной системе. Считая возраст последней равным 300 млн. лет, легко рассчитать, что за этот промежуток времени каждый кубический километр породы должен был образовать 1 млн. м³ гелия, из которого по крайней мере треть должна была удержаться внутри минералов. Этот «ископаемый», накопленный в продолжение геологических времен, гелий и получил возможность выходить сквозь образовавшиеся тектонические трещины, причем ясно, что дебит гелия в этом случае будет зависеть не столько от радиоактивных свойств породы, сколько от ее возраста, глубины и характера трещины, величины ее «бассейна питания» и других причин чисто геологического порядка.

Усиление давления, раздробление пород и повышение температуры, как мы видели, способствуют скорости отдачи гелия минералами. Отсюда мы можем сделать вывод, что альпийский тектогенез сыграл большую роль в создании гелиевых струй первичного типа в пределах Западной Европы.

Выше мы видели, что, несмотря на часто высокое процентное содержание гелия в газах термальных источников, дебит последних настолько мал, что абсолютные количества выносимого гелия ничтожны. В связи с этим отрицательно решается и вопрос о возможном практическом использовании для добычи гелия месторождений первичного типа. В другом месте мы разбираем этот вопрос подробнее [15] и пытаемся показать, что никакими доступными нам средствами (бурение, особое устройство каптажа и т. п.) невозможно искусственно повысить газовый дебит термальных источников настолько, чтобы он даже в слабой степени соответствовал тому, что мы должны требовать от промышленно-пригодного месторождения.

Все промышленные месторождения гелия принадлежат к типу вторичных месторождений, в которых гелий получается непосредственно из материнских пород, а не из промежуточного коллектора, где газ имел возможность накопиться и сохраниться в больших количествах. Легко видеть те преимущества, которые будет иметь вторичное месторождение перед вышеописанными первичными. Прежде всего в этом случае для нас мало значения имеет медленность процесса возникновения гелия в породе и медленность отдачи гелия минералами. Образование гелия началось давно, поступление его в коллектор происходило в течение многих миллионов лет, и теперь мы имеем дело уже с результатами этого процесса. Кроме того область питания одного замкнутого коллектора может быть значительно крупнее области питания трещины: несколько выводящих гелий трещин могут сообщаться с одним коллектором или же при непосредственной связи коллектора с материнской породой коллектор может прикрывать последнюю на большой площади.

Известны попытки подсчитать время, потребное для создания тех запасов гелия, которые обнаруживаются в промышленных месторождениях Северной Америки. Конечно цифры должны получаться весьма различные в зависимости от характера геологического строения, от площади накапливающей гелий структуры и пр., но в среднем можно принять, что для создания крупного месторождения типа Петролии в условиях тектоники Северного Техаса или Среднеконтинентального

района необходимо непрерывное накопление гелия в течение примерно 100 млн. лет.

Эта цифра указывает, что уже 100 млн. лет назад коллектор месторождения был достаточно хорошо изолирован от атмосферы. Далее мы должны допустить, что в течение тех же 100 млн. лет ничто не нарушало спокойное накопление газа в коллекторе, что последний ни в коей мере не подвергался в течение этого срока хотя бы временному «проветриванию».

Из сказанного следует, что две отличительные черты должны характеризовать в первую голову геологическое строение местности, благоприятной для гелиенакопления: достаточная древность коллекторов и чрезвычайное спокойствие тектонического режима.

Древность коллекторов уже на самых первых порах исследования гелиевых месторождений указывалась в качестве совершенно необходимого условия для того, чтобы гелиенакопление могло состояться. Однако следует отметить, что значение возраста пород часто преувеличивалось. Подсчеты показывают, что уже с конца мезозоя протекло достаточно времени, чтобы в благоприятных условиях могло возникнуть в верхнемезозойских породах достаточно крупное месторождение, что и подтверждается кстати открытием за последние годы месторождений в САСШ, связанных с нижнемеловыми коллекторами. Повидимому лишь третичные породы следует исключить из числа тех, которые способны накопить гелий в больших количествах.

В качестве второго условия, необходимого для создания гелиевого месторождения, мы указали спокойный тектонический режим. Это условие не вызывает никаких сомнений. Все области сильных тектонических нарушений, тем более молодых, несомненно должны быть заведомо исключены из числа возможных гелиеносных районов. В подобных областях тектонические движения сопровождались глубоким разрывом, в результате которого пришли в соприкосновение с атмосферой все или почти все принимающие участие в строении этих районов осадочные породы. Где недостаточно проникла вглубь эрозия, там завершили дело глубокие тектонические трещины, по которым имели возможность выйти наружу глубинные газы. К этому мы должны еще прибавить, что нагревание и сдавливание пород в течение длительного пребывания их на дне геосинклинали в период, предшествовавший формированию тектонических структур, также мешали гелию скапливаться в этих породах, позволяя ему легко диффундировать сквозь нагретые слои вплоть до того, пока его не задерживали поверхностные холодные отложения. Но в момент тектонических движений эти поверхностные отложения первые вскрывались, приходя в соприкосновение с атмосферой, немедленно отдавая весь гелий, скопившийся в них.

Приходя таким образом к заключению, что районы, благоприятные для накопления гелия, располагаются вне областей сложных тектонических структур, мы должны учесть, с другой стороны, что для образования скоплений гелия, также как и всяких других газообразных веществ, встречающихся в недрах земной коры, необходимо все же наличие некоторых тектонических форм и прежде всего пологих антиклинальных складок, в сводовых частях которых при наличии других благоприятных условий и будет накапливаться газ. Медленность накопления гелия требует большой площади аккумулирующих газ структур, достаточной для того, чтобы обеспечить коллектор возмож-

но большим объемом питающего бассейна. Широкие спокойные пологие складки — валы — явятся идеальными тектоническими формами для образования гелиевого месторождения. Подобные складки должны быть мало или вовсе не нарушены тектоническими трещинами. В этом отношении гелий несомненно значительно требовательней углеводородных газов, которые, возникая значительно быстрее, нежели гелий, несравненно легче накапливаются в нарушенных и мелких структурах.

Все перечисленные условия должны нас неминуемо привести к перифериям складчатых зон, к тем областям, где наблюдается слабая, затухающая складчатость. Как мы видели, именно в периферийных частях складчатых зон и располагаются гелиевые месторождения Северной Америки².

Однако выше мы уже указывали, что строение периферийных частей складчатых зон может быть весьма различно. Грубо говоря, мы можем указать на две основных «фации» периферийных структур: одна из них характеризуется преимущественным развитием плавных складчатых структур, периферии же другой «фации», наоборот, являются местом большого распространения дизъюнктивных дислокаций, главным образом сбросового типа; так называемая «Мезо-Европа» как раз представляет собой пример периферийной (по отношению к альпийской складчатости) области второй германотипной фации. Обе фации могут существовать совместно и переходить одна в другую.

Из того, что было сказано выше, легко видеть, что в противоположность перифериям складчатых зон, характеризующимся плавной тектоникой, периферии «германотипные» не представляют благоприятных условий для образования вторичных гелиевых месторождений. Наоборот, они являются чрезвычайно благоприятными для возникновения в их пределах первичных гелиеносных струй. Известно, что скопления углеводородных газов и нефти концентрируются в пределах «плавных» периферий складчатых зон. Однако месторождения углеводородных газов незначительного за редкими исключениями масштаба встречаются и в германотипных областях, в отдельных депрессиях, выполненных сравнительно молодыми породами. Структурный анализ подобных депрессий показывает, что и здесь в подавляющем большинстве случаев мы не находим тектонических условий, благоприятствующих накоплению гелия.

Следующее условие, являющееся неперменным условием для всех известных нам гелиевых месторождений, заключается в обязательной связи гелия вторичных месторождений с углеводородами и в частности с нефтью. Весьма возможно, что эта связь обуславливается общностью условий накопления, но некоторые явления указывают также на вероятность и более глубокой связи между гелием и другими газами. Из теорий, пытающихся выяснить природу подобной связи, наибольшей известностью пользуется теория Линда, основанная на явлении полимеризации молекул углеводородов под влиянием воздействия на них альфа-лучей.

Линд производил опыты с молекулами самых различных углеводородов, как простых, так и сложных. Тип реакции сохранялся при этом один и тот же: происходило выделение низших членов ряда и

² Здесь и в других местах в понятия «складчатая зона», «периферия складчатости» мы вкладываем содержание, даваемое этим термином М. М. Тетяевым (см. «Проблемы советской геологии» № 1).

водорода, а за счет освободившихся валентностей образовывались высшие гомологи. Интересно, что присутствие азота ускоряло указанные реакции.

Линд указывает, что подобными реакциями может быть объяснено происхождение всех сложных углеводородов из метана под влиянием альфа-излучения. Так как альфа-частицы являются в то же время атомами гелия, то становится понятным сожительство гелия с нефтью.

Остроумная теория Линда встречает однако много возражений. Во-первых, она бессильна объяснить, почему далеко не всюду, где известна нефть, встречается гелий. Во-вторых, крупные неувязки возникают в связи с тем, что согласно теории Линда в процессе полимеризации углеводородов должен в большом количестве возникнуть водород. Можно высчитать, что на каждый кубометр гелия должно образовываться 250 м³ водорода. Если часть этого водорода расходуется, как полагают, на восстановительные реакции, то все же непонятно полное отсутствие этого элемента в известных нам нефтяных газах.

Некоторые иные соображения относительно причины связи между гелием и углеводородами мы выскажем дальше.

Сейчас же остается лишь повторить, что до сих пор вне районов региональной газоносности и нефтеносности не было обнаружено ни одного крупного месторождения гелия.

Прежде чем перейти к следующим, наиболее существенным и интересным условиям, руководящим распределением вторичных месторождений гелия в земной коре, полезно несколько вернуться назад и сравнить ту роль, которую играют в гелиеносных газах углеводороды со значением в них же азота. В то время как азот связан с какими-то ранними и глубокими этапами жизни гелия, в чем убеждает нас то обстоятельство, что первичные гелиевые струи, газ которых непосредственно из своей материнской породы выходит на поверхность, являются азотными, углеводороды породы выходят на поверхность уже в процессе накопления газов в коллекторе и именно в явлениях, сопутствующих этому процессу, и следует искать возможную более глубокую связь гелия с горючими газами.

Так как гелиеносные газы вторичных месторождений всегда богаты азотом, то мы должны повидимому думать, что коллектор подобного месторождения питается одновременно и первичными азотными газовыми струями, содержащими гелий, и углеводородными газами.

В описании североамериканских гелиевых месторождений мы указывали, что наиболее богатые гелием газы всегда в пределах данного месторождения оказываются приуроченными к весьма ограниченной части разреза, часто к одному какому-либо горизонту. Теперь мы должны сообщить, что такие богатые гелием горизонты занимают всегда несколько особое положение, а именно всюду, во всех разрезах, гелиеносными оказываются горизонты, залегающие трансгрессивно с угловым несогласием на размытой поверхности более древних отложений и в том числе всегда на докембрийских гранитах, вскрытых в ядрах некоторых складок.

Проанализируем бегло наиболее известные гелиеносные области САСШ.

В Восточном Канзасе непосредственно на гранитах «подземного кряжа», близ которого расположено гелиеносное поле, лежат слои

Шауни, к моменту отложения которых все более древние отложения были уничтожены размывом. Именно к этому горизонту и приурочена наибольшая гелиеносность. Если мы встречаем гелий в нескольких других соседних горизонтах, также в некоторых пунктах, непосредственно налегающих на размытую поверхность гранита, то в противоположность этому в пермских породах, не приходящих в соприкосновение с древними гранитами, газ содержит лишь ничтожные количества гелия.

В массиве Арбэкл наибольший перерыв наблюдается перед образованием формации «сиско», которая отложилась на размытой поверхности более древних пород. В полном соответствии с этим неподалеку отсюда, в Петролии, мы находим гелий именно в слоях «сиско», не выше и не ниже.

Слои Биг-Ляйм, дающие гелий в Амарилло, лежат непосредственно на древних гранитах. В основании этих слоев известны грубые аркозовые песчаники, из которых и получается наиболее богатый гелий.

Изучение геологических карт и разрезов восточного Колорадо убеждает нас в том, что все имевшиеся здесь более старые угловые несогласия перекрываются крупной трансгрессией нижнего мела, подошва которого постепенно при продвижении с востока на запад приходит в соприкосновение все с более древними отложениями и наконец непосредственно ложится на докембрийские граниты. Как раз к нижнему мелу, как мы видели, приурочены здесь богатые гелием газы.

Несомненно, что при этом и упомянутые раньше закономерности (о гелиеносности определенных формаций в соответствии с возрастом ближайших складчатых зон) связаны между собой самым тесным образом. В самом деле, в области герцинской складчатости наиболее крупные тектонические движения происходили в верхнекаменноугольное время, к которому и приурочены основные и последние в герцинском цикле угловые несогласия слоев, трансгрессии и другие нарушения в осадочном процессе. В Среднеконтинентальном районе и Северном Техасе многочисленные складки были образованы в послемиссисипское время. Вслед за этим они подверглись размыву, который кое-где в ядрах обнажил докембрийское гранитное основание. Позже область испытала снова погружение и была трансгрессивно перекрыта верхнепенсильванскими отложениями.

В области каледонских движений наибольших несогласий мы должны ожидать в нижнем палеозое, что и согласуется с приуроченностью гелиеносных газов к силуре в Охайо и Онтарио. Напротив, в зоне альпийской складчатости главную роль играют более молодые трансгрессии и угловые несогласия, и согласно с этим гелий здесь приурочен к более высоким отложениям.

Чтобы избежать неясностей, напомним, что гелиеносные горизонты Северной Америки не только откладываются трансгрессивно вслед за пароксизмом складчатости, но и сами оказываются захваченными более поздними движениями и ни в коем случае не являются отложениями посттектоническими, а лишь одними из последних в данном цикле складчатости.

Несомненно, что первенствующую роль в гелиеносности тех или иных отложений играет именно их соприкосновение с гранитами. Можно себе представить, что гелий, образующийся в теле гранитного мас-

сива, легче всего будет поступать в ближайший, соприкасающийся с этим массивом пласт. Проникновению газа в более высокие горизонты мешает наличие в отложениях газонепроницаемых прослоев, что же касается слоев, залегающих глубже и также быть может приходящих частично в соприкосновение с гранитом, то они не смогут удержать в себе газ: последний будет неминуемо уходить из них через различные головы в тот же трансгрессивно перекрывающий их пласт, который оказывается таким образом в наивыгоднейшем структурном положении.

Факты однако показывают, что процесс непосредственного поступления гелия из гранитного массива в пласт вряд ли играет большую роль. Если бы этот процесс был значителен, то наибольшую гелиеносность мы встречали бы всегда в непосредственной близости к «погребенному гранитному кряжу». Между тем в целом ряде случаев мы имеем другую картину. Гелиеносное поле Среднеконтинентального района располагается над вскрытыми в ядре антиклинами гранитами, но область наиболее богатых гелием газов расположена в стороне от гранитного кряжа и лишь своим восточным краем примыкает к нему. В Петролии мы вовсе не обнаруживаем гранитного основания непосредственно под гелиеносными породами. Докембрийские граниты мы находим в нескольких десятках километров отсюда — в массиве Арбэкл. Только в результате геологической реконструкции можно притти к заключению, что гелиеносные слои «сиско» ранее приходили с этими гранитами в соприкосновение, отлагаясь трансгрессивно на их размытой поверхности так же, как и на размытой поверхности всех других допенсильванских пород.

Меловые породы восточного Колорадо соприкасаются с гранитами лишь далеко на запад от гелиевого месторождения — в пределах Скалистых Гор. Только в Амарилло гелий получается из песков, залегающих непосредственно на граните.

Описанные явления приводят нас к заключению, что не столько гранитный массив непосредственно снабжает гелием пласт, сколько гелий образуется внутри самого пласта за счет распада тех радиоактивных веществ, которыми пласт обогатился в результате размыва гранитов. При этом, так как тяжелые редкоземельные минералы, в которых преимущественно и встречаются радиоактивные вещества, являются наиболее устойчивыми при выветривании, в пласте во время процесса осадкообразования может происходить естественное обогащение, подобное тому, которое ведет к образованию например монацитовых россыпей и т. п. (в меньших конечно масштабах).

Широкое распространение по пласту продуктов разрушения гранитов способствует тому, что гелиеносное поле может быть смещено по отношению к своему материнскому массиву, а в некоторых случаях последующей эрозией и вовсе отчленено от него, как мы это видим например в Петролии.

В литературе существуют указания на повышенную радиоактивность докембрийских гранитов средних штатов Северной Америки. Однако это повышение радиоактивности связано с присутствием незначительного количества урановых минералов в пегматитовых жилах, что поднимает общее содержание радиоактивных веществ в породе по сравнению с нормальным всего лишь на доли процента. Повидимому не эта ничтожная концентрация радиоактивного вещества в гранитах вызвала образование гелиевых месторождений. Гораздо большую роль

должны играть те процессы, которые ведут ко вторичной концентрации радиоактивных элементов уже в пределах самих осадочных пород.

Такие процессы могут быть двоякого рода: или они являются следствием чисто физических условий осадкообразования (многократный перемыв отложений и тому подобные процессы) или же связаны с явлениями более сложными и для нас пока менее понятными. В этом отношении интересно ознакомление с крупными скоплениями в юрских осадочных породах восточного Колорадо ванадиевых уранатов, которые, образуя цемент песчаника, распространены на площади в несколько тысяч квадратных километров. Гелиеносные газы, приуроченные к нижнему мелу, несомненно стоят в связи с этими любопытными образованиями. Генезис подобных скоплений радиоактивного вещества (на отдельных участках здесь содержание урана в породе достигает 2%) еще неясен. В. И. Вернадский указывает, что «подобные руды образуются на поверхности земли или в неглубоких водных бассейнах, состав которых определяется химическими процессами, связанными с выветриванием... вещества континентов и островов». Особенно интересно, что хотя в основном подобные скопления радиоактивных элементов в осадочных породах произошли за счет механического разрушения горных пород, богатых соответствующими минералами, «во многих случаях очень вероятно, что эти металлы были сконцентрированы органическим веществом при жизни или после смерти. Оба явления обычно дополняют друг друга: живое вещество в местах, богатых металлами, обыкновенно содержит их в больших количествах, т. е. в таких местах развиваются особые животные и растительные виды». В. И. Вернадский указывает также, что выделение металлических соединений, входящих в состав указанных руд, происходит повидимому в среде, бедной кислородом, в которой огромное значение имеет анаэробная жизнь.

Вспомним теперь, какая роль анаэробным биохимическим процессам отводится современной наукой в явлении нефтеобразования и в свете последнего замечания В. И. Вернадского перед нами открывается новая, неожиданная, возможная причина связи гелиеносных газов со скоплениями углеводородов.

Если перечисленные ранее условия — наличие немолодых коллекторов, спокойная тектоника, нефтеносность пород — оставляли нам широкий простор в смысле выбора районов для поисков гелия, то последнее условие, устанавливающее необходимость вполне определенных и далеко не простых структурных взаимоотношений пород внутри гелиеносного района, сильно ограничивает нас и делает наши поиски одновременно и более трудными и более целеустремленными.

Попробуем в самых общих чертах оценить потенциальную гелиеносность некоторых различных структурных элементов земной поверхности.

При этом прежде всего мы должны себя ограничить исключительно окраинами складчатых зон, характеризующимися плавной тектоникой и общей нефтеносностью. Выясним возможную гелиеносность пород различного возраста, слагающих подобные области.

Так как гелиеносные породы должны быть, как мы видели, захвачены складчатыми движениями, то третичные и мезозойские породы могут нами рассматриваться в качестве возможных гелиевых коллекторов лишь по окраинам альпийских складчатых зон. Третичные породы благодаря своей молодости должны нас мало интересовать

значительно больше внимания мы должны обратить на породы мезозойские.

Как мы только что выяснили, последние, для того чтобы стать гелиеносными, должны отложиться трансгрессивно на нижележащих породах, на их размытой поверхности и в том числе на размытой поверхности кислых кристаллических пород. Последние могут быть различного возраста: докембрийского, каледонского, варисцийского (в целях схематичности мы приводим подобное грубое возрастное деление гранитных интрузий). Наибольшее предпочтение мы должны отдать конечно древним, докембрийским гранитам, так как в них гелию имел возможность скопиться в наибольших количествах, и следовательно в процессе разрушения массива большие количества «ископаемого» гелия должны поступить в пласт. Однако комбинация мезозой — докембрий будет затруднена в силу того, что мезозойские породы отделены от докембрия обычно слишком мощной серией пород. Лишь очень глубокий размыв может содействовать тому, чтобы непосредственное налегание мезозоя на докембрий состоялось.

Значительно ближе к мезозойским породам находятся варисцийские граниты. Но в этом случае мы встречаемся с новым затруднением: гранитные интрузии приурочены обычно к центральному областям складчатых зон; следовательно для того, чтобы необходимые взаимоотношения могли иметь место, срединная зона варисцийской складчатости должна совпасть с периферией альпийской. Такую картину мы встречаем например в Западной Европе. Но Западная Европа является областью типичного проявления германотипной тектоники. Точно такие же условия мы встречаем и в советской Средней Азии и на Алтае, хотя, с другой стороны, Урало-эмбенский район представляет собой пример возникновения плавных тектонических структур на месте пересечения одной складчатости другою.

Пример Америки показывает, что в мезозойских отложениях вполне могут возникать крупные гелиевые месторождения, но они все же не столь часты, как месторождения, связанные с коллекторами более древними, и поиски подходящих структурных взаимоотношений пород, как мы видим, должны представить немалые затруднения.

В значительно лучшем положении оказываются палеозойские породы, которые мы должны изучать по окраинам варисцийских складчатых зон. Эти области оказываются несомненно наиболее благоприятными для гелиенакопления. Окраины складчатости, обладающие плавной тектоникой, чаще всего встречаются именно близ варисцийских «орогенов». Наиболее благоприятные в условиях варисцийской тектоники для гелиенакопления верхнепалеозойские породы здесь легко достижимы и в то же время отделены от древних, докембрийских гранитов сравнительно немощной серией осадков, благодаря чему легко может возникнуть необходимое структурное соотношение. Сама древность коллекторов является не последним благоприятным фактором.

Что касается окраин каледонской складчатости, то здесь, как мы видели, уровень гелиеносности должен переместиться несколько вниз и соответствовать последним, затронутым данным циклом складчатости, т. е. нижнепалеозойским породам (верхнему силуру). Последние еще ближе расположены к докембрийским породам, чем верхнепалеозойские, но нам кажется, что эта чрезмерная близость играет здесь скорее отрицательную роль, позволяя последующим, послекаледон-

ским размывам слишком легко вскрывать создавшиеся антиклинальные структуры вплоть до их гранитного ядра, «проевтривая» тем самым содержащие газ породы.

Интересно, что в результате всех наших последних рассуждений мы приходим к тому же выводу, что и первые американские исследователи: наиболее благоприятными для гелиенакопления являются верхнепалеозойские породы, расположенные по окраинам зон герцинской складчатости. Но мы теперь видим, что не возраст сам по себе играет в этом первенствующую роль: структурное положение верхнепалеозойских пород оказывается для процесса образования гелиевых месторождений наиболее благоприятным. В связи с этим совершенно иное освещение приобретает тот эмпирический закон американцев относительно приуроченности гелия преимущественно к пенсильванским слоям, который на первых порах служил в Америке руководящей идеей при поисках гелия.

Итак, основываясь на всем изложенном в этом кратком очерке, мы считаем возможным сделать следующие практические выводы относительно направления и методики поисковых работ на гелий.

1. Поиски гелия следует прежде всего направлять в нефтеносные или газоносные области, располагающиеся по окраинам складчатых зон.

2. Окраины складчатых зон, характеризующиеся наличием большого количества радиальных дислокаций сбросового типа (германотипная тектоника), являются для возникновения вторичных гелиевых месторождений неблагоприятными.

3. Наиболее благоприятными для возникновения гелиевых месторождений являются окраины варисцийских складчатых зон, где наиболее вероятные коллекторы гелия принадлежат верхнему палеозою.

4. Окраины альпийской складчатости являются в общем менее благоприятными. Во всяком случае здесь следует искать участки с наиболее глубоким ниже- или среднемезозойским размывом, где верхне-мезозойские породы, являющиеся в этих областях наиболее вероятными коллекторами гелия, могли бы, отлагаясь трансгрессивно, притти в соприкосновение с более древними гранитами. Наиболее выгодно соприкосновение с докембрийскими гранитами.

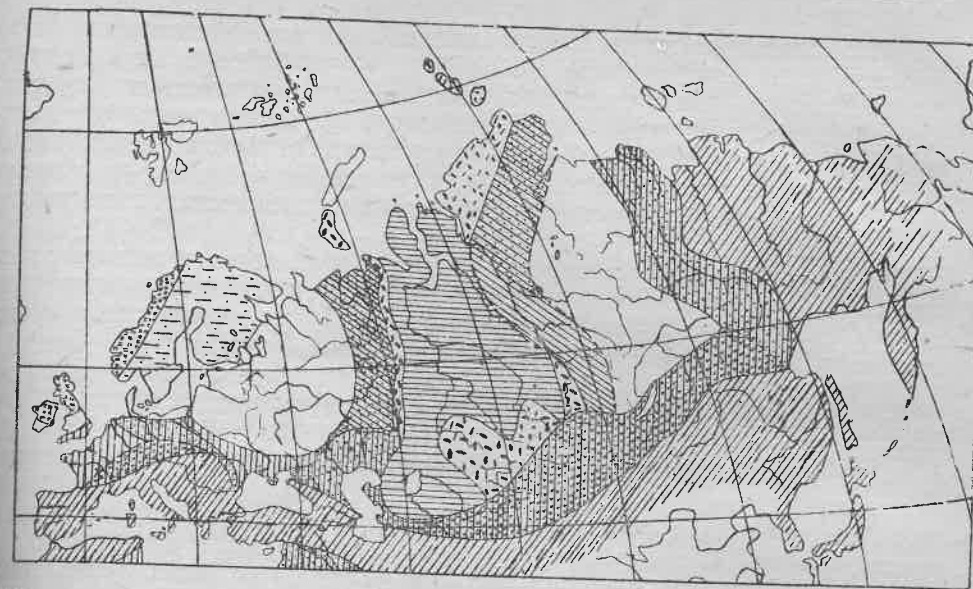
5. По окраинам каледонской складчатости вероятные коллекторы находятся в нижнем палеозое (верхний силур?). Здесь следует искать участки, наименее разрушенные позднейшей эрозией.

6. Во всех случаях особое внимание должны привлекать отложения, залегающие трансгрессивно на нижележащих породах и в том числе на гранитах. В связи с этим особенно детально должна быть изучена для данного района последовательность тектонических фаз.

7. Палеогеографические реконструкции должны указать направление сноса терригенного материала и тем самым определить возможное смещение гелиеносного поля по отношению к материнскому массиву.

8. Всякие поиски гелия должны сопровождаться самым тщательным литологическим изучением всех развитых в районе осадочных пород. Особое внимание должно быть обращено на определение в породе тяжелых минералов, на генезис породы, на нахождение источника материала, слагающего эту породу, и т. п.

9. Изучение минералогического состава развитых в районе кристаллических пород, опять-таки с главным упором на определение тя-



- 1 — зона каледонской складчатости (безгазовая область); 2 — окраина каледонской складчатости; 3 — зона герцинской складчатости (безгазовая область); 4 — молодая депрессия центральных частей зоны герцинской складчатости [газы неизвестны, но возможны (углеводородные)]; 5 — окраины герцинской складчатости «плавного» типа (зона регионального развития нефте- и газоносности; область геологически наиболее благоприятная для гелиенакопления); 6 — окраины герцинской складчатости; 7 — окраины альпийской складчатости; 8 — окраины альпийской складчатости «плавного» типа (зоны регионального распространения нефте- и газоносности; области возможного гелиенакопления); 9 — окраины альпийской складчатости, характеризующиеся большим развитием сбросовых дислокаций (зоны регионального развития термальных источников азотных струй), и связанной с ними первичной гелиеносности; 10 — зоны альпийской складчатости (область регионального развития углекислых газовых струй, углеводородные газы и нефть в отдельных депрессиях в областях Zwischengebirge, там же иногда азотные газы; зона для вторичной гелиеносности неблагоприятная)

Фиг. 4

желых и редких минералов, должно также играть большую роль во время работ.

10. Огромное значение для выяснения потенциальной гелиеносности пород, генезиса гелиеносных газов и пр. имеют радиохимические исследования. Последними должны быть охвачены обязательно все осадочные отложения, развитые в районе, и все кристаллические породы.

11. Из поставленной задачи видно, какую большую роль в поисках благоприятных геологических условий для гелиенакопления могут играть геофизические методы исследования, которые смогут обнаружить скрытый на глубине «гранитный кряж», указать на повышенную радиоактивность пород и т. п.

12. В основе всех поисков должна лежать конечно геологическая съемка, освещающая структурные условия района и связывающая данные всех остальных видов исследований.

13. Показания химического анализа газа имеют первенствующее значение, если известно, что газ получен из наиболее благоприятного для данного района пласта. В случае же если анализирован газ, связанный с иными горизонтами, невозможно по такому анализу оценивать район. Особенно критически следует относиться к составу газов естественных газовых выходов. При сравнении анализов различных газов всегда следует учитывать абсолютные количества выносимого источником гелия.

В заключение нам хотелось бы еще несколько слов сказать относительно того положения, которое занимают различные проявления гелиеносности как в ряду газопоявлений других типов, так и среди основных геотектонических элементов земной поверхности.

На фиг. 4 мы показываем распространение различных типов газопоявлений на территории Евразии и одновременно распространение различных геотектонических зон³.

Любопытно полное совпадение газовых поясов с основными геотектоническими областями.

Так срединная область альпийской складчатости, характеризующаяся сложной складчатой и покровной тектоникой, является в то же время зоной распространения выходов углекислых газов, связанных с молодой потухающей или существующей вулканической деятельностью. Вместе с углекислыми газами из недр выносятся также небольшое количество гелия, история которого вероятно близка к истории гелия, связанного с азотными струями термальных источников.

Срединные области варисийской и каледонской складчатостей в региональном масштабе являются зонами безгазовыми. Точно так же к безгазовым областям относятся и платформы.

Окраины складчатых зон разделены нами на два типа: окраины германотипные и окраины, характеризующиеся преимущественно плавной тектоникой.

В областях первого типа мы наблюдаем распространение термальных источников и связанных с ними первичных азотных струй, которые часто содержат высокие процентные количества гелия, но абсолютный дебит последнего ничтожен.

Области второго типа являются зонами регионального распространения газо- и нефтеносности и в то же время представляют собой участки, наиболее благоприятные для гелиенакопления. Особенно благоприятными в этом отношении являются окраины этого типа варисийской складчатости. Всюду в этих областях вторично накопленный гелий, сопровождаемый азотом, ассоциируется с углеводородными газами.

Кроме того на нашей карте выделена область молодой депрессии, занимающая срединную часть варисийской (уральской) складчатой зоны, на территории которой газопоявлений пока неизвестно, несмотря на то, что по своему структурному положению Западносибирская низменность может быть параллелизована с нефтеносной и газоносной областью, окаймляющей в САСШ с севера Мексиканский залив [10].

Приводимая нами схема ни в коем случае не претендует на точность и скорее преследует цель указать на самый принцип подобного геологического «районирования» газопоявлений. В процессе дальней-

³ Распределение геотектонических зон дается нами по М. М. Тетяеву с внесением в схему М. М. Тетяева незначительных изменений.

шей проработки этой схемы многие новые подробности должны быть в нее внесены. Так например следует указать, что срединные области альпийского складчатого пояса, являясь зонами регионального развития углекислых струй, в то же время нередко включают в себя отдельные участки развития углеводородных газов и нефти — особенно это относится к районам так называемым *Zwischengebirge* как например наше Закавказье, Венская впадина и др. Точно так же зоны *Zwischengebirge* являются иногда ареной проявления азотных струй, как это известно например в Болгарии.

Углеводородные газы и нефть иногда встречаются и в областях развития германотипной тектоники, где углеводороды связываются с молодыми породами, выполняющими отдельные депрессии. Самый внушительный пример такого положения нефте- и газоносности представляет наша Фергана.

Все эти исключения однако нисколько не нарушают общей закономерности распределения различных типов газопоявлений на земной поверхности. Подробнее об этом мы считаем удобней говорить в другом месте.

ГЛАВНЕЙШАЯ ЛИТЕРАТУРА⁴

1. Czako E. Ueber Heliumgehalt und Radioaktivität von Erdgasen. «Zeit. f. anorg. Chemie», 82, 1913, H. 3, S. 249.
2. Lind S. C. The origin of terrestrial helium and its association with other gases. «Proc. of the N. S. Ac. of Sc.», vol. 11, № 12, p. 772, 1925.
3. Meyer H. und Schweidler E. Radioaktivität, 1927.
4. Mouren Ch. Les gaz rares des grisons. «Ann. des mines», vol. V, № 5, 1914.
5. Mouren Ch. Recherches sur les gaz rares des sources thermales. «Journ. de Chemie-Physique», XXI, № 1, 1913.
6. Pan- th F., Gehlen H., Peters K. Heliumuntersuchungen IV. Ueber den Heliumgehalt von Erdgasen. «Zeitschr. f. an. und allg. Chemie», Bd. 175, H. 4, S. 83, 1928.
7. Rogers G. S. Helium-bearing natural gas. United States Geological Survey «Professional Paper», 121, 1921.
8. Ruefeman P. and Oles L. M. Helium—its origin and concentration on the Amarillo fold, Texas. «Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.», vol. 13, № 7, 1929.
9. Strutt R. The accumulation of helium in geological time (и другие статьи). «Proc. Roy. Soc.» (London) (A), vol. 76, 80, 81, 84 и др., 1908—1911.
10. V. Waterschoot van der Gracht. Permo-carboniferous orogeny in South-Central United States. «Bull. Am. Ass. Petrol. Geol.», vol. 15, № 9, 1931.
11. Wood D. O. The liberation of helium from minerals by the action of heat. «Proc. Roy. Soc.» (London) (A), 84, p. 70, 1910.
12. Лукашук. Гелий (корректур), 1931.
13. Хлопин В. Г. Природные газы. Изд. Академии наук СССР, 1932.
14. Хлопин В. Г. Геохимия благородных газов и радиоактивность. «Природные газы», сб. 2, стр. 61—82, 1931.
15. Белоусов В. В. Вопросы геологии гелия (печатается).

⁴ Более полный список литературы приведен автором в другой работе.

Ленинград, Газовый сектор ЦНИГРИ
(рукопись поступила 8/VII-1933 г.)

Диаграмма геологических процессов

Н. Г. Кассин

При работах сводного характера, особенно в районах со сложной геологической структурой, постоянно требуются таблицы, разрезы, колонки, карты, диаграммы, по которым могли быть сравниваемы циклы осадочных процессов, вулканизма, орогенеза, эпейрогенеза и т. д. отдельных территорий, проще желательно быстрое сопоставление всей геологической истории различных областей. В предлагаемых диаграммах автор попытался изобразить геологические процессы для нескольких районов (см. диаграммы на стр. 105). Диаграммы построены следующим образом. По оси абсцисс отложена продолжительность отдельных периодов в абсолютном летоисчислении. Взята средняя продолжительность из геологического, астрономического, радиоактивного (распада урана) исчисления, а именно для кембрия 110 млн. лет, нижнего силура 100 млн. лет, верхнего силура 80 млн. лет и т. д., всего 790 млн. лет.

Первая кривая отображает общую характеристику рельефа для характеризуемого района, его материковых участков (гористый, холмистый, слабохолмистый, равнинный, пенепленизированный, платообразный и т. д.).

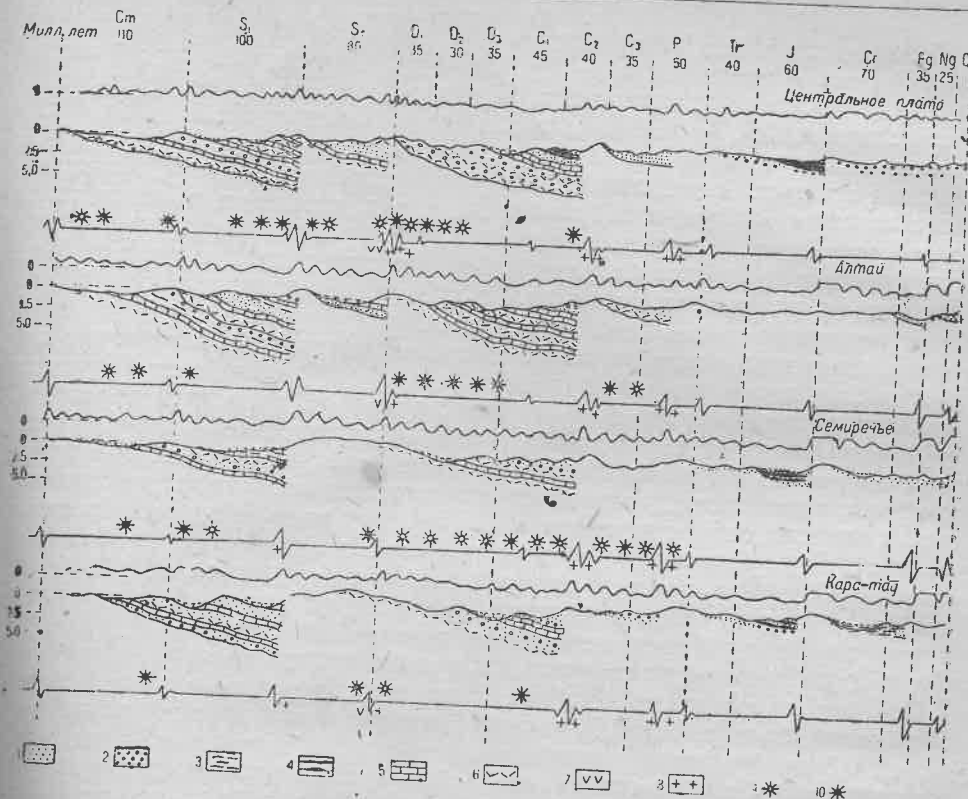
Вторая кривая — эпейрогенетическая — указывает на медленные колебания земной поверхности, опускания, поднятия относительно условно принятого абсолютного нуля — уровня мирового океана. Далее даются типичные для отдельных участков разрезы с отображением изменений фаций в зависимости от эпейрогенетических движений. Здесь желательно учитывать скорость накопления осадков и т. д.

Следующая кривая — орогенетическая, — показывающая главные фазы и подфазы, длительность и масштаб орогенетических движений. Сверху этой кривой показывается особыми значками наличие вулканических явлений в эффузивных фациях; особыми значками изображаются кислые и основные излияния.

Ниже этой линии отмечаются интрузии особыми значками для основных и кислых интрузий.

Такова в общих чертах схема построения диаграммы; она в деталях несомненно может быть изменена, дополнена; но уже в предлагаемом виде она достаточно проста, показательна и удобна для пользования. Одной хорошо выполненной диаграммой можно заменить многие страницы текста, причем часто не дающего ясности в отношении минувших геологических явлений страны, что гораздо яснее может быть выражено при применении предлагаемых автором диаграмм.

Для примера кратко опишу диаграмму для центрального плато Казакстана. На основании характера осадков, распределения морей,



предшествовавших орогенетических движений и вообще всей совокупности геологических процессов можно предполагать, что в кембрии рельеф суши на ближайших участках к морям этой страны был гористый, но уже к концу кембрия страна была значительно выравнена; к началу силура она благодаря дислокациям снова приобрела значительную расчлененность и холмистость; в кембрии, и особенно в нижнем силуре, в ландшафте страны играли значительную роль вулканы. После дислокаций конца нижнего силура рельеф страны был гористый, к концу верхнего силура значительные участки суши были выравнены; снова сильно гористый рельеф страна приобрела в конце силура в нижнем девоне благодаря интенсивному орогенезу и вулканической деятельности в это время. Во время среднего и верхнего девона и нижнего карбона происходило выравнивание страны; в конце нижнего карбона в рельефе страны появляются пологие увалы, гористый рельеф страна приобретает после среднекарбовых дислокаций; новое обновление рельефа происходит в середине пермского времени и перед началом или в начале мезозоя. Перед концом юрского времени страна обрабатывается почти в равнину, в меловое и третичное время происходит расчленение поднятых после новокиммерийских дислокаций плато, к концу мела произошло развитие мелкосопочника; в третичное и четвертичное время в одних местах шло дальнейшее расчленение и развитие мелкосопочного ландшафта, в других выравнивание страны, выработка горно-останцового и холмисто-равнинного рельефа.

Следующая эпейрогенетическая кривая характеризует колебание страны относительно «абсолютного» нуля; из диаграммы без поясне-

ний видно время погружения страны и покрытие ее морскими водами и осушение; в зависимости от глубины моря, близости береговой линии и других условий происходит накопление осадков. Большие орогенические движения обычно прекращали осадочный процесс. В дальнейшем или не происходило накопления осадков или снова возобновлялся осадочный процесс. Фации накопления органогеновых осадков, растительного шламма, фосфоритообразование и т. д. необходимо отмечать на диаграмме. Ниже над орогенической линией отмечено время деятельности вулканов и характер их лав; вулканический материал должен быть показан значками-среди осадков. Из диаграммы ясно время вулканических излияний, проявления орогенических процессов, также указано время интрузии; интрузии конца силура представлены основными породами: перидотитами, пироксенитами, габбро и гранитами; в среднем карбоне происходили новые интрузии гранитов, в средней перми интрузии гранитов еще раз повторились. Орогенические фазы к настоящему времени для этой области выявлены следующие: слабая в конце кембрия; интенсивная, разделяющаяся на несколько подфаз между нижним и верхним силуром; интенсивная, состоящая из нескольких подфаз, в конце верхнего силура и нижнем девоне; более кратковременные фазы отмечены в среднем карбоне и в среднепермское время; более слабые орогенические проявления имели место в начале мезозоя и в конце юры и очень незначительные в конце олигоцена.

Из диаграммы ясны время и характер циклов эрозии, из которых более или менее значительными были два: досреднекаменноугольный и домеловой, остальные были менее полны; геологических осадочных циклов было не менее шести, из которых особенно длительны были нижнепалеозойский и среднепалеозойский, характеризующиеся огромными толщами кластических и вулканогеновых пород; из вулканических циклов выявляются кембрийский, нижнесилурийский, силуро-девонский и верхнепалеозойский.

Ленинград, ЦНИГРИ

(рукопись поступила 20 IV-1933 г.)

Палеогидрогеология

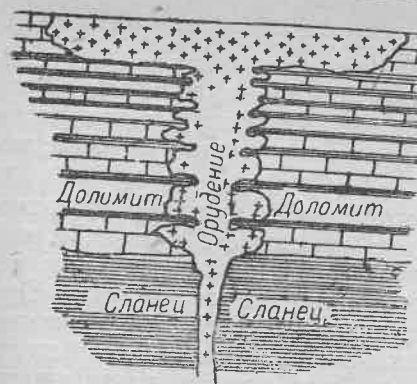
П. Н. Чирвинский

Гидрогеология как учение о подземных водах и их деятельности в настоящем ее виде почти лишена исторической динамики развития. В других отраслях учения о воде (гидрогеологии) эта стадия стихийно или сознательно более или менее пройдена и расширение понятий в глубь геологических периодов продвинуто. В самом деле, 1) современная метеорология и климатология имеют своими геологическими прародителями климаты прошлого, 2) изучение осадочных толщ, фациальные отношения прошлого увязаны с данными современной океанографии, 3) учение о снеге и льде в режиме земного шара в наше время оплодотворяется и дополняется учением о ледниковых периодах. Правда, в этом отношении далеко не все еще сделано, проблемы и неувязки имеются, снегу даже отказывают ортодоксальные петрографы в звании горной породы, гонят его геологи из своей сферы ведения, с трудом нашел себе приют в некоторых петрографиях лед, но для палеогидрогеологии и этого не было сделано. Пользуясь примерами из геологии Северного Кавказа, в своей книге по геологии и гидрогеологии бассейнов рек Терека и Куры (Ростов н/Д, 1929) я ввел и обосновал понятие об ископаемой гидрогеологии, или палеогидрогеологии, т. е. гидрогеологии прошлого. Подземные воды играли и играют очень большую роль в разного рода процессах выщелачивания, переноса и переотложения и притом часто на таких глубинах, которые теперь недоступны нашему взору: лишь в областях глубокого размыва, преимущественно в областях кристаллических щитов, мы спускаемся до зон, где вода была некогда разложена на свои составные части, которые и закрепились в таких минералах, как слюды, хлорит, роговые обманки, эпидот и др. Некоторые авторы допускают в толковании генезиса некоторых кристаллических сланцев и совсем иную концепцию — образование их непосредственно под воздействием первичной атмосферы, состоявшей в большом количестве из водных паров выше критической температуры с примесью разных других газов и солей. Давление было очень высоким, вся вода океанов находилась в атмосфере, нагретой выше критической температуры. Это было на следие астрономического прошлого нашей планеты.

Главнейшая подоплека учения о месторождениях руд и метаморфизме пород коренится в сущности в палеогидрогеологии, но уже установленные в этом отношении факты даже самого общего характера остаются совсем чуждыми кругу понятий современного гидрогеолога. Эти факты относятся преимущественно к палеогидрохимии и земной коры, одной из важных ветвей палеогидрогеологии. Процессы

выветривания, цементации (диагенеза, перекристаллизации при низких температурах) рыхлых пород (переход песков в песчаники, галечников в конгломераты и т. п.), образование стяжений и окаменелостей, развитие в почвах и грунтах карбонатных и гипсовых горизонтов, рост и заполнение пещер в карбонатных породах, гипсе и ангидрите, — все это процессы не только настоящего дня, но и очень давнего прошлого, достояние всех геологических периодов. Везде здесь первую роль играет и играла вода. Где нет воды, там нет и следов этих явлений. Попробуйте их найти в свежих породах чисто изверженного происхождения (я исключаю здесь магматические сегрегации, конкреции) или в метеоритах, этих осколках небесных тел огненного происхождения, залетающих к нам из мирового пространства. Там их нет. Среди метеоритов не встречены ни разу обломки осадочных пород, песчаники, глины, известняки, столь обычные на земле. В них не встречено ни одного листочка или зерна хлоритов, слюд, эпидота, ибо даже в гидроксильной форме ($H_2O = H + HO$) вода в них не присутствовала. Напротив, в метеоритах встречены такие ксерофитные представители, как хлорное железо и металлическое железо. Вода, даже так называемая ювенильная, многими совершенно не признаваемая, есть достояние лишь самой поверхностной части земной коры. Мы знаем, что ряд минералов может иметь натечный характер — является в виде желваков, сосуль (сталактитов), сростков наподобие гроздей винограда, корок слоистого сложения. Особенно часто там встречаются халцедон (кремнь), серный колчедан, марказит, бурый железняк, железный блеск, известковый шпат, арагонит, малахит, иногда также цинковая обманка и др. Все это результат их подземноводного происхождения, отложения или в самой породе непосредственно (стяжения) или в ее пустотах (секреции, жеоды). Некоторые из этих образований возникали при обычной температуре, другие при повышенной (гидротермальные образования). Эти же минералы нередко являются и окаменяющим веществом для различных животных и растительных остатков давнего прошлого, они же встречаются в минеральных и рудных жилах всех геологических периодов. Халцедон и кремнь почти всегда заменяются здесь кварцем, иногда впрочем сохраняющим свой облик некогда коллоидной массы водной кремнекислоты (плотное сложение, слоистость вдоль жильных трещин, бесчисленные микроскопические включения мельчайших пор с жидкостью, волокнистость в поляризованном свете, не вполне утраченная в зернах). Некоторые концентрические структуры, в частности желваков бурого железняка, марганцевой руды (зебраит — напоминает по внешности бока зебры, встречен в одном из месторождений контактового характера в Швеции), пустотные выполнения агата представляют пример диффузии (кольчатого метасоматоза и кольчатого осаждения) в коллоидальной, рыхлой (пески) или плотной среде (известняки и доломиты). О возможности образования этим путем не только агата (опыты и толкование Лизеганга, работавшего над диффузией и взаимодействием солей в коллоидах), но железорудных и марганцевых выделений в породах я высказывался в печати давно, ныне же это как новое большое открытие подробно развито Л. В. Пустоваловым¹. Только при исключительно бла-

¹ Л. В. Пустовалов. О генезисе липецких железных руд. „Труды минералогического института Академии наук“, т. I, 1931.
Он же. Процессы миграции железа в Липецком и Тульском железорудных



Фиг. 1. Рудный столб в толще, состоящий из слоев доломита и сланца. Нерудный минерал здесь кварц. Портленд, Блэкхилс, Южная Дакота



Фиг. 2. Схематическое изображение жильного золото-серебряного оруденения дацита, заполняющего кратерное жерло (размытый вулкан третичного периода). Нагиаг — три комплекса вертикально падающих параллельных между собой жил + свежий дацит, Z и K измененный (пропилитизированный и каолинизированный под действием гидротерм). Изверженные породы внедрены в осадочную толщу

гоприятных условиях кровли и подошвы и вследствие отсутствия горизонтов артезианских вод могли сохраниться крупные залежи легко растворимых солей. Сюда относятся поваренная соль (каменная), калийные соли и др. В наиболее изученных не только геологически, но и физико-химически и минералогически залежах стассфуртских солей (ср. наши Соликамские месторождения) имеются признаки некоторых вторичных гидрохимических процессов, которые имели место еще в древние геологические периоды, следовавшие за периодом их первичного отложения. При этом возникли некоторые новые комбинации солей, новые минералы, которые прежде отсутствовали. Эти поправки ввели первоначально геологи и минерологи в опытную сторону замечательных многочисленных работ Вант-Гофа и его сотрудников над образованием этих солей (у нас работы школы акад. Н. С. Курнакова и др.).

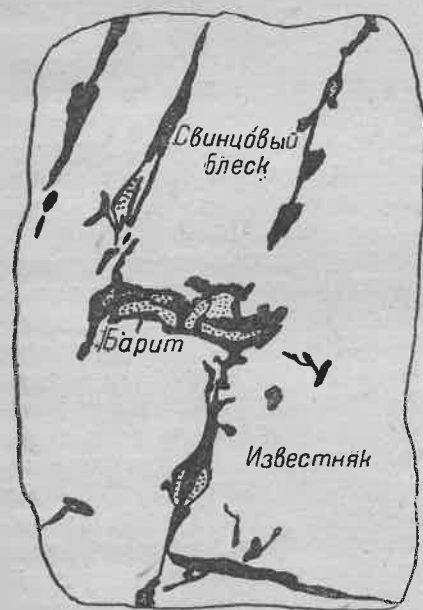
В задачи палеогидрогеологии должно входить систематическое изучение всех подобных случаев. Очень интересную сторону для палеопедологии (учение об ископаемых почвах, термин предлагается мною) должны представить опыты безвременно скончавшегося К. К. Гедройца о поглощающем комплексе почв коллоидного характера. Этого рода процессы при участии воды несомненно имели место при формировании сапропелей, торфов, бурых и каменных углей и запечатлелись как структурно, так и материально. Несомненен ортштейногенный характер некоторых рудных пропластков вблизи угольных пластов и угленосных сланцев. Водного происхождения, и горная кожа (палыгорскит), доказанная в некоторых породах, — это продукт как древнего, так и современного выветривания. В частности наличие палыгорскита в современных орштейнах (Б. Б. Полюнов) вероятно однозначно генезису этого минерала в осадочных железистых породах пермского возраста, широко развитых на востоке европейской части СССР.

районах. „Труды Всесоюзного геологоразведочного объединения“, вып. 202, 1932. Я высказывал подобные мысли в работе об осадочных породах г. Вольска („Изв. Донского политехнического института“, Новочеркасск 1913). Этот же вопрос затрагивается в работе совместной с Н. Х. Платоновым о Хоперском железорудном месторождении (печатается).

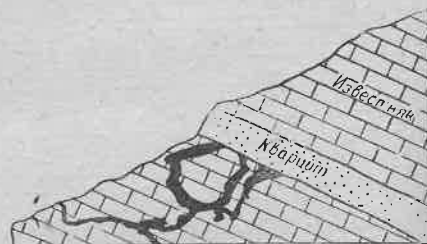
Давно известны своеобразные продукты древнего почвенного выветривания типа современных латеритов, именно бокситы. Они являются по существу смесью гидратов окиси алюминия и железа. Роль воды в их образовании несомненна, вода в них связана. Все эти факты требуют тоже увязки с задачами и выводами палеогидрогеологии, палеоклиматологии и палеогеографии.

Очень много фактов для систематизации палеогидрогеологических явлений, как было уже указано, дает учение о рудных месторождениях. На первом месте здесь стоят эпигенетические месторождения — жильные и метасоматические (объяснение этих терминов см. ниже). Изучение формы, геологических условий залегания месторождений, состав, взаимное расположение и порядок выделения (парагенезис) минералов в них дает нам полную возможность наметить типы жильных формаций, которые в свою очередь являются отзвуком изменчивости химического состава металлонесных минеральных вод.

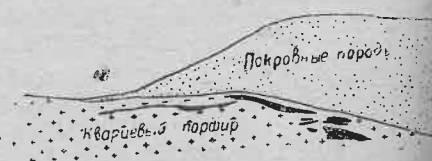
«Струя минеральной воды в трещине земной коры есть минеральная жила в движении». Вот в несколько вольной передаче определение, даваемое известным знатоком минеральных вод и рудных месторождений проф. де Лонэ. В громадном большинстве случаев можно заметить генетическую связь между появлением изверженных пород и последующим (эпигенетическим) отложением руд из горячих растворов. Как изверженные породы, так и эпигенетические рудные месторождения можно разбить по глубинам их образования. Это де-



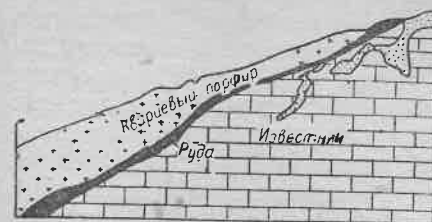
Фиг. 3. Блейбергское свинцовое месторождение. Метасоматические отложения свинцового блеска (PbS) и барита ($BaSO_4$) вдоль трещин и спаев пластов известняка



Фиг. 4. Трещинно-метасоматическое сруденение неправильной формы (карстовые трубы) в известняке. Рудник Гаррисон в Неваде. Ср. Тюя-мунское месторождение урано-радиевых ванадио-медных руд в известняках (Фергана)



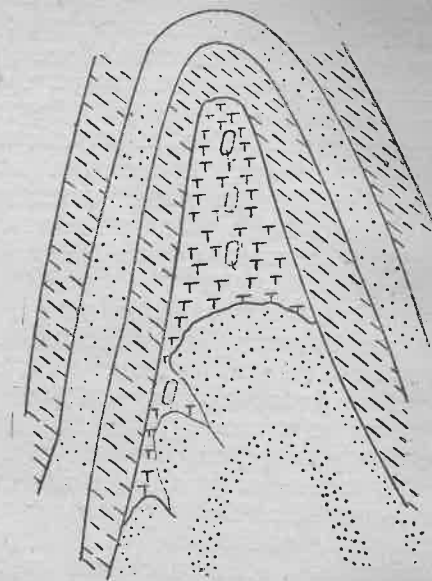
Фиг. 5. Разрез через Мис-Даг (Рудничную гору) в Кведабек в Азербайджане. Рудные штоки вытянуты вдоль пологопадающего контакта кварцевого порфира и так называемых покровных пород, мало проницаемых для водных растворов



Фиг. 6. Свинцово-цинковое месторождение Тетухе в Приморской обл., в 480 км от Владивостока. Сернистые руды (PbS , ZnS , FeS_2 и некоторые другие) залегают по контакту кварцевого порфира и известняка. В известняке метасоматическое оруденение неправильной формы состоит из цинкового шпата (углекислого цинка). В сернистых рудах встречаются различные роговые обманки, пироксен и кварц



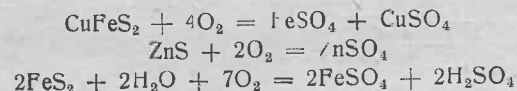
Фиг. 7. Вертикальный разрез рудника Хопе близ Филлипсбурга, Монтана. Утолщение оруденения в гребне антиклинала



Фиг. 8. Сечение через седловидное образование — заполнение вершины антиклинала в песчаниках золотоносным кварцем (Q). Бендик в Австралии

ление в свою очередь влечет за собой допущение разных температур и давлений, при которых шло в них образование минералов. Известно, что с глубиной растет как температура, так и давление, т. е., иначе говоря, в связи с этим должна меняться и растворимость тех минеральных компонентов, которые находятся в растворе. При падении давления ближе к поверхности в области повышенной трещиноватости пород особенно легко будет происходить потеря газов (угльной кислоты, сероводорода и др.), отчего целый ряд минералов, элементы которых удерживались ранее в растворе, начнет отлагаться. На глубинах при высокой температуре будут образовываться такие минералы, которые несвойственны средним и совсем малым глубинам. На больших глубинах под давлением все трещины стремятся закрыться или превратиться в капилляры. В эти капилляры лишь под большим давлением могут проникать газы, водные растворы или магмы, раздвигая, расширяя, раздвигая их (инъекция, замещение, метасоматоз окружающей породы), в то время как в средней зоне растворы циркулируют уже сравнительно свободно и минералы нередко располагаются в трещинах симметрично-послойно (ленточная текстура руд, крустификация). Особенно в центральной части таких жил, заполняемой обычно позже всего, встречаются нередко пустоты, в которых могут уже свободно выкристаллизовываться различные минералы (друзовые образования, шетки). Для глубокой жильной зоны характерно наличие некоторых силикатов, например граната, полевых шпатов, слюд, тур-

малина, а из рудных минералов — магнетита, оловянного камня, вольфрамиты и др. Большинство месторождений этого типа образовалось на глубинах, превосходящих 1,5 км. Последняя цифра обычно принимается для глубин образования жил средней глубины. Что касается сернистых (сульфидных) руд, то обычно сравнительно более глубоко лежат главные скопления меди (медного колчедана), выше располагаются цинковая обманка (сернистый цинк), свинцовый блеск (сернистый свинец). Обычны смеси этих минералов в разных пропорциях. Еще большей подвижностью, способностью удаляться от горячего магматического очага, обладают киноварь (сернистая ртуть) и сурьмяный блеск (сернистая сурьма). Эти минералы встречаются поэтому в жилах малых глубин. Распространение пирита универсально. Он очень подвижен и легко растворим в сернистых водах. Ряд минералов может возникать также от взаимодействия нисходящих метеорных вод с восходящими из глубин. Первичные изменения в минеральном составе жил могут подвергаться изменениям под действием грунтовых вод. На одном полюсе будет выщелачивание (выветривание), на другом переотложение, вторичное отложение (цементация). Верхняя выветрелая часть месторождения известна под названием железной шляпы, ибо она богата гидратами окисного железа (бурый железняк и др.). Эти окислы образуются в месторождениях сульфидных руд преимущественно из пирита, частью из медного колчедана и др. Сложение обычно достаточно рыхлое, ноздреватое. Часть металлических элементов выщелачивается водой в виде растворимых сернокислых солей. Так могут выноситься после естественного окисления соответствующие сульфаты меди, цинка, железа. Реакции окисления идут по схемам:



Все это доказано лабораторными опытами и наблюдениями в природе над составом рудничных вод металлических рудников, а также изучением состава шляп рудных месторождений. Ниже зоны выветривания через зону окисленных руд мы вступаем в зону вторичного обогащения или цементации, ниже которой идут уже нетронутые первичные отложения сульфидных руд, однако более убогие, чем руды цементационной зоны (подробнее см. например П. Пилипенко. Минералогия западного Алтая. «Известия Томского университета», кн. 52, 1915).

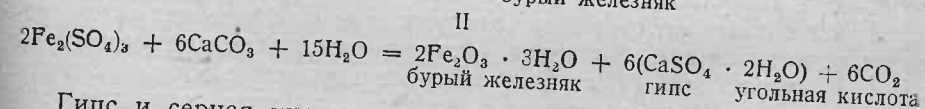
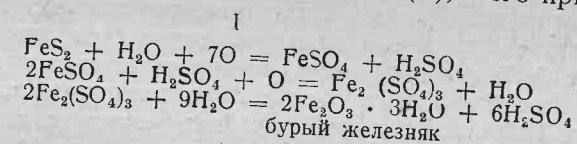
Условия циркуляции подземных вод в различные геологические периоды и больший или меньший снос шляпы выветривания вносят свои особенности в картину, даваемую нам глубокими рудничными выработками. На севере иногда вся железная шляпа некоторых месторождений бывает срезанной. Это произошло во время четвертичного оледенения, срез произведен надвигавшимся ледником. Новой же шляпы с тех пор образоваться не успело, так как при низких температурах процессы выветривания идут очень медленно. Такие явления наблюдались неоднократно в Скандинавии, на Кольском полуострове, в Канаде. Зоны вторичного изменения связаны вообще с характером рельефа, с ходом трещин (с зонами раздробления), т. е. факторами, влияющими на распределение и циркуляцию подземных вод. Это имело место во все моменты истории земли, и наша задача осветить этот вопрос во времени и пространстве. Зона окисленных руд в общем ле-

жит выше грунтовых вод, зона цементации ниже его. Может размыв пройти и так, что обнажатся любые части жилы, включая первичные. Общая схема останется такой, как она дана выше. Схема эта документирована самой природой. Зона цементации характеризуется не только повышенным содержанием полезных металлов (меди, свинца, серебра, золота и др.), но также появлением ряда минералов и структур, не свойственных нетронутой части жилы. По этим признакам ее можно узнать всегда. Мощность ее по понятным причинам может очень варьировать. Изредка эта зона даже может совсем сходить на-нет. Мощность этой зоны в медных месторождениях наблюдалась в пределах 1—240 м. Вторичными минералами здесь являются медный блеск (двусернистая медь), медный колчедан (второй генерации), борнит, блеклые руды и др. Обогащение серебром наблюдается до глубин 300—350 м. Жильное золото обычно вторично концентрируется более поверхностно. Любопытно, что перемена климата в сторону сухости, а следовательно падение уровня грунтовых вод не успевало в некоторых месторождениях перестроить вертикальное расчленение вторичных признаков в расформировавшейся, крутопадающей рудной жиле. По мнению американских авторов, такое явление например наблюдается во многих месторождениях вторичных сульфидных руд в пустынных юго-западных штатах; здесь они располагаются выше современного уровня грунтовых вод. Подобное же запаздывание в химико-минералогической перестройке мы наблюдаем также в различных горных породах, попавших в резко отличные условия по сравнению с прежним их генезисом. Они фиксируют, окаменяют нам прошлое. Это относится к фиксации подземного водного режима в области песчаных речных террас разного возраста, содержащих в себе ортштейногенные горизонты, карбонатные горизонты разных грунтов и т. п. Особенно в первом случае перестройка может сильно запаздывать, и задача геолога связать картину распределения ортштейнов стратиграфически и гипсометрически с теми стадиями, которые проходила речная долина за время ее развития (ср. наблюдения Б. Б. Полюнова над строением песчаных террас и песчаных приречных площадей по Дону и его притокам). Процессы выпадения гидратов кремнекислоты с дальнейшей их перекристаллизацией в халцедон, кварц в природе принадлежат к наиболее обычным. Процессы эти идут как при относительно высоких температурах, так и при низких (подзолообразование) при участии воды в парообразном и особенно жидком состоянии. В ряде случаев посредствующее звено в процессе окремнения составляют низшие организмы, как например диатомовые водоросли, радиолярии, кремнистые губки. Из горячих вод, так называемых гейзеров, выделяются и выделялись во все геологические периоды массы кремнистых туфов. Здесь кремнекислота образуется при гидrolитическом разложении силикатов (полевых шпатов) в области развития горячих вулканических очагов. Вынос этой кремнекислоты в трещины и далее на поверхность земли совершается подогретыми глубокими грунтовыми водами, которые повидимому ошибочно считают магматическими (ювенильными). Процесс гидротермального окремнения, образования халцедоновых и кварцевых жил, равно как выделений халцедона в пустотах, есть одна из обычных стадий проявления угасающего вулканизма. Результаты этого явления прекрасно можно наблюдать во многих вулканических областях, где уже нет помина о горячих водах, где вулканические силы давно успокоились. Хорошим примером

может служить легко доступная вулканическая область Кара-Дага в Крыму, недалеко от Феодосии. Здесь халцедоновые и кварцевые жилы секут мрачные скалы юрских вулканических образований. В них же встречаются и другие вторичные минералы водного происхождения — зеленый хлорит, водные силикаты (цеолиты), кальцит. В других случаях кварц подобного происхождения сопровождается металлическими соединениями (обычно сульфидами) и мы получаем настоящие рудные месторождения эпигенетического характера — месторождения контактовые, т. е. прилегающие непосредственно к эруптиву, жильные, метасоматические (образовавшиеся путем замещения на руду прежде бывшей породы). Этого рода процессы идут вероятно и ныне, но на глубинах, недоступных прямому наблюдению. Вот почему только после основательного размыва вулканических и паравулканических аппаратов глубинного характера давнего времени мы получаем возможность изучать окаменевший механизм глубинной циркуляции минеральных вод. Он еще более вскрывается глубокими подземными выработками, которые ведет человек в разных точках земной поверхности в погоне за рудами. Если в вулканических очагах температура и давление являются мощными определителями состояния систем водных равновесий минеральных тел, то в областях, близких к дневной поверхности, те же явления достигаются без участия повышенного давления лишь действием времени и обычных годовых температур. В отношении процессов окремнения (силификации) в смысле масштаба явление даже не проигрывает.

Так называемые опоки представляют собой окремненные толщи, иногда очень мощные, известняков (мела), мергелей и мергелистых глин. Опоки между прочим пользуются громадным развитием в Поволжье, на Украине и в некоторых других местах СССР. Относятся они у нас к меловому и третичному периодам. Процесс окремнения известняков и доломитов известен из всех геологических периодов, причем окремнение иногда доходит до образования настоящих крепких кремневых конкреций, более или менее перекристаллизованных даже в кварц. В этом процессе посредствующую роль часто играют кремнистые организмы, которые могут заключаться как в самой исходной породе, подвергнувшейся окремнению, так и в породах, на них налегающих. В этом и в другом случаях организмы эти мало по-малу растворяются, а кремнекислота вновь отлагается, вытесняя углекислый кальций. Процесс типично метасоматический (мета — после, сома — тело, т. е. образование нового тела путем замещения) с сохранением разных особенностей структурного характера прежней породы (ее слоистости, формы, окаменелостей)². Такую опоку без предварительной пробы соляной кислотой в обнажениях легко принять за нормальный белый или серый известняк (мел) или мергель. Иногда такие опоки не отличаются и большой твердостью. Особенности в распределении кремнекислоты в карбонатных породах, выделение в них отдельных, особенно сильно окремненных и даже окварцованных участков и горизонтов можно иногда понять, лишь исходя из изучения чисто гидрогеологических моментов. Здесь можно наметить разную степень водопроницаемости отдельных слоев и пачек карбонатной толщи, большую или меньшую минерализацию циркулирующей воды, что в свою очередь зависит от разных причин. Проф. П. Я. Армашевский заметил, что белый пишущий мел в Харьковской и Полтавской губ. только в верхней трети части окремнен и притом только тогда, когда его покрывают третичные глауконитовые пески. Окремнение проникает в толщу мела тем глубже, чем толще слой этих песков. Объяснения этому явлению он однако не дал. Я высказал предположение, что причина здесь лежит в том, что кремнезем выщелачивался не из самого мела, совершенно лишенного каких-либо кремнистых биолитовых образований, а из глауконитовых песков, где их было, да и осталось довольно много. Эти остатки при этом сравнительно легко растворялись в щелочной воде, возникающей при разложении калийсодержащего минерала глауконита³.

При продвижении кремнекислоты в известковой породе нередко передвигается также и окись железа. Коагуляция того и другого веществ в меду может идти скачками, отчего получится полосчатость, хорошо заметная лишь для буро-железистых выделений. Буро-железистый метасоматоз может стать однако процессом настолько господствующим, что вместо известняка образуется настоящая железная руда, содержащая только в подчиненном количестве кремнекислоту вторичного происхождения. В какой мере здесь в условиях близости к дневной поверхности возможно выпадение теоретически мыслимого гидрата закиси железа или даже образование сидерита (FeCO_3), сказать трудно, но во всяком случае как лабораторные опыты, так и полевые наблюдения позволяют с несомненностью считать доказанным вторичное образование в зоне поверхностных вод бурого железняка за счет замещения карбонатных пород. Вот цепь реакций, ведущих к образованию гидрата окиси железа, исходя из пирита (FeS_2), во-первых (I), без участия известняка и, во-вторых (II), в его присутствии:



Гипс и серная кислота, как сравнительно легко растворимые продукты, довольно скоро выщелачиваются, на месте остается бурый железняк.

Возможность последней реакции хорошо может быть проверена, если в раствор железного купороса, налитого в открытый сосуд, опустить кусочки мрамора. Их поверхность скоро покрывается нежно-бархатистой красно-бурой оболочкой водной окиси (и закиси) железа, а известь частично перейдет в раствор с выделением пузырьков углекислоты. Я с доц. А. А. Ульяновым (1930 г.) ставил с успехом этот опыт с естественными кислыми (купоросными) водами из некоторых каменно-

² Подробнее см. например Я. В. Самойлов. К вопросу о перемещении кремнезема в осадочных отложениях. „Записки геологического отделения Общества любителей антропологии и этнографии“, т. 5, 1916; также другие работы этого автора (тут и литература вопроса). Новые данные приводятся также в книге американца Твен-гоффеля „Трактат по седиментации“.

³ П. Н. Чирвинский. Геологическое строение правобережной полосы р. Сейма в пределах Курской губ. „Записки Киевского общества естествоиспытателей“, т. 23, 1913.

угольных рудников Донбасса: содержание в этих водах сернокислых солей закиси и окиси железа иногда так велико, что они кажутся желтыми и красно-бурыми. Образовался железный купорос за счет окисления серного колчедана, всегда содержащегося в угле и сопровождающих его углистых сланцах. Повидимому подобным же образом в Донбассе возникло оруденение бурым железняком (плюс окремнение в разной степени) на выходах маломощных пластов каменноугольных известняков. При пологом падении этих пластов оруденение прослеживается в глубь на несколько десятков метров, затем прекращается, пласт приобретает нормальный характер. Подобные же изменения (выклинивание руды) наблюдаются и при движении по простиранию этих известняковых пластов. Окремнение и оруденение здесь могут иногда и разъединяться очевидно в зависимости от характера минерализующих его толщ вод. Известняки и доломиты, как породы растворимые и легко дающие трещины с карстовыми особенностями движения в них вод, часто являются вместилищами как метасоматических полиметаллических руд (особенно часто серебро-свинцово-цинковых, реже медных и др.), так и жильных выделений. В этом отношении практика горного дела явно доказывает их преимущество перед водонепроницаемыми глинистыми породами и склонными к разбуханию глинистыми сланцами. Интересный пример в этом отношении дают нам месторождения Блекхилл в Южной Дакоте в САСШ. Кварцевые жилы здесь идут круто и пересекают серию более или менее горизонтально расположенных и чередующихся между собой слоев доломита и сланца. Здесь окварцевание и оруденение представляют собой многоэтажную систему сужений в области сланцев и расширений в области доломитов. Подземные работы ясно вскрыли эту интересную картину, изображенную в работе Irving. В Никитовке в Донбассе сурьмяно-киноварные кварцевые жилки и метасоматические проникновения ограничиваются областью развития трещиноватых песчаников и прекращаются в области согласно входящим в схему напластованиям глинистых сланцев.

В районе Штеровской электростанции (тот же Донбасс), где мне пришлось в 1921 г. производить геологическую и гидрогеологическую съемки, можно было видеть подобные же случаи почти полного выклинивания безрудных кварцевых жил, секущих вкрест простирания толщ песчаников, когда эти жилки попадали на более или менее толстые прослои глинистых сланцев. Далее в песчаниках они вновь появлялись. В известняках (мергелях) здесь же кварцевые жилы оказались превратились в общее окремнение (метасоматическое замещение карбонатов на кремнезем). Нужно сказать, что жильные кварцевые образования почти всегда сопровождаются окварцеванием вмещающих пород. Это явление — естественное следствие большей или меньшей водопроницаемости этих пород. Изменение гидротермальными водами вмещающих пород в рудных месторождениях хорошо известно и может состоять кроме окремнения в обогащении их каолином, серицитом, хлоритом, эпидотом, кальцитом и др., а также разными рудными минералами (вкрапленность, трещины выполнения, рудный метасоматоз). Таким образом собственно рудное тело даже из резко ограниченных трещин и пустот может заходить в область вмещающих пород. Это проникновение, часто хорошо фиксируемое на рудничных профилях и планах и зарисовках по разным горизонтам и забоям, дает гидрогеологу удивительные и точные документы, которые ему не может дать пресная вода.

Трещинные выполнения изверженными породами, минеральными и рудными жилами облегчают нам ориентировку в тектонике местности, облегчают установление хода трещин, которым следуют минеральные или трещинные воды настоящего времени. Дело в том, что системы пустых трещин, трещин сбросов, сбросо-сдвигов, отдельностей пород стоят в самой тесной связи со всей геологической историей всего района, где они наблюдаются. Иногда даже новейшие сбросы проходят по старым направлениям и даже жилам (заполненным трещинам), иногда одна и та же жила в прошлом претерпела один-два таких разрыва и повторных отложений (geopened veins) руд. Повидимому особенно глубокими трещинами в сильно дислоцированных районах (горных странах) бывают трещины, идущие вкрест господствующему простиранию. Это доказывается тем, что именно трещины этого направления являются преимущественно заполненными как изверженными породами, так и минеральными рудными скоплениями. Возьмем как пример Большой Кавказ. Здесь доказаны области длинных разломов, идущих из Закавказья на север, по которым расположились такие гигантские великаны как Эльбрус и Казбек. Ряд крупных месторождений, в том числе знаменитое свинцово-цинковое Садонское месторождение, имеет северо-восточное простирание, вкрест направлению Кавказской горной цепи. Если в каком-нибудь месте здесь встречаются жилы иных направлений, они обычно уступают в мощности и вообще своему значению. Это отражается иногда даже на таких жилах, как жилы кальцита в известняках (мергелях), где, казалось бы, отложение не могло быть так чувствительно к глубине водного питания, как например в области рудопроявлений. Примером в этом отношении может служить район Новороссийска. Здесь более толстые жилы и притом содержащие гораздо лучше образованные крупные и прозрачные кристаллы кальцита идут вкрест господствующему простиранию Главного хребта, т. е. тоже в Северо-восточном направлении. Известковошпатовые жилы по другим направлениям (трещинам отдельности) в известняках несут хуже образованные, большей частью мутные кристаллические агрегаты. В Донбассе кварцевые рудные и безрудные жилы, поперечные к простиранию господствующих пород, в данном месте резко преобладают над продольными, а тем более почти горизонтальными. Если продольные сбросо-сдвиги в Донбассе, а не поперечные ныне более водоносны (богаты источниками), то это объясняется тем, что они дренируют особенно благоприятно серию многообразно сложенных пластов пенеплена, в который превратился Донецкий бассейн: в этом направлении по простиранию тянутся гораздо более водоупорные (глинистые сланцы) и водопроницаемые пласты (трещиноватые песчаники и особенно известняки). В тех случаях, когда питание имеет глубокие корни, как это характерно для терм, связь с глубокими разломами выражается достаточно ясно. Это например имеет место для горячих источников Пятигорья⁴.

Главные трещины, здесь, грубо говоря, северо-восточные, но имеются и другие, вызванные интрузией в осадочную толщу трахитовой магмы, образовавшей здесь локколиты. Тектонические трещины нередко бывают параллельны друг другу и образуют нередко целые си-

⁴ Подробнее см. П. Н. Чирвинский. Сводный геологический и гидрогеологический очерк бассейнов Терека и Кумы. Северокавказская ассоциация научно-исследовательских институтов. Ростов н/Д. 1929; Сергеев. Минеральные воды. М. различные работы А. Н. Огильви и др.

стемы. Возникают они частью одновременно, частью последовательно в разные геологические периоды. Бывают трещины веерообразно расположенные (проявление скручивающих сил в земной коре), сетчатые и др. В области рудных полей трещины разного направления иногда бывают заполнены разными рудами, генетически однако обычно выводимыми одна из другой. Другие трещины остались безрудными или выполнялись такими минералами как кварц или карбонаты. Относительный возраст трещин и жил определяется их взаимоотношением — жила секущая моложе пересекаемой. Этим же путем устанавливается возраст жил по отношению к кроющим их породам; особенно это становится убедительным, если в породах находятся окаменелости, свойственные тем или другим геологическим периодам и векам. Для хорошо вскрытых месторождений удается по составу руд установить и вероятную динамику минерогенеза. Так в Фрейберге в Саксонии жилы баритово-свинцовой формации являются более юными, чем жилы благородно-кварцевой формации, колчеданисто-свинцовой и бурошпатово-свинцовой. Всех жил в районе насчитывают более 1100, из них баритово-свинцовых около 200. Пересекаясь с колчеданисто-свинцовыми они сами облагораживаются и содержат богатые руды серебра (самородное серебро, серебряный блеск, пираргирит и др.). В них встречена и урановая смоляная руда. Минералоги ныне могут наблюдать тонкие отличия в размерах, формах и облике кристаллов одного и того же минерала в разных генерациях. Дело в том, что один и тот же минерал может появляться в разное время и в разных минеральных комбинациях с другими минералами. Это будет зависеть от состава тех растворов, из которых шло минералообразование. Последние интересные шаги в этом направлении сравнительно недавно сделал Маухер, составлявший коллекции минералов для продажи и имевший большой опыт по изучению прямо на-глаз форм, размера и цветов минералов. Это значит тоже одно из проявлений палеогидрогеологических процессов. Смена жильных формаций в одном и том же месте свидетельствует о постепенной смене одних растворов другими, как это наблюдается и в эволюции состава вулканических газов и горячих источников в одном и том же месте. Смена кремнезема угольной кислотой идет в параллель с тем, что дают нам сначала гейзеры (горячие кремнистые источники вулканических месторождений), а затем моффеты (углекислые газовые истечения) и нарзаны. Огромные выносы углекислого кальция, которые не могут идти в сравнение с осадками его, в настоящее время дает нам Пятигорский район. В то же время в его горячих водах имеются ничтожные количества свинца, цинка и борной кислоты. Интересно, что в Пятигорском районе удалось разыскать трещины, в которых отложился водный борнокислый кальций (минерал датолит). Эта находка сделана была впервые на Машуке близ его подошвы, затем на горах Бык и Золотой курган. Так как у нас очень немного источников бора, то в последнее время здесь даже приняты разведки на датолит с целью его промышленного использования. Для жил датолита на Машуке совершенно очевидно образование этого минерала путем действия вод, некогда двигавшихся здесь по трещинам в известняке на самый известняк. В растворе вероятно содержалось и некоторое количество кремнезема. Это было в те отдаленные времена, когда температура очага была выше, а самое место датолитизации лежало более укромно. По моим наблюдениям самый известняк вдоль трещин заместился нацело на датолит с сохранением всех

особенностей своей первоначальной текстуры (в частности можно различить под микроскопом в шлифах остатки корненожек, входивших в состав этого известняка). Что касается свинца и цинка в пятигорских термах, то может быть это сигналы присутствия их на глубине в виде настоящих уже давно сформированных жил с свинцовым блеском и цинковой обманкой. Надо иметь в виду, что в близлежащей Осетии, да и в самой Кабардино-балкарской области много вообще месторождений свинцовых и цинковых руд (подробнее см. в только что вышедшей книге «Справочник по полезным ископаемым Северокавказского края», Ростов н/Д. 1933, здесь имеется и глава о минеральных водах). Признаки сульфидных руд в Пятигорье на горе Золотой курган недавно обнаружил Н. Х. Платонов. Связаны они с таким же лакколитом трахилипаритовых пород, как и ядро Машука, являющееся центром выхода минеральных вод в Пятигорске.

Трещины, возникающие при сжатии и растяжении в земной коре, проходят в направлениях наименьшего сопротивления. Такие направления диктуются ходом слоев разной твердости, ходом трещин отдельных, направлением растягивающих или сдвигающих усилий, ходом старых разломов, жил и пр. Близ интрузий изверженных пород трещины могут следовать за их контурами или идти к ним под углом. В области вулканических жерл трещины часто идут радиально или концентрически. Такие трещины фиксируются инфицированными и в них застывшими изверженными породами (жилы или дейки изверженных пород), а также разного состава минеральными, в частности и рудными жилами водного происхождения. Этого рода дейки и рудные скопления хорошо развиты в области третичного вулканического пека Криппль Крик в Колорадо. Здесь вся эта система жил оказалась хорошо изученной благодаря подземным выработкам в погоне за золотом. Пористая вулканическая брекчия жерла этого вулкана и ныне богата водой, в то время как вмещающие ее граниты и сланцы являются водонепроницаемыми. Рудные жилы состоят преимущественно из плавикового шпата с примесью теллуристых соединений золота. Радиально идущая трещиноватость с отдельными концентрическими другими трещинами вокруг вертикально пробитых ходов (жерло вулкана), наглядно иллюстрируется ходом трещин в оконных стеклах, пробитых пулями. Нужно однако сказать, что крипплькрикские рудные жилы представляют достаточно редкий случай. В Нагиаге, европейском месторождении серебряно-золотых руд, мы имеем систему крутопадающих жил, ограниченную тоже стержнем размытого вулкана третичного возраста. В области развития этих жил порода (дацит) оказалась гидротермально достаточно сильно измененной. В осадочной толще, через которую прорвался дацит, рудных жил не имеется; очевидно как по самому свойству пород (их проницаемости, склонности образовывать трещины), так и по температурным условиям во время поствулканической фазы очага образование рудных жил было более благоприятным, чем за пределами эруптива. Рудоотложение, явственно связанное с ходом трещин по слоям известняка, можно видеть в метасоматическом месторождении Блейберг. Руда состоит из свинцового блеска и барита. В Кедабекском месторождении медных руд (Азербайджан) рудные штоки, ныне начисто выработанные, имели более или менее плоскую форму и залегали близ висячего бока массива кварцевого порфира. Распространению рудоносных растворов выше помешали так называемые покровные породы, состоящие из разных, преимущественно вулканиче-

ских и туфогенных пород более основного характера, мало проницаемых для воды. Кварцевые порфиры сильно окварцованы (превращены в ортокварциты), трещины, отдельности и др. служили в них проводниками рудных растворов снизу. Растворы отложили в штоках и жилах преимущественно кварц, пирит, медный колчедан, в сильно подчиненном количестве барит, свинцовый блеск и цинковую обманку. По типу Кедабекского месторождения построены и некоторые другие Закавказские месторождения меди, например Кварцханское (за Батумом, ныне вне пределов СССР) и Ахталское.

По пологопадающему контакту между известняком и кварцевым порфиром вверх залегают сульфидные руды в Тетюхе (Приморская область, 480 км от Владивостока). Здесь мы имеем главным образом свинцовый блеск и цинковую обманку. Признаком сравнительно высокой температуры служит нахождение в рудах контактовых силикатов (роговых обманок, пироксена и др.). Чистый метасоматоз представляют там же неправильные выделения в известняке углекислого цинка (галмеев). Прекрасные примеры регулирующего действия пород разной проницаемости на растворы давнего прошлого дает Бендиг в Виктории (Австралия). Здесь мы имеем очень интересную особенность выделения крупных масс золотоносного кварца в куполах антиклинальных складок. Это так называемые седловидные или лучше седлообразные жилы, противопоставляемые более редко там же встречающимся обратным седлам (корытам, синклинальным жилам), иногда расположенные одно над другим в несколько ярусов. Каковы предпосылки к их возникновению? Если горизонтально лежащая серия пластов будет согнута в антиклинальную складку, то в сводах антиклиналей может образоваться ряд плоских пустот, как между страницами книги, согнутыми и прижатыми на весу к корешку ее. В эти пустоты могут затем вторгнуться минерализующие растворы, а иногда сюда же выжимаются пластические породы или жидкости (нефть, вода). Во многих учебниках по геологии нефти дается изображение опытной установки, где парафин выжат из серии осадков в свод антиклиналя при развитии прессом бокового давления. Вот эти-то пустоты и являются иногда обогащенными рудой. Кроме Бендига в более полной форме тоже хорошо наблюдается в руднике Хопс, близ Филиппсбурга в Монтане. В Бендиге господствующие породы — песчаники и сланцы. Первые трещиноваты и относительно водопроницаемы (особенно это было у их прародича песка), вторые водоупорны. Седла кварцита лежат под сланцами или сопровождаются переходной окварцованной зоной песчаника же. Рудоносные антиклинали прослежены на 7—20 км по простиранию. Седла соединены кварцевыми жилами (бывшие проводники растворов снизу) и изверженными породами. На Алтае в Риддеровском рудном поле полиметаллические руды скопляются тоже преимущественно в гребнях антиклиналей, но на глубине в Риддерском месторождении рудное тело имеет характер седла (В. В. Котульский). Чтобы покончить с примерами из области рудных месторождений, отмечу еще следующее.

В истории земли по разным геологическим периодам мы имеем известное чередование относительно спокойных в смысле проявлений чистого вулканизма явлений с периодами бурными. Так как металлогения тесно связана с тектоническими нарушениями и вулканизмом, то неудивительно, что и появление тех или других металлогенических процессов имеет периодический характер. Возвраты циклов, но все

с новой и новой детализацией и разнообразием материальных проявлений имеет место в истории земли. Возникло даже интересное учение о петрографических и металлогенических провинциях, которому ныне посвящена уже огромная литература. Ни в какие подробности мы однако по характеру своей статьи по этому вопросу вдаваться не можем. Об отложении известкового туфа (травертина) я могу особенно не говорить, так как это пожалуй единственная страница палеогидрогеологии, которая более или менее находит себе приют как в геологии, так и в гидрогеологии в современном их виде. Интересно усилить изучение шаг за шагом, слойка за слойком известковых туфов как в их химизме, так в структуре, толщине и органических остатках в них, ближе осветить особенности тех вод, которые их отложили. Это изучение должно стоять также в связи с изучением пещер в карбонатных породах и связываться с находками в них остатков животных и человека каменного века.

Тем, кто сомневается в возможности образования лессовидных суглинков из текучих вод, можно указать на наблюдение И. Д. Черского («Известия Сибирского отделения Русского географического общества», т. 6, № 5—6, 1875, стр. 211—218), открывшего лессовидные суглинки в нижнеудинских пещерах, которые недавно были посещены и вкратце описаны также экспедицией Академии наук и Иркутским отделением ГРУ (М. Г. Прохоров. «Природа» № 2, 1933, стр. 68—71). Мощность этих суглинков около 5 м. Пещеры в известняке содержат сталактитовые образования, лед, в которых открыты древние остатки крупных млекопитающих с остатками кожи и шерсти.

Огромный интерес для гидрогеолога представляет мерзлота, в том числе так называемая вечная, которой посвящена богатая литература (см. например М. Сумгин. Вечная мерзлота почвы в пределах СССР. Владивосток 1927, 372 стр., большой список литературы; Большой сборник на ту же тему, изд. КЕПС).

Включения воды в разных минералах могут сохраняться десятилетиями и сотни миллионов лет. Включения могут быть микроскопическими или хорошо заметными для глаза. Крупные сравнительно включения воды бывают иногда видны в кубических пустотах крупных кристаллов каменной соли. Они передвигаются, ибо обычно пустота заполнена не сплошь, а в ней имеется пузырек. Такой пузырек паров и газов в мельчайших порах, например в кварце многих изверженных пород, находится в непрерывном движении, видимом в микроскоп. Изредка были находимы халцедоны, внутри которых закупорена древняя вода, их отлагавшая и самозаккупорившаяся. Если такой халцедоновый желвак тряссти, то слышно, как вода эта там плещется. Такие халцедоны получили даже особое наименование — энгидрос, т. е. содержащий внутри воду. По мнению некоторых ученых, в нефтяных месторождениях и глубоких рудничных выработках мы иногда имеем дело не с современными водами, а с водами ископаемыми, современными нефтеобразованию и рудоотложению. Они только частично разбавлены водами иного происхождения. Дело гидролога ближе осветить и эти интересные вопросы, в частности ближе изучить режим таких вод, их состав и температуру. В ряде случаев это даже сделано, надо только подобрать факты, их критически разобрать и осветить.

Теперь подхожу к концу.

На поставленную тему я написал лишь немного. Объем статьи легко было бы значительно увеличить, равно как и прекрасно ее иллю-

стрировать не только чертежами, но и фотографическими снимками. В частности это должно относиться к иллюстрации натечных форм различных минералов, крустификации жил, строению известковых туфов, формам сталактитовых образований, глубокого карста и пр. Было время, когда я начал даже готовить в этом отношении материал для диапозитивов, которыми хотел иллюстрировать свой соответственный доклад на одном из гидрологических съездов. Пока это начинание прервано, может быть его продолжат другие.

Хибиногорск

(рукопись поступила 21/VII 1933 г.).

К генезису месторождения корунда и андалузита Семиз-Бугу (Казакская АССР) и вмещающих его „вторичных кварцитов“

К. Озеров

Месторождение корунда на горе Б. Семиз-Бугу в Казакской АССР было открыто в 1926 г. М. П. Русаковым и Н. И. Наковником при производстве поисков на медные руды [1]. В 1927 и 1928 гг. названными лицами по поручению б. Геолкома была произведена разведка преимущественно россыпной части месторождения, которая подтвердила крупное промышленное значение его и привела к открытию коренных корундовых тел. Тогда же в результате дальнейших поисков в пределах северо-восточного Казакстана было открыто аналогичное, но меньших размеров месторождение корунда в ур. Калактас [3].

Начиная с 1928 г. к добыче корунда в Семиз-Бугу приступил б. трест «Русские самоцветы» (ныне Минералруд); благодаря исключительно высокому качеству корундовой породы и благоприятным для эксплуатации условиям добычи с тех пор из года в год возрастает, достигнув в 1931 г. 13 284 т. Всего с момента своего открытия по настоящее время месторождение дало 35 688 т прекрасного абразивного материала, почти не уступающего по качеству лучшим сортам искусственного корунда.

Но, несмотря на столь большую промышленную важность месторождения, его геология, геохимия и генезис изучены совершенно недостаточно. В то же время совершенно очевидно, что все эти вопросы имеют весьма существенное значение как для суждения о перспективах самого месторождения, так и в отношении рационального направления дальнейшей разведки его и поисков корунда в Казакской степи.

Геология района. Месторождение расположено в Баян-аульском районе Казакской АССР, в 300 км к юго-западу от Павлодара, на западном склоне горы Б. Семиз-Бугу, возвышающейся над прилегающей степью на 380 м. Коренное месторождение в своей главной части находится приблизительно посредине западного склона горы; ниже его по склону располагается веер делювиальной россыпи, являющейся в настоящее время главным объектом эксплуатации.

Массив горы Б. Семиз-Бугу, расположенный непосредственно к югу от оз. Чолкар, сложен так называемыми «вторичными кварцитами»¹. Размеры массива достигают 3 км в меридиональном и 2 км в широтном направлениях. Широкое степное пространство, расположен-

¹ См. статью Н. И. Наковник. «Проблемы советской геологии» № 6, 1933. Прим. ред.

ное к западу и юго-западу от массива, обнажений почти не имеет. Лишь к югу, по направлению к горе М. Семиз-Бугу, кое-где среди степи встречаются отдельные небольшие выхода гранита, сменяющегося далее гранодиоритами. Среди них в подчиненном количестве местами обнажаются микрограниты. По М. П. Русакову и Н. И. Наковнику ([1], стр. 284; [2], стр. 264; [3], стр. 5) этот комплекс интрузивных изверженных пород, определяемых ими как граниты, гранито-сиениты, гранит-порфиры, сиенит-порфиры и микрограниты, занимает обширное пространство к западу и северо-западу от гор Семиз-Бугу, доходя вплоть до западных подножий их, а также внедряясь в самые кварциты горы Б. Семиз-Бугу.

С юга и юго-востока непосредственно к подножиям последней прилегают типичные эффузивные кварцевые и фельзитовые порфиры, местами интенсивно измененные и образующие постепенно переходы к «вторичным кварцитам». По М. П. Русакову и Н. И. Наковнику ([1], стр. 284) порфиры сопровождаются брекчиями и туфами и окружают массив кварцитов с юга и востока: «На юге, главным образом налегая на порфиры, закартированы осадочные породы девона и карбона, местами тоже сильно окремненные. «Жильные диориты и диоритовые порфириты в трех-четырех пунктах секут как «вторичные кварциты», так и граниты. Жилы кварца, чаще небольшой мощности, весьма обычны и ориентированы в простирании своем преимущественно с северо-запада на юго-восток».

Кроме того указанными же авторами ([3], стр. 5) отмечаются «сравнительно маломощные (до 25—30 м) горизонты зеленовато-измененных порфиритовых пород, сопровождаемых туфами и брекчиями», залегающие в эффузивной толще порфиров, превращенных при помощи пневматогидатогеновых процессов во «вторичные кварциты». Простирание масс порфиритов (а следовательно и включающих их «вторичных кварцитов» и кварцитизированных порфиров) северо-восточное 75—80° при падении на юг—юго-восток под углом в 25—30°.

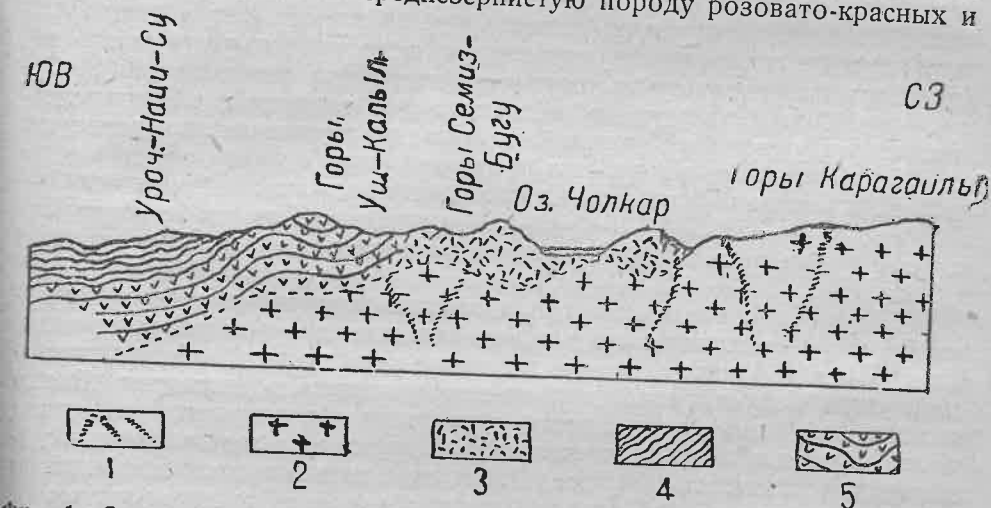
Взаимоотношения слагающих район пород видны из прилагаемого схематического разреза (фиг. 1).

Наиболее древней является мощная толща эффузивных порфиров, их туфов и брекчий, на юго-востоке согласно подстилающая известковистые туфо-песчаники и известняки с переходом от D_3 к C_1 фауной ([4], стр. 8). Стратиграфически выше последних залегают мергелистые песчаники и углито-глинистые сланцы C_1 . Этим самым определяется возраст порфиров как верхне- или среднедевонский ([6], стр. 1231). В прилегающем с севера Баян-аульском районе повидимому аналогичную толщу свыше 1500 м мощности эффузивных альбито-порфиров Н. Г. Кассин относит частью к среднему, но преимущественно к нижнему девону ([5], стр. 77).

Эффузивно-осадочная толща пород D и C собрана в ряд мелких, иногда куполовидных брахискладок с преобладающим падением крыльев под углами от 8—10° до 25—30°. Возраст этой складчатости, равно как и интрузии огромного батолита гранитов Карагайлы, залегающего к западу и северо-западу от массива Семиз-Бугу, определяется как варисский (верхнекаменноугольный) ([5], стр. 133; [6], стр. 1234). Несколько более поздними являются гранит-порфиры, микрограниты, жильные диориты, диоритовые порфириты и кварцевые жилы, довольно часто встречающиеся в форме жил и штоков среди более древних пород.

Интрузия комплекса кислых изверженных пород в эффузивную толщу порфиров местами вдоль контактов сопровождалась интенсивной деформацией последних, выразившейся в сильном раздроблении и смятии их, образовании зон разломов, серий трещин и т. д. К таким деформированным участкам порфиров естественно приурочивались в поствулканические фазы интрузии, интенсивная их силицификация с образованием ряда пород от окварцованных порфиров до «вторичных кварцитов» ([4], стр. 9). Следы этих процессов иногда наблюдаются и на породах самого кислого комплекса в форме развития в них «вторичного кварца», мусковита и пирита ([3], стр. 5), образование которых повидимому обязано явлениям аутометаморфизма в поствулканическую фазу.

Гранит к югу от месторождения вблизи от массива «вторичных кварцитов» представляет среднезернистую породу розовато-красных и



Фиг. 1. Схематический разрез через Семиз-бугинский район (по М. П. Русакову). 1—микрограниты, гранит-порфиры и пр. (др); 2—граниты и сиениты (д); 3—«вторичные кварциты» (Sg); 4—глинистые сланцы и песчаники C_1 и туфо-песчаники и известняки O_1 — D_3 (St); 5—эффузивные порфиры, туфы и брекчии их D_3 — D_2 (р). Масштаб 1 : 420 000

бурых оттенков, состоящую из ортоклаза (55%), плагиоклаза (15%), кварца (30%), аксессуарных циркона и магнетита и вторичных хлорита, серицита и каолина.

К югу гранит становится более основным; количество ортоклаза и кварца в нем заметно убывает за счет увеличения количества плагиоклаза и порода образует постепенные переходы к гранодиориту.

Гранодиорит в обнажении на холме в 3 км к югу от рудника состоит из плагиоклаза (52%), ортоклаза (30%), кварца (10%), роговой обманки (8%), биотита, аксессуарных апатита и магнетита и представляет массивную породу гипидиоморфно-зернистой (гранитовой), местами микропегматитовой структуры.

Микрогранит по возрасту является повидимому несколько более молодым, чем гранит, среди которого он залегает местами возможно в форме мощных дейк. Он представляет розового цвета массивную микрокристаллическую породу с пустотами, заполненными окисным веществом. В шлифе она состоит из ортоклаза (75%), кварца

(20%), мусковита (5%), биотита и циркона. Структура гипидиоморфно-зернистая; размер отдельных зерен не превышает 0,2—0,3 мм.

Эффузивные порфиры в некотором удалении от массива «вторичных кварцитов» горы Б. Семиз-Бугу представляют породы серого и темносерого цветов, в которых среди микрокристаллической основной массы присутствует значительное количество (до 40% от всей массы породы) вкрапленников размером до 2—3 мм белого полевого шпата и серого кварца. Вкрапленники представлены сильно каолинизированными и содержащими включения агрегата зерен кварца и эпидота, чешуек пеннина и серицита, ортоклазом и альбитом, волнисто угасающим кварцем и чешуйками мусковита. Основная масса субмикроскопична и состоит повидимому из тех же, что и во вкрапленниках, минералов.

Повидимому эти же кварцевые, а частью и фельзитовые порфиновые породы, значительно измененные, но все же сохраняющие общие черты с неизменными разностями, встречаются отдельными небольшими участками среди вторичных кварцитов массива горы Б. Семиз-Бугу. Они имеют темно- и светлосерую окраски и обладают явно порфировой структурой, содержа во вкрапленниках размером до 0,5 мм ортоклаз, плагиоклаз и иногда кварц.

Плагиоклаз вкрапленников представлен альбит-олигоклазом (12—13% Ап; 2V = —89°; Ng — Nr = 0,010) в двойниках по альбитовому закону. Полевые шпаты обычно весьма интенсивно замещены серицитом и биотитом.

Основная масса весьма тонкозерниста (средний размер зерен менее 0,1 мм) и состоит из кварца, полевых шпатов, серицита и биотита. Кварц основной массы, частью несомненно вторичный, обычно характеризуется весьма резко выраженным волнистым угасанием. Очень мелкие чешуйки серицита тесно перемешаны с кварцем, но иногда обособляются в обогащенные ими участки, особенно там, где присутствует вкрапленность пирита. Последний местами весьма обилен и образует массу мелких, иногда лимонитизированных зерен размером до 0,2 мм. Среди основной массы присутствуют прожилки и включения тонкозернистого кварца и желто-зеленого ярозита, причем последний иногда концентрируется в центральных частях прожилков кварца, являясь таким образом более поздним по времени своего образования.

В более интенсивно измененных разностях порфировых пород, представляющих переходы уже к кварцево-слюдяным породам, присутствуют редкие бесцветные, разъедаемые и замещаемые кварцем зерна андалузита.

«Вторичные кварциты» и кварцево-слюдяные породы, слагающие массив Семиз-Бугу, по минералогическому составу являются существенно биминеральными породами. Они состоят главным образом из кварца и вторичных слюд — преимущественно серицита, реже и менее биотита. Эти минералы вместе составляют от 80 до 100% всей массы пород. При этом содержание кварца и слюд варьирует в весьма широких пределах, именно: кварц в отдельных разностях содержится в количестве от 30 до 98%, серицит от единиц до 70% и биотит, присутствуя лишь в отдельных участках массива, составляет здесь в породах от 5 до 35%. Соответственно таким колебаниям в составе породы, содержащие преобладающий кварц, относятся к «авторичным кварцитам»; те же породы, в которых доминируют слюды, могут быть названы вторичными кварцево-слюдяными породами.

«Вторичные кварциты» по внешнему виду представляют светлосерые, серые, иногда белые сахаровидные микро-кристаллические породы, в которых местами бывают заметны мелкие, размером до 1—2 мм, зерна мутнобелого кварца. Довольно часто наблюдается тонкая вкрапленность кубиков пирита, частью лимонитизированного и окрашивающего породу в бурые и красноватые тона. Очень редко встречаются прожилки и отдельные кристаллы густого синего цвета корунда. Остальные компоненты за исключением редких мелких чешуек белой слюды макроскопически обычно неразличимы. Текстура пород преобладает массивная и очень редко наблюдается полосчатость.

В шлифе кварциты обычно состоят из кварца (от 50 до 98%), серицита (от незначительных количеств до 50%), биотита (встречающегося лишь местами в количестве до 50%), андалузита (от единиц до 20%), пирита, пирофиллита и алунита (до 5—10%) и менее рутила, диаспора, ярозита, корунда, циркона и апатита. Структура обычно паллотриоморфно-зернистая, но довольно часто наблюдается также типичная роговиковая — торцовая или мостовидная.

Приблизительно в 25% всех просмотренных шлифов наблюдается реликтовая порфировая структура эффузивных порфиров. Во вкрапленниках, составляющих от 5 до 15% от всей массы породы, присутствует обычно кварц в округло-угловатой формы кристаллах размером от 0,5 до 3 мм. Контур вкрапленников иногда весьма извилисты, но часто представляют отчетливые границы (табл. 1, фиг. 1). Кварц во вкрапленниках обычно чистый с ровным угасанием, но также наблюдаются местами сильно выраженные следы катаклаза, отмечаемые резко волнистым угасанием и образованием трещин, возможно обязанным изменению объема при переходе из α в β модификацию, заполненных агрегатом кварца и серицита, причем последний обычно концентрируется в центральных частях жилок. Во вкрапленниках кварца иногда наблюдаются мелкие включения серицита и пирита.

Другие следы реликтов порфировой структуры можно усмотреть также в том, что иногда среди тонкозернистой основной массы, состоящей на 70% из кварца и на 30% из серицита, последний особенно концентрируется в отдельных скоплениях. Эти скопления часто имеют форму широких таблиц, размером до 2—3 мм, и состоят или из одного серицита или же на 70% из серицита и на 30% из кварца; иногда они образуют около 40% от всей массы породы и представляют вероятно продукты полного замещения вкрапленников полевых шпатов.

Основная масса «вторичных кварцитов» состоит главным образом из мельчайших аллотриоморфных зерен кварца (до 70%) и чешуек серицита (до 30%). Размер зерен обычно не превышает 0,1—0,2 мм и редко достигает 0,5—0,7 мм. Структура пород, особенно когда в них преобладает кварц, типичная торцовая.

Кварц встречается повидимому в нескольких генерациях (по меньшей мере в двух): 1) первая характеризуется сильным, мутным от обильных тонких включений комков рутила, резко волнисто-угасающим кварцем, образующим как включения в основной массе, так и рассеянным в ней, а также встречающимся в прожилках более 1 мм мощности, к которым иногда приурочены зерна корунда; 2) вторая представлена чистым, без всяких включений, ровно-угасающим кварцем, замещающим часть минералов более ранних фаз (в частности андалузит).

Серицит ($2V \cong -45^\circ$) и сильно плеохроирующий от бесцветного или светлого до темного бурого-зеленого цвета биотит ($2V = -0^\circ$; $Ng - Np = 0,044$) присутствуют среди основной массы обычно в чешуйках размером до 0,1 — 0,3 мм, а также в скоплениях их или в радиальных агрегатах. Оба минерала по времени своего образования тесно связаны друг с другом.

Андалузит является довольно распространенным минералом во «вторичных кварцитах», где он обычно встречается в широких призматических таблицах и зернах (табл. 1, фиг. 2), иногда в радиальных агрегатах. Размеры отдельных кристаллов его обычно колеблются от 0,5 до 1 мм, но иногда при сильном позднейшем замещении кварцем от них остаются весьма мелкие, рассеянные по всей породе зерна. Андалузит в шлифе обычно бесцветен и характеризуется следующими константами: совершенной спайностью (по 110) под приблизительно прямым углом, параллельной Np ; $2V = -85 - 87^\circ$.

Весьма часто андалузит замещается зернами кварца и пластинками диаспора длиной до 1—2 мм, отороченных тонкими каймами, состоящими из мелких чешуек пирофиллита; последний, равно как и мелкие кристаллы рутила, обычно интенсивно развит в андалузите, замещая его.

Пирофиллит или образует скопления и прожилки мелких чешуек около и внутри кристаллов андалузита или же заполняет часто вместе с пиритом округлые пустоты диаметром до 0,1 — 0,2 мм, причем пирофиллит выстилает стенки этих пустот, тогда как пирит локализуется в их центральных частях. Пирофиллит в шлифе отличается от бесцветных слюд несколько большим углом $2V \cong -60 - 65^\circ$.

Пирит весьма часто встречается в кварцитах местами в виде значительной вкрапленности идиоморфных кристаллов кубического облика размером от мельчайших до 1 мм. Иногда он присутствует в прожилках вместе с кварцем, чаще же всего тесно ассоциирует с серицитом и биотитом; обычно лимонитизирован.

Алунит в мелких чешуйках довольно обычен в кварцитах Семиз-Бугу; в одном случае он встречен в крупных пластинчатых агрегатах, местами заполняющих иногда вместе с диаспором призматические вкрапленники, по форме напоминающие андалузит.

Рутил довольно распространен и присутствует как в отдельных идиоморфных кристаллах размером до 0,3 мм, так и в скоплениях мелких зерен в андалузите и ранних генерациях кварца. Обнаруживает заметный плеохроизм от желтого до красноватого цвета; $2V = +0^\circ$.

Диапор в кварцитах сравнительно редок и встречается главным образом на периферии андалузитово-корундовых тел; иногда он находится в прожилках и линзочках кварца вместе с корундом, образуя ксеноморфные пластинчатые кристаллы длиной до 0,5 мм, а также местами замещает андалузит (табл. 1, фиг. 2). Он характеризуется следующими константами: $2V = +86^\circ$; $Ng - Np = 0,048$; совершенная спайность параллельна плоскости $Ng - Np$; вторая, менее совершенная, перпендикулярна первой.

Ярозит весьма обычен и часто присутствует в обильных включениях обычно неправильной, но иногда таблитчатой формы размером до 0,5 — 1 мм и в прожилках. Он обыкновенно представляет мелкозернистый, иногда волокнистый агрегат зерен желтого, зеленого и буровато-желтого цветов, слабо плеохроирующих от светложелтого до зе-

леновато-желтого; $2V = -0^\circ$. Иногда во внутренних частях включений его встречаются биотит и волокнистый кварц; местами, повидимому окисляясь, он переходит в лимонит.

Корунд встречается в кварцитах горы Б. Семиз-Бугу на вершине западного отрога (выше коренного месторождения) и образует неправильной формы зерна размером до 0,5 мм в прожилках кварца. Он или бесцветен или слабо плеохроирует в синих тонах; обычно окутан агрегатом чешуек пирофиллита.

Цикрон довольно часто встречается в очень мелких, обычно прозрачных, реже мутных кристаллах округлой, иногда тетрагональной формы размером до 0,1 мм. Прозрачные кристаллы находятся обычно в андалузите, мутные же среди кварца и серицита. Весьма вероятно, что последние разности являются реликтовым минералом превращения, заместившие частично андалузит.

Апатит встречен только в одном шлифе в редких призмочках длиной до 0,1 мм.

В заключение интересно отметить, что в кварцитах на периферии 2-го коренного тела корундово-андалузитовой породы встречены прожилки мощностью свыше 4 мм, состоящие из кварца, андалузита, серицита, циркона, рутила и рудного минерала. Кварц присутствует в алло-триоморфных зернах размером до 0,5 мм, содержащих многочисленные включения рутила и серицита. Среди кварца встречаются редкие сильно трещиноватые удлиненно-призматические зерна андалузита длиной до 1 мм; трещинки в нем заполнены рудным веществом.

Кварцево-слюдяные породы являются значительно менее распространенными, чем кварциты. Макроскопически они почти неотличимы от последних и только по большому количеству блесков слюды иногда удается их отнести к этой группе пород. Местами значительное количество биотита придает породе темную зеленовато-серую окраску.

В шлифах они обычно состоят из серицита (от 5 до 70%), кварца (от 30 до 40%), биотита (от 10 до 35%), редко плагиоклаза, довольно обычных пирофиллита, алунита, пирита (последний иногда до 10%) и ярозита. Как видно из этого перечня минералов, количество новообразований здесь значительно меньше, чем в кварцитах. Это обстоятельство повидимому обусловлено, с одной стороны, менее интенсивной переработкой этих пород по сравнению с кварцитами, с другой стороны — несколько иным составом тех первичных пород, за счет которых они образовались.

Реликтовая структура порфиров здесь наблюдается крайне редко. Она представлена обычно редкими вкрапленниками кварца размером до 1,2 мм и остатками вкрапленников плагиоклаза (олигоклаза) в полисинтетических двойниках размером до 0,6 мм, замещаемого кварцем и серицитом среди весьма тонкозернистой основной массы, состоящей из войлока серицита, биотита и менее кварца, пирофиллита и алунита. Размер зерен этих компонентов не превышает 0,3 — 0,5 мм. Довольно обычными являются кубики пирита, размером до 0,2 мм в поперечнике и ярозит, оба частично лимонитизированные.

Своеобразные кварцево-мусковитовые породы развиты местами среди кварцитов вблизи от андалузитово-корундовой породы. В главнейшем они состоят из кварца и мусковита типичной роговиковой

(торцевой) структуры, где кварц присутствует в мелких аллотриоморфных волнисто-угасающих зернах, а мусковит или в мелких чешуйках заполняет трещинки в зернах кварца или же слагает крупными табличками участки породы. Среди кварца иногда наблюдаются многочисленные струи андалузита, интенсивно замещенного пластинками корунда и чешуйками пирофиллита. Корунд также присутствует среди крупночешуйчатого агрегата мусковита, замещая последний в форме идиоморфных пластинок, сильно плеохроирующих в синих тонах. Здесь же присутствуют идиоморфные пластинки гематита.

Таким образом «вторичные кварциты» и кварцево-слюдяные породы массива Б. Семиз-Бугу, как это видно из вышеизложенного, несомненно представляют продукты метаморфизма некоторых первичных пород. Наличие целого ряда постепенных переходов от эффузивных порфиров к «вторичным кварцитам» и местами сохранившаяся в них реликтовая порфировая структура с убедительностью говорят в пользу того, что именно эти порфиры явились тем первоначальным субстратом, который подвергался метаморфизму. Парагенезис минеральных новообразований указывает на то, что в формировании «вторичных кварцитов» имели существенное значение пневматолитические и гидротермальные агенты. Источником последних повидимому явилась та интрузия гранитной и грано-диоритовой магмы, которая образовала огромный батолит гранита и грано-диорита, находящийся непосредственно к западу от кварцитового массива Семиз-Бугу. Это до некоторой степени подтверждается также наличием сходных процессов автометаморфизма: альбитизации, серицитизации, частичного окварцевания, развития гидротермального биотита и пирита в самих кислых интрузивных породах, связанных с поствулканическим воздействием тех же агентов на уже раскристаллизовавшиеся части магматического бассейна. Нахождение «вторичных кварцитов» в контактовой зоне эффузивных порфиров и гранита, их структура и минералогический состав дают возможность отнести эти кварциты к контактово-метаморфическим образованиям в широком смысле этого слова.

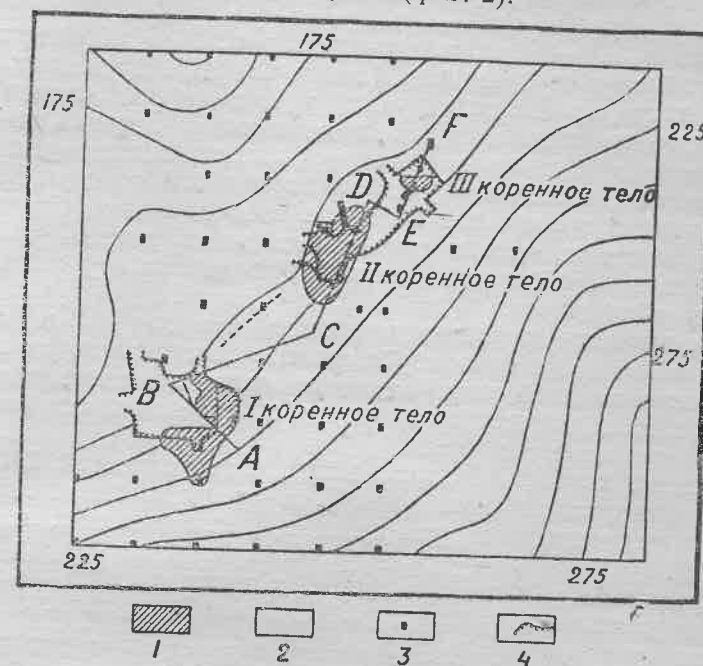
Аналогичное образование «вторичных кварцитов» путем окварцевания эффузивных порфиров и туфов на контактах их с верхнепалеозойскими интрузиями кислой магмы отмечается во многих пунктах Казакской степи Н. Г. Кассиным ([5], стр. 115), М. П. Русаковым ([17], стр. 25) и целым рядом других авторов.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Месторождение состоит из двух частей — коренной и делювиальной (россыпной).

Коренное месторождение представляет группу линзо- и гнездообразных тел андалузитовой и корундовой пород, залегающих среди «вторичных кварцитов» на западном склоне горы Б. Семиз-Бугу в нижней его части. В их пространственном расположении как будто намечается некоторая закономерность. Все рудные тела и проявления наиболее интенсивной минерализации приурочены к двум приблизительно параллельным линиям, имеющим северо-восточное — юго-западное простирание и отстоящим одна от другой на расстоянии от 350 до 450 м (табл. 2).

Вдоль северо-западной линии расположены три наиболее крупных из известных в настоящее время рудных тела, давшие начало главной промышленной россыпи корунда (фиг. 2).



Фиг. 2. План главной коренной части месторождения Семиз-Бугу. 1—корундовая порода (шр); 2—«вторичные кварциты» (андалузитовые породы периферических частей корундовых тел не показаны) (Sq); 3—разведочные шурфы; 4—контуры карьеров. Масштаб 1 : 2 000

Оставшаяся в коренном залегании часть наиболее крупного юго-западного 1-го коренного тела корундовой породы представляется в плане весьма неправильной формы пластообразной залежью, имеющей размеры в длину до 35 м. В центральной части карьера она как бы изогнута в форме купола (фиг. 3) с пологим падением нижнего контакта по всем направлениям.

Находящаяся в 50 м к северо-востоку от 1-го тела другая залежь корундовой породы (2-е коренное тело) имеет в плане овальную форму и расположена длинной осью, равной 32 м в направлении северо-восточном 25°. По короткой оси овала тело на своем выходе на поверхность имеет мощность до 14 м. В вертикальном направлении рудное тело продолжается до глубины 22 м от выхода на поверхность, где оно довольно резко вклинивается (фиг. 3, разрез по С—Д и G—H). Таким образом тело представляет крутопадающую к юго-востоку линзообразную залежь. Разведочными работами 1931 г. около 2-го тела среди боковой андалузитовой породы открыто еще несколько небольших, имеющих в поперечнике до нескольких метров гнезд корундовой породы (фиг. 3).

3-е коренное тело, расположенное еще далее к северо-востоку, в 15 м от 2-го тела, представляет гнездообразную залежь размерами в плане 5 и 10 м, расположенную длинной осью приблизительно в широтном направлении. На глубину это тело продолжается повидимому не

более чем на 6—7 м от поверхности, здесь выклиниваясь. Метрах в пяти ниже по вертикали разведочными выработками встречено залегающее под 3-м телом другое небольших размеров гнездо корундовой породы (фиг. 3, разрез по E—F).

Метрах в 300—350 к северо-востоку от 3-го коренного тела в пределах той же северо-западной линии повидимому находилось еще одно тело корундовой породы, которое, несмотря на детальность поставленных здесь поисковых работ, до сих пор открыть не удалось. На его нахождение в этом пункте указывает начинающаяся отсюда так называемая «восточная» россыпь корундовой породы. Возможно, что в результате эрозии это коренное тело целиком разрушено и в коренном залегании если и осталась, то лишь залежь вмещающей корунд-андалузитовой породы, на которую до сих пор внимания при разведке не обращалось.

Ни в промежутке между последним пунктом и 3-м коренным телом, ни в обе стороны по простиранию северо-западная линия коренных месторождений совершенно не освещена поисковоразведочными работами и данные для суждения об интенсивности минерализации в пределах ее отсутствуют.

Еще менее освещена вторая, намеченная разведкой 1931 г. юго-восточная минерализованная зона. В ее пределах наличие корунда и андалузита установлено в трех пунктах, расположенных на протяжении 1 200 м.

В наиболее юго-западном пункте, у подошвы южного склона западного кварцитового отрога горы Б. Семиз-Бугу, на вершине пологого холма залегает слабо разведанное тело андалузитовой породы, имеющее повидимому значительные размеры. В нем заключено меньших размеров гнездо мусковито-корундовой породы с большим количеством гематита.

В 750 м к северо-востоку от этого пункта, на южном склоне западного кварцитового отрога, близ вершины в кварцитах встречается значительная вкрапленность, прожилки и мелкие включения синего цвета корундовой породы.

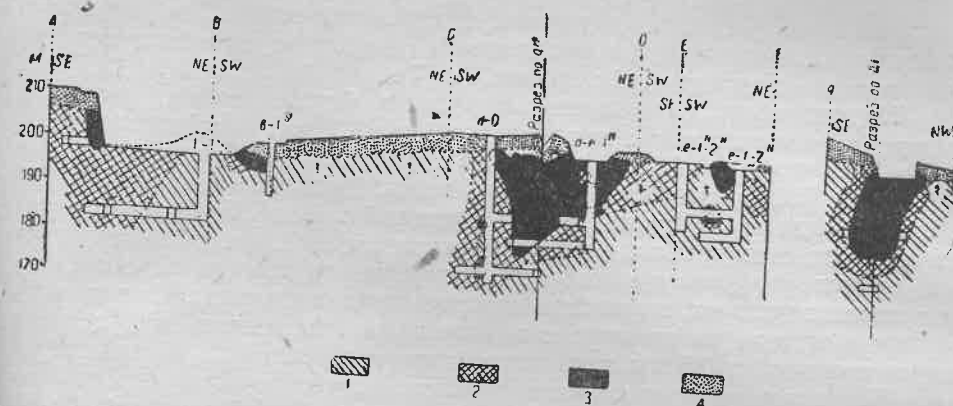
Еще далее к северо-востоку, в 400 м около вершины западного кварцитового отрога, также повидимому присутствует среди кварцитов корундовая порода, поскольку об этом можно судить на основании открытых здесь в 1931 г. ниже по склону высыпок.

Корундовые тела залегают не непосредственно во «вторичных кварцитах», но постоянно отделены от них промежуточной зоной андалузитовой породы. Эта последняя образует еще более мощные залежи среди кварцитов, форма и условия залегания которых недостаточно хорошо изучены.

Мощность переходных зон андалузитовой породы колеблется в пределах от 1—2 до 10 м и более (фиг. 3).

По форме залежи андалузита приближаются к корундовым телам, имея несколько большие размеры. Таким образом корундовые тела как бы одеты чехлом андалузитовой породы.

Между кварцитами и корундовыми породами наблюдается целый ряд постепенных переходов. Подвигаясь от обычного кварцита по направлению к корундовому телу всегда можно наблюдать следующую последовательность: в кварците типичной торцовой структуры начинает заметно увеличиваться количество андалузита как в отдельных кристаллах, так и путем появления своеобразных струй и потоков их,



Фиг. 3. Разрезы через коренное месторождение горы Семиз-Бугу (по К. Н. Озерову и Н. Н. Лису. 1—«вторичный кварцит» (Sq); 2—андалузитовая порода (ar); 3—корундовая порода (cr); 4—делювий (d). Горизонтальный и вертикальный масштабы 1 : 1 000

иногда частично замещаемых корундом. На расстоянии от 1—2 до 10 м, иногда более, от корундового тела андалузит содержится в количестве около 50% и порода представляет уже кварцево-андалузитовую разновидность. Еще ближе к рудному телу содержание андалузита увеличивается еще более, достигая местами 85—95%, т. е. порода в этом случае является уже чисто андалузитовой; количество кварца соответственно резко снижается до полного его исчезновения.

Далее по направлению к телу в андалузитовой породе начинает играть существенную роль мусковит с подчиненным корундом, количество андалузита уменьшается и наконец порода достигает такого состояния, когда она представляет уже корундово-мусковитовую разновидность, еще содержащую иногда отдельные кристаллы андалузита. Еще далее, путем постепенного увеличения содержания корунда порода переходит в типичную мусковито-корундовую и чисто корундовую разновидности рудных тел. Благодаря постепенности переходов и весьма трудному без применения специальных методов полному разграничению этих разновидностей пород мощность отдельных переходных зон не установлена.

Кварцево-андалузитовые, андалузитовые и андалузито-мусковитовые породы. Макроскопически эти породы с большим трудом отличаются от кварцитов, особенно богатых андалузитом. Только при весьма внимательном рассмотрении в отдельных зернах можно заметить совершенную спайность. По цвету они также весьма мало отличаются от кварцитов, обычно имея белую или серовато-белую окраску, и только чисто андалузитовые разновидности имеют едва уловимый розовый оттенок, иногда желтоватых тонов. Второстепенными, но обычно присутствующими минералами этих пород являются рутил, циркон, диаспор, пирофиллит, пирит, алунит и неопределенный минерал прожилков.

Структура пород равномернозернистая, явно метасоматическая. Андалузит присутствует обычно в широких призматических зернах, иногда неправильной формы, с хорошей спайностью по одному направлению; довольно обычно радиальное расположение отдельных кристаллов его.

Андалузит часто обнаруживает интенсивное замещение корундом, диаспором, пирофиллитом, мусковитом, кварцем и содержит включения циркона и рутила (табл. 1, фиг. 3 и 4).

Корунд обычно замещает андалузит в форме тонких пластинок, иногда соединяющихся в пачки длиной до 0,3 мм; значительно реже он имеет форму неправильных включений. Обычно бесцветен; зерна его иногда обнаруживают трещиноватость. Местами корунд образует мелкие гнезда и прожилки в андалузитовой породе, мутные от переполняющих его буроватых комков рутила (табл. 1, фиг. 4).

Диаспор образует обычно пластинчатые кристаллы, реже скопления мелких чешуек, явственно замещающих андалузит. Около пластинок диаспора на границе с андалузитом постоянно присутствует кайма шириной в 0,5 мм мелкочешуйчатого агрегата пирофиллита.

Кварц замещает андалузит в форме округлых включений размером до 0,2—0,3 мм, обычно окутанных чехлом пирофиллита (табл. 1, фиг. 3). Он обыкновенно чистый, с ровным угасанием; иногда также замещает мусковит. В кварцево-андалузитовых породах в промежутках между зернами андалузита образуется агрегат торцовой структуры.

Мусковит присутствует обычно в виде чешуйчатого агрегата, заполняющего промежутки и трещинки в зернах андалузита. Размер чешуек колеблется от 0,2 до 0,5 мм. Константы: $2V = -44^\circ$; $Ng - Np = 0.044$.

Циркон встречается в андалузите в мелких округлых кристаллах размером до 0,1 мм. В одном случае наблюдалось, как зерно циркона вместе со вмещающим его кристаллом андалузита было разорвано на две части и образовавшаяся трещинка заполнена мелкочешуйчатым агрегатом мусковита.

Рутил обычен. Иногда кристаллы его обнаруживают тетрагональный облик.

Пирит в мелких зернах и кубиках вместе с серицитом и кварцем образует прожилки и вкрапленность в андалузитовой породе. Пирофиллит в мелких бесцветных чешуйках заполняет округлые пустоты диаметром 0,1—0,2 мм, иногда содержащие во внутренних частях пирит. Довольно характерны, обычно встречающиеся в андалузитовых породах, очень тонкие (до 1 мм) прожилки едва заметно поляризующего крайне плотного агрегата, обнаруживающего иногда волокнистое строение с положительным удлинением. Преломление его немного выше канадского бальзама.

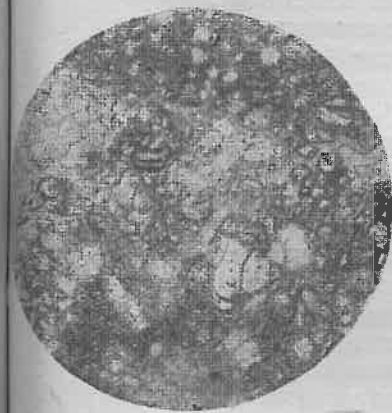
Эти породы периферических зон корундовых тел описаны М. П. Русаковым и Н. И. Наковником ([3], стр. 6 и 15) как «каолинит-мусковитовые и каолинитовые». Такая ошибка произошла вследствие неверного определения авторами главного породообразующего минерала андалузита, принятого ими за каолинит. На стр. 16 [3] приводятся его константы, причем, поскольку последние в очень малой степени отвечают каолиниту, а кроме того анализы породы показали совершенно недостаточное для последнего содержание воды (от 1,14 до 2,87%), постольку авторам приходится считать свой каолинит дегидратизированным или даже «бокситоподобным веществом» ([3], стр. 6). Для обоснования такого гипотетического минерала они вынуждены «предполагать возможность дегидратизации каолинита, которая теоретически и при лабораторных опытах считается возможной и существующей, но в природе еще до сих пор не установлены устойчивые продукты этого процесса» ([3], стр. 17). Но в то же время авторы ого-



Фиг. 5. Корундово-мусковитовая порода. Пластинчатые кристаллы корунда (темносерый), замещающие агрегат мусковита (светлый); $\times 15$



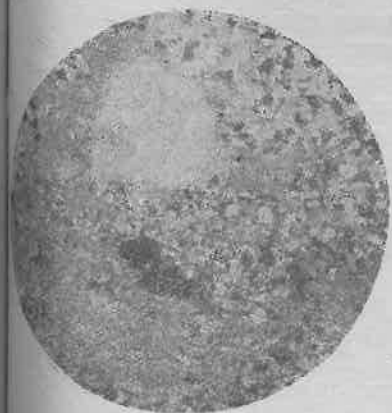
Фиг. 6. Корундовая порода. Замещение корунда (темносерый) около пустот диаспором (светлосерый); $\times 20$



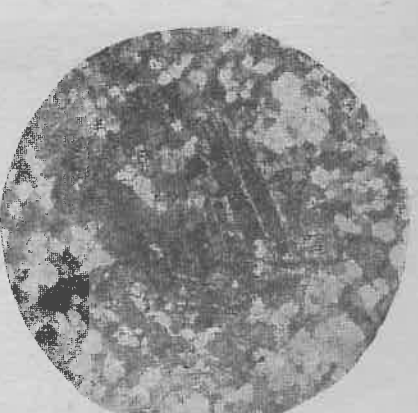
Фиг. 3. Андалузитовая порода. Крупные зерна андалузита (темносерый) с высоким рельефом, замещаемого прожилками мелкочешуйчатого агрегата пирофиллита (серый) и зернами кварца (белый). Около последнего кайма пирофиллита; $\times 35$



Фиг. 4. Андалузитовая порода. Крупные зерна андалузита (светлосерый), замещаемые скоплениями пластинчатых кристаллов корунда (темносерый) и зернами рутила (черный); $\times 20$



Фиг. 1. Вторичный кварцит с реликтовой структурой кварцито-порфира. Крупные вкрапленники кварца среди осевых масс, состоящих из кварца, пирофиллита, серицита и алунита + никели; $\times 20$



Фиг. 2. «Вторичный кварцит» торцовой структуры. В центре скопление зерен андалузита (темносерый), замещаемого кварцем, серицитом и пластинчатыми кристаллами диаспора

вариваются, что в месторождении «каолинит минералогически еще не установлен достаточно прочно».

Сопоставляя приводимые М. П. Русаковым и Б. И. Наковником для их «дегидратизированного каолинита» константы с константами андалузита ([11], стр. 234), можно видеть их полное соответствие; незначительные же количества кристаллизационной воды в андалузитовых породах легко объясняются присутствием в них таких минералов как мусковит, пирофиллит, диаспор и т. д.

Такое ошибочное определение указанными авторами андалузита, как это будет видно в дальнейшем, создало значительные затруднения в трактовке генезиса месторождения, в основе своей вообще близкой к истине.

Мусковито-корундовые породы центральных частей рудных тел обычно представлены или плотными микрокристаллическими породами синевато-серого или серого цвета или же более крупнокристаллическими густого синего цвета («сапфириты»). Кроме серого или синего корунда макроскопически иногда различаются белый и зеленоватый мусковит, местами крупночешуйчатый гематит. В породах обычны мелкие пустоты с выросшими на их стенках кристаллами мусковита, диаспора, рутила и иногда заполненные баритом. Местами довольно интенсивно развита обильная вкрапленность мелких кристаллов пирита.

Корундовые и корундово-мусковитовые породы являются по существу в главной массе биминеральными, состоящими из корунда и мусковита. Эти два минерала составляют обычно от 95 до 100% от всей массы породы и только иногда (очень редко) сумма их понижается до 80—85%. В зависимости от преобладания того или иного из этих двух главных породообразующих минералов различаются корундово-мусковитовые породы с содержанием мусковита от 65 до 80% и мусковито-корундовые с содержанием его от ничтожных количеств до 30—35%. Первые обычно сосредоточены в периферических частях корундовых тел, хотя иногда встречаются отдельными участками среди чистой корундовой породы. Как уже отмечалось выше, корундово-мусковитовые породы образуют в периферии постепенные переходы к андалузитовым разностям.

Второстепенными составными частями корундовых пород являются гематит, рутил, диаспор, реже циркон. Довольно обычен, особенно в периферических частях, пирит. Гематит местами, особенно в южной части 1-го тела и в юго-западном теле юго-восточной линии, присутствует в количестве до 30—40%, приобретая наряду с корундом и мусковитом значение породообразующего минерала. Рутил — довольно обычный минерал корундовых пород и встречается или рассеянным среди всей массы породы в количествах, достигающих 1 местами 5%, или же концентрируется в прожилках и пустотах. Диаспор местами является также довольно обычным минералом, причем содержание его в породе иногда достигает 15—20%.

Текстура пород обычно массивная; очень редко наблюдается более или менее ориентированное в одном направлении расположение пластинок корунда. Структура явственно метасоматическая и равномернозернистая; лишь в редких случаях она приближается к псевдопорфировидной.

Мусковит присутствует в широких бесцветных таблитчатых кристаллах, иногда чешуйках, длиной от мельчайших (до 0,1 мм) до круп-

ных, достигающих 2—3 мм, пластинок. Постоянно наблюдается замещение его хорошо образованными пластинчатыми кристаллами корунда (табл. 1, фиг. 5).

Корунд всегда развит в пластинчатых кристаллах с положительным поэтому удлинением, которые очень часто образуют пачки прилегающих друг к другу пластинок; иногда он встречается в радиального строения агрегатах. Размеры табличек обычно незначительные и колеблются от 0,1 до 0,5 мм в длину и до 0,1—0,2 мм в толщину (табл. 1, фиг. 6). Но в более крупнозернистых разностях, встречающихся реже, длина табличек достигает 3—4 мм при толщине в 0,5 мм (табл. 1, фиг. 5). Более крупные пластинки обычно сильно трещиноваты; размеры цельных частей не превышают 0,3—0,5 мм. Иногда наблюдается сильная изогнутость пластинок, причем в некоторых случаях они разорваны на отдельные части.

Сильное развитие кристаллов корунда в плоскости, перпендикулярной тройной оси, до состояния тонких пластинок столь характерно для Семиз-Бугу, что оно на первых порах поражает исследователя, особенно привыкшего к изучению Уральских месторождений корунда. В последних кристаллы его всегда более или менее вытянуты по тройной оси. Такое различие повидимому стоит в связи с условиями образования корунда; на Урале его месторождения в большинстве случаев представляют десилицированные пегматиты, в которых корунд кристаллизовался первым в жидкой фазе, и рост его кристаллов ничем не был стеснен. В Семиз-Бугу же корунд в главной массе образуется путем метасоматического замещения андалузита в твердой фазе под воздействием флюидов (см. ниже), что повидимому и явилось причиной, затруднившей рост его кристаллов по направлению к главной оси.

Гематит представлен крупными пластинками, обычно тесно ассоциирующимися с мусковитом, и в таких количествах, что образует местами мусковито-гематитовые породы.

Рутил присутствует обычно в мелких кристаллах и их скоплениях размером до 0,3 мм среди корунда и мусковита.

Циркон, довольно обычный в андалузитовых породах, среди корунда встречается исключительно редко; объяснение этому быть может следует искать в том, что он является минералом более ранних, чем корунд, генераций и в центральных частях рудных тел вместе с андалузитом нацело замещен более поздним корундом.

Диаспор обычно в мелкочешуйчатых агрегатах замещает корунд по трещинкам, равно как образует в корундовых породах тонкие прожилки мощностью до 0,5 мм. На стенках пустот он иногда нарастает в форме пластинок, а также замещает около них корунд на расстояние до 0,5 мм (табл. 1, фиг. 6).

Все породы месторождения несут на себе следы довольно сильных динамических воздействий. Кроме упоминавшихся ранее различных примеров таких воздействий, наблюдаемых при микроскопическом исследовании пород, их можно видеть и при осмотре самого месторождения в форме зеркал и штрихов скольжения на корундовых породах. Преобладающее простирание плоскостей скольжения северо-восточнее 40—50° с углом падения на северо-запад 70—80°; но встречаются также и меридиональные северо-западные простирания. Совпадение доминирующего простирания плоскостей скольжения с направлением зон интенсивной минерализации дает некоторое основание

считать последние за главные зоны разломов, по которым и происходила наиболее интенсивная циркуляция флюидов при общей кварцитизации порфириновых пород.

Сопоставляя результаты петрографического исследования корундово-андалузитовых пород месторождения и вмещающих его «вторичных кварцитов» можно видеть, что различие между ними чисто количественное. Тот же комплекс минералов, которые встречаются в рассеянном виде среди кварцитов, является характерным и для самого месторождения, причем некоторые из них, именно андалузит и корунд, сконцентрированы здесь в таких количествах, что создают ему промышленную ценность. Структура пород и последовательность минералообразования также совершенно тождественны, поэтому совершенно естественно сделать вывод об общности генезиса месторождения с вмещающими его кварцитами, т. е. отнести его также к контактово-метаморфическим (пневматолитическим) образованиям, связанным с пневматолитической и гидротермальной переработкой первичных кислых эффузивных пород во «вторичные кварциты» на контакте с интрузией гранитной магмы.

Парагенезис и последовательность минерализации. К несомненно вторичным, возникшим в результате контактового метаморфизма минералам месторождения «вторичных кварцитов» относится следующая их парагенетическая ассоциация: кварц, андалузит, циркон, мусковит, гематит, корунд, рутил, диаспор, пирит, пирофиллит, серицит, биотит, барит, алузит и ярозит. М. П. Русаков ([7], стр. 22) отмечает наличие в кварцитах Казакской степи таких минералов как топаз, флюорит и турмалин, что дает ему основание считать эти породы продуктами пнеумогидатогенного метаморфизма. Рассматривая парагенезис Семиз-Бугу, можно видеть, что даже при отсутствии в нем трех последних типичных пневматолитических минералов ясно намечаются два этапа минерализации: 1) пневматолитический, когда кристаллизация минеральных новообразований происходила при температурах выше критической точки воды (375—400°C), т. е. во флюидной фазе, и 2) гидротермальный при более низких температурах, когда метаморфизм и отложение новых минералов происходили главным образом из горячих растворов. К минералам пневматолитической фазы с несомненностью могут быть отнесены кварц I, андалузит, циркон, мусковит, гематит и корунд, к гидротермальным диаспор, кварц II, пирит, пирофиллит, серицит, биотит, барит, алузит и ярозит. Рутил, а частью повидимому и диаспор являются промежуточными минералами, связывающими весь процесс метаморфизма в одно неразрывное целое.

К гиперогенной фазе, связанной с процессами поверхностного выветривания, относится образование лимонита, а может быть отчасти и ярозита.

Таким образом весь процесс контактового метаморфизма эффузивных порфиров во «вторичные кварциты» и формирование месторождения корундово-андалузитовых пород необходимо рассматривать как единое неразрывное целое, обусловленное прогреванием на контакте первичных пород и переработкой их флюидами и позже термами, связанными с интрузией гранито-гранодиорита. Нет никакого сомнения в том, что потоки флюидов и терм выносили в себе некоторые новые элементы из магмы, но в то же время необходимо отметить почти полное отсутствие в месторождении минералов, содержащих такие

минерализаторы как F, B и Cl. Это обстоятельство может говорить в пользу того, что главным минерализатором в данном случае является H₂O конечно в том известном для нас состоянии, в котором она может находиться при весьма высоких температурах и давлениях и роль которой не всегда достаточно учитывается.

Для суждения о давлении, под которым шло минералообразование, уместно будет высказать некоторые соображения о глубинах, на которых протекали процессы контактового метаморфизма. Если отнести толщу эффузивных порфиров района Семиз-Бугу к верхнему или верхнему девону, а интрузию грано-диоритовой магмы к среднему или карбону, то на основании нормального разреза, приводимого Н. Г. Кассиным [5] для смежного Баян-аульского района, мощность залегающей выше порфиров и до дневной поверхности толщи ко времени интрузий можно оценить цифрами от 1 до 1,75 км, а в среднем 1,5 км. Учитывая мощность толщи самих порфиров, эту цифру можно принять для глубины, на которой протекал контактовый метаморфизм. Для гидростатического давления она будет отвечать приблизительно 400—450 ат. Конечно при этом мы не можем учесть влияния одностороннего давления, следы которого наблюдаются правда в незначительных размерах в месторождении. Но повидимому несомненно, что стресс, по крайней мере в первые фазы минерализации, играл значительную роль и результаты его были в значительной степени замаскированы минерализацией более поздних фаз.

К сожалению трудно высказать суждение о наивысших температурах, при которых начались процессы метаморфизма эффузивных порфиров. Надо полагать, что начальная температура не превышала 600° (575°), которая отвечает по А. Е. Ферсману началу кристаллизации пневматолитов вообще. В дальнейшем при установлении последовательности минералообразования мы будем пользоваться схемой этапов и фаз пегматитового процесса, предложенного А. Е. Ферсманом.

Наиболее ранним минералом контактового метаморфизма несомненно является кварц. Но в то же время, как отмечалось выше, его кристаллизация происходила в две различные фазы, разделенные значительным промежутком времени и температурными интервалами. Вследствие мелкозернистости кварцитов и наложения путем метасоматоза более низкотемпературного белого кварца на его более раннюю модификацию трудно судить о характере последней. Но все же этот более ранний серый кварц является повидимому низкотемпературным 3-кварцем, что и дает некоторый критерий для суждения о начальных температурах минерализации. Поэтому выпадение первой генерации кварца из флюидов следует отнести к фазам D—E с максимумом кристаллизации в фазу D.

Следующим за кварцем первой генерации по времени образования и в значительно меньшей степени одновременным ему является андалузит, весьма оригинальный для месторождения, как повидимому и вообще для «вторичных кварцитов» Казакской степи, образовавшихся за счет полевошпатных пород ([8], стр. 1542). Этот минерал весьма характерен для контактовых роговиков, образовавшихся за счет глинистых сланцев путем их пневмагидатогенной переработки и перекристаллизации. Обычным спутником андалузита в этих случаях является турмалин ([9], стр. 144). Принято думать, что образование андалузита обязано исключительно тепловому воздействию магматического очага, сопровождавшемуся воздействием паров и растворов на метаморфи-

ческие сланцы ([10], стр. 11). Андалузит известен также в гранитах, где иногда, как например близ дер. Южаковой на Урале, он сопровождается аквамарин, слюдой и черным шерлом ([11], стр. 66). Нередок андалузит и в пегматитах, где он ассоциирует с турмалином, топазом, бериллом и джумперитом ([12], стр. 137—139 и 18). По А. Е. Ферсману в пегматитах «андалузит связан своими выделениями с фазой C—D, причем в дальнейшем процессе он замещается мусковитом. Очень редко (Black Hills) андалузит описывается в более поздних фазах D—E (с кварцем и мусковитом)».

Для понимания генезиса андалузита интересен ряд американских месторождений джумперита ($8\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$), где оба эти минерала встречаются в тесном парагенезисе с кварцем ([14]; [15], стр. 19—20; [11]; [22] и [27], стр. 636). Эти месторождения имеют много общих черт с Семиз-Бугу, обнаруживая в некоторых случаях сходство до малейших деталей [14]. Все авторы, трактующие генезис джумперита и его спутников, в том числе и андалузита, связывают их образование с кристаллизацией в пневматолитическую фазу из флюидных эманаций, выносивших из гранитной магмы Si, Al, B, Fe и Ti и характеризующихся недостатком щелочей ([14], стр. 380 и [15], стр. 19—20).

Е. D. Wilson ([14], стр. 380) считает, что образование этих минералов происходило при температуре ниже 575°C .

Для единственного промышленного аналога Семиз-Бугу месторождения андалузита в White Mountains, California, генезис андалузита трактуется различными авторами по-разному. А. Кноpf [18] связывает образование его с пневматолитической переработкой порфиров под воздействием гранитных интрузий; J. Melhase ([20], стр. 93) видит в андалузитовых массах перекристаллизованные ксенолиты боковых пород (сланцев), захваченные порфиром; J. A. Jeffery и C. D. Woodhouse ([21], стр. 460) считают вмещающие андалузитовые тела породы из кварцитов, происшедшие из осадочных пород путем контактово-метаморфического воздействия на них гранита и гранодиорита; в андалузитовых телах они видят перекристаллизованные при этом бокситовые глины. Аналогично Р. Е. Керг ([22], стр. 636) считает массы андалузита образованными в пневматолитическую фазу контактового метаморфизма глиноземистых осадков на контакте с порфирами.

В обстановке, аналогичной Семиз-Бугу, андалузит описан А. Н. Заварицким ([23], стр. 593) в контактово-метаморфических апотуфах Ай-Дарлы, образование которых он ставит в связь с явлениями пневматолитического контактового метаморфизма (стр. 605). Позже в андалузитсодержащих слюдяных прослоях рудной толщи горы Магнитной встречен и корунд².

Суммируя все изложенное выше о температурных условиях, в которых обычно кристаллизуется андалузит, можно видеть, что образование его происходит обычно при довольно высоких температурах, отвечающих фазам C, D и E, в среде, насыщенной минерализаторами, особенно H_2O . В Семиз-Бугу образование его приурочено к фазам D—E после главной кристаллизации кварца I.

Особый интерес представляет вопрос о возможности миграции Al_2O_3 андалузита. На основании целого ряда вышеприведенных примеров такая миграция устанавливается с несомненностью, причем в не-

² Личное сообщение.

которых случаях предполагается даже вынос флюидами Al из магмы В Семиз-Бугу также можно видеть перенос вещества андалузита флюидами и его переотложение. Доказательствами этого являются конценрация андалузита в рудных телах до состояния чистых андалузитовых пород, наличие андалузита в кварцевых прожилках и частое нахождение его в кварцитах в радиальных агрегатах, столь характерных для кристаллизации вещества из флюидной или гидротермальной фазы.

Несколько позже максимума кристаллизации андалузита выпадает из флюидов циркон. Вторичность его по отношению к метаморфизованным порфирам устанавливается более или менее определенно. Он несомненно является более ранним, чем мусковит и корунд, так как среди корундово-мусковитовых пород циркон уже не встречается; то же подтверждают случаи нахождения пересекающих его трещин, заполненных мусковитом. Все это дает право отнести время кристаллизации циркона к началу фазы E.

Вслед за кристаллизацией андалузита и циркона происходило образование мусковита. Это подтверждается как фактами замещения последним андалузита, так и заполнением им трещинок и пустот в последнем. Таким образом время кристаллизации его следует отнести к фазе E.

На основании анализа мусковита Семиз-Бугу, приведенного у М. П. Русакова и Н. И. Наковника ([3], стр. 18), можно подойти к определению температурных условий образования его на основании шкалы, даваемой А. Е. Ферсманом для мусковитов по работам J. Jakob.

Формула нашего мусковита, исходя из приведенного анализа, следующая: $1\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 1,09 (\text{K}, \text{H})_2\text{O} \cdot 1,92\text{SiO}_2$, что почти точно отвечает формуле $1\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 1 (\text{K}, \text{H})_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$ или типу В (по J. Jakob) при $\text{K}_2\text{O}:\text{H}_2\text{O} = 1 : 1,95$. По шкале А. Е. Ферсмана мусковит этого типа характерен по времени кристаллизации для фазы E, что вполне согласуется с предыдущим.

Частью одновременно с мусковитом, образуя мусковито-гематитовые породы, частью позже, одновременно с корундом, кристаллизовался в месторождении гематит. В данном случае его происхождение несомненно пневматолитическое и следовательно по времени отвечает фазам E—F. Примеры образования гематита в столь высокотемпературные фазы приводит А. Е. Ферсман, указывающий на особенно широкое развитие его в фазу F. Интересно отметить для нашего случая искусственное воспроизведение гематита в щелочной среде при температурах от 450 до 500° (M. G. Friedel [24], стр. 10).

Одновременно с гематитом, отчасти несколько позже его, образуясь главным образом за счет андалузита, а также замещая мусковит, кристаллизовался корунд. Особенно характерно для месторождения метасоматическое замещение корундом андалузита, настолько широко распространенное, что редко можно встретить андалузитовые породы, не содержащие корунда. Примеры такого образования корунда известны в литературе. Так R. Brauns ([10], стр. 12) описывает образование корунда за счет андалузита, силлиманита, ставролита и других минералов в ксенолитах метаморфических сланцев в трахитах Лаахерского озера, относя его к продуктам пирометаморфизма. Замещение андалузита корундом и шпинелью в ксенолитах гранулитовых гнейсов в трахитах Plateau Central отмечает A. Lacroix ([25], стр. 30), объясняя этот процесс воздействием на гнейсы жидких минерализаторов, выно-

сившихся из трахита. В очень сходных с Семиз-Бугу условиях в пироксилитизированных риолитах и их туфах месторождений агальматолита у горы Тсиньтиен в Китае описывает находки андалузита, замещающего корундом, L. F. Yin [26].

Корунд в андалузите отмечается также в месторождении последнего в Калифорнии ([19], стр. 126), но Р. Ф. Кегг ([22], стр. 633) совершенно неосновательно, как это можно видеть даже из приводимой им зарисовки шлифа (стр. 634), считает корунд более ранним, чем андалузит, минералом, относя образование обоих к пневматолитической фазе контактового метаморфизма.

Для понимания условий образования корунда в обстановке Семиз-Бугу представляют известный интерес результаты опытов искусственного воспроизведения его, полученные М. G. Friedel [24]. При нагревании в стальной трубке, покрытой внутри медью, аморфного глинозема и раствора соды в течение 16—18 часов при температурах от 450 до 500° получались одновременно корунд и диаспор, при 530—535° один корунд и при 400° один диаспор. Эти данные удивительно соответствуют условиям образования обоих минералов в месторождении Семиз-Бугу, где кристаллизацию корунда следует отнести к фазам E—F—G с максимумом в фазу F.

Нельзя никак согласиться с мнениями М. П. Русакова и Н. И. Навковника о том, что «мусковит образовался позднее» ([1], стр. 287) или «почти одновременно» ([3], стр. 16) с корундом, как это заключают авторы на основании идиоморфизма корунда по отношению к мусковиту или же пойкилитовым (?) взаимным прорастаниям. Поскольку Семиз-Бугу представляет контактово-метаморфическое месторождение с широко развитым пневматолитическим метасоматозом, постольку несомненно степень идиоморфизма обратна последовательности кристаллизации (т. е. более идиоморфные минералы являются более поздними по отношению к тем, которые они замещают).

Следующим за корундом по времени кристаллизации является рутил. Он образует как постоянные и обильные включения в кварце I, андалузите, мусковите и корунде, так и нарастает друзами и отдельными кристаллами на стенках пустот в этих породах. Но в то же время отдельные его включения наблюдаются и в более позднем диаспоре, что дает основание считать время и температурные интервалы кристаллизации рутила более широкими и частью одновременными образованию диаспора. Начало кристаллизации рутила по видимому следует отнести к фазе G вслед за окончанием кристаллизации корунда; в дальнейшем образование рутила продолжалось уже в гидротермальные фазы H и частью I.

В месторождении дюмортьерита в Аризоне E. D. Wilson ([14], стр. 380) считает рутил пневматолитическим и устанавливает время его кристаллизации ранее дюмортьерита, непосредственно вслед за образованием андалузита и силлиманита. Также и Р. Ф. Кегг ([22], стр. 633 и 641) относит рутил частью к пневматолитической, частью к гидротермальной фазам. А. Е. Ферсман в пегматитах Западного Алтая кристаллизацию рутила связывает с фазами G и H, I и K.

После кристаллизации корунда одновременно с рутилом происходило образование диаспора. Более позднее образование диаспора по сравнению с андалузитом и корундом очевидно; диаспор встречается замещающим исключительно два последние минерала, но в то же

время в нем иногда находятся включения рутила в количествах, значительно меньших, чем в андалузите, корунде и мусковите.

Аналогичное замещение андалузита диаспором описано Р. Ф. Кегг ([22], стр. 634) в Калифорнийском месторождении андалузита, где диаспор рассматривается вместе с корундом и андалузитом как пневматолитический минерал. В дейках кыштымитов и корундитов Борзовки В. С. Колтев-Дворников и Е. А. Кузнецов ([27], стр. 222) относят время образования диаспора к границе между пневмато-гидротермальной и гидротермальной фазами ($t \cong 350^\circ$). В опытах М. G. Friedel [24], как мы уже видели, диаспор получался при температурах ниже 500°, преимущественно даже при 400°. Поэтому время кристаллизации диаспора в Семиз-Бугу можно отнести к концу пневматолитической и началу гидротермальной фаз, т. е. к фазам G и H.

Частью одновременно в фазу H, главным же образом несколько позже, чем диаспор, происходила кристаллизация кварца II генерации. Этот кварц замещает все предшествовавшие минералы, в том числе иногда и диаспор, и относится уже несомненно к более низкотемпературной модификации β , как об этом можно судить по сильному развитию призм $m(0110)$. Кварц II обладает мутнобелым цветом, придавая иногда кварцитам сахарнобелую окраску. В шлифе он характеризуется обычно чистотой, прозрачностью и ровным угасанием. В отличие от кварца I, всегда переполненного включениями (особенно рутила) с облачным погасанием, кварц II кристаллизовался по видимому в продолжение всей гидротермальной фазы (H, I и K), как об этом можно судить на основании прожилков и включений его, где он сопровождается всеми более поздними минералами. Но максимум его кристаллизации следует отнести к границе фаз H и I.

Такое же наличие двух генераций кварца отмечает и Р. Ф. Кегг ([22], стр. 640) в Калифорнийском месторождении андалузита. Две генерации кварца описываются также E. D. Wilson ([14], стр. 380) для сходного с нашим Аризонского месторождения дюмортьерита, причем образование кварца II он ставит в промежуток между дюмортьеритом и пироксилитом.

Далее одновременно с образованием кварца II, преимущественно в фазу I, а частью K гидротермального этапа, происходила кристаллизация целой группы минералов: пирита, пироксилита, серицита и биотита. Очень часто можно наблюдать в кварцитах прожилки и включения кварца, тесно ассоциирующего с перечисленными минералами.

Пирит является несомненно более поздним, чем андалузит, корунд и мусковит, так как он везде явственно замещает их, иногда образуя округлые включения и прожилки. Несколько неясны взаимоотношения его с рутилом и диаспором, поскольку нигде не наблюдался их непосредственный контакт.

Пироксилит часто встречается на границе между кристаллами диаспора и кварца II и вмещающего их андалузита, явственно замещающий последний. Он образует также периферическую кайму во включениях пирита или самостоятельно заполняет мелкие округлые пустотки. В то же время он обычно тесно переплетается с кварцем, пиритом, серицитом и биотитом. Эти факты говорят за то, что пироксилит является несколько более поздним, чем диаспор, кварц II и пирит, но в главных массах одновременен с кварцем, серицитом и биотитом. Образование пироксилита путем метасоматоза андалузита описано в

аналогичных условиях E. D. Wilson ([14], стр. 381; A. Knopf [15], стр. 19; P. F. Kerr [22], стр. 538 и L. F. Yih [26]).

Несколько позднее начала кристаллизации пиропиллита, но в главной массе одновременно происходило образование серицита, вместе с кварцем и пиропиллитом составляющее основную массу кварцитов и прожилки в андалузитовых породах с частичным замещением последних.

Одновременно с серицитом, обычно тесно с ним переплетаясь и образуя часто такие же радиальные агрегаты чешуек, местами кристаллизовалась зеленая слюда, по всем свойствам ничем не отличающаяся от биотита. Она является совершенно свежей, не обнаруживая никаких признаков вторичного изменения, например хлоритизации, столь обычных для биотита. Все это говорит в пользу низкотемпературного гидротермального образования нашего биотита, но так как автору неизвестны подобные случаи, то вопрос о точном установлении природы нашей слюды приходится оставить открытым до более детальных исследований.

Процессы одновременной силицификации, пиритизации, пиропиллитизации, серицитизации кислых эффузивных пород, сопровождающие более поздние интрузии кислых магм, имеют обширную литературу. В наиболее аналогичных с Семиз-Бугу условиях эти процессы описываются C. H. Clapp [28], A. F. Buddington [29], J. L. Stuckey [30], A. Wandke [31] и L. F. Yih [26]. Все перечисленные авторы связывают их с метасоматическим замещением полевых шпатов эффузивов, происходившим в результате деятельности гидротерм. Образование месторождений все авторы согласно считают происходившим в условиях средних температур и давлений, что по W. Lindgren ([32], стр. 598—599) отвечает температурам от 175 до 300°C и давлениям от 140 до 400 ат, т. е. по принятой нами шкале фазы I, отчасти K. Интересно отметить, что J. L. Stuckey [30] намечает ту же последовательность минералообразования, которая установлена и на материале Семиз-Бугу.

Повидимому к этой же фазе минерализации относится также и барит, встреченный в Семиз-Бугу заполняющим центральные части пустот и прожилков в корундовых породах, на стенках которых нарастают кристаллы рутила. По W. Lindgren ([32], стр. 444) барит характерен для мезо- и эпитепмальных месторождений, т. е. для фаз I и K нашей шкалы ([32], стр. 527 и 598), а A. Wandke [31] относит время его кристаллизации позже образования кварца, серицита и пирита.

Заканчивается процесс контактового метаморфизма в Семиз-Бугу образованием алунита и ярозита, замещающих частично ранее образовавшиеся минералы, а также образующие мелкие прожилки и включения.

Алунитизация кислых эффузивов и их туфов известна во многих случаях [33; 28; 26]; в подавляющем большинстве все авторы, описывающие эти месторождения, связывают образование алунита с воздействием гидротерм, сопровождавших интрузии кислых магм, на полевощпатовую часть эффузивов. Время образования алунита относится обычно к самому концу гидротермальной деятельности ([31]; [22], стр. 640); так золото-алунитовые месторождения Goldfield Nev. W. Lindgren ([32], стр. 595) причисляет к группе эпитепмальных месторождений, что соответствует фазе K нашей шкалы.

Но в то же время несомненно, что алунит может быть и гипергенного происхождения, связанного с поверхностным окислением сульфидов в фазу L ([33], стр. 29).

В Семиз-Бугу главная масса алунита несомненно гипротермального происхождения; за это говорит общий ход процессов пневматогидратогенного контактового метаморфизма, в котором в последние фазы существенную роль играла фаза S (парагенезис пирита, барита, алунита и ярозита), равно как и сравнительно крупные размеры кристаллических индивидов. Но в то же время нельзя отрицать и возможности частичного образования алунита в гипергенную фазу.

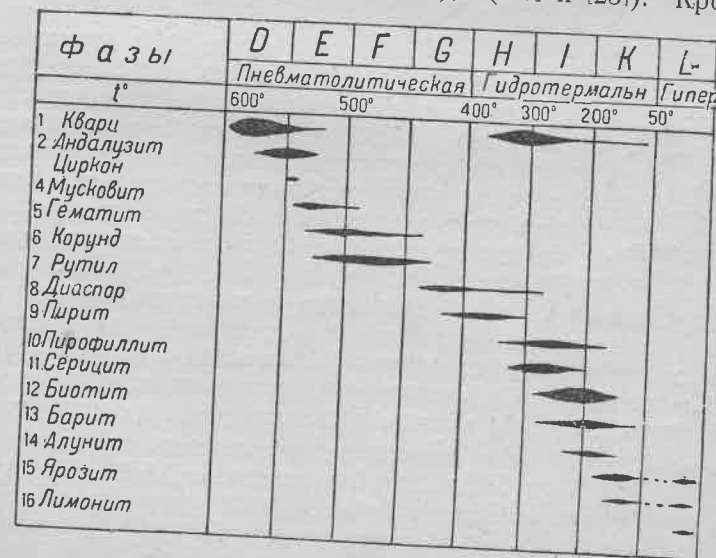
Сказанное выше об алуните целиком распространяется и на ярозит, образование которого в гидротермальную фазу K началось повидимому несколько позже первого.

Наконец в гипергенную фазу L происходила частичная лимонитизация пирита и ярозита.

На основании вышеизложенного последовательность минерализации в Семиз-Бугу можно представить в диаграмме фиг. 4).

Геохимия месторождения. Выше мы пришли к заключению, что контактовый метаморфизм в Семиз-Бугу не являлся чисто термическим, но сопровождался пневматолитом по мере понижения температуры в связи с остыванием и кристаллизацией магматического очага, перешедшего в гидротермы. Большой интерес представляет вопрос о том, какие элементы были привнесены в первичные эффузивные порфиры из магмы и какую роль играли они в образовании месторождения и в процессах кварцитизации порфиров.

В самом месторождении поражает исключительная концентрация Al_2O_3 , доходящая в центральных частях рудных тел (в корундовых породах) до 95—96% ([3], стр. 8); ([20] и [23]). Кроме того в



Фиг. 4. Схематическая диаграмма последовательности минерализации месторождения корунда и андалузита Семиз-Бугу и вмещающих его «вторичных кварцитов» (подчеркнуты главные минералы месторождения)

отдельных участках наблюдается концентрация Fe_2O_3 и K_2O (в мусковито-гематитовых породах).

Но, как мы видели выше, генетически месторождение представляет единое неразрывное целое с вмещающими его «вторичными кварцитами» и поэтому геохимию его также нельзя рассматривать отдельно. В связи с этим для решения вопроса о роли пневматогенеза в контактовом метаморфизме необходимо предварительно обратиться к рассмотрению процессов кварцитизации самих эффузивных порфиров. Сопоставляя химические анализы их с анализами кварцитов, приводимые М. П. Русаковым и Н. И. Наковником ([3], стр. 18), можно сделать следующие выводы:

№№	Породы	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	$\text{H}_2\text{O} +$	$\text{H}_2\text{O} -$	SO_3	Σ
27	Вторичный кварцит без реликт. структуры . . .	84,38	0,11	12,38	0,63	0,43	—	0,56	0,31	0,70	—	0,90	0,19	0,15	100,74
34	То же выветрел. с реликт. структурой . . .	77,69	0,08	15,37	0,51	0,50	сл.	0,16	0,47	2,88	—	2,17	0,16	0,18	100,17
46	То же . . .	68,26	0,14	22,49	0,75	0,41	—	0,24	0,24	5,11	—	2,18	0,17	0,07	100,06
53	Среднее из 27, 34 и 46 . . .	76,78	0,11	16,75	0,63	0,45	—	0,32	0,34	2,90	—	1,75	—	0,13	—
	Эффузивные порфиры . . .	73,80	0,13	14,10	2,28	0,29	0,11	0,32	0,07	4,14	3,66	1,00	—	—	99,90
	Привнесено в порфиры . . .	2,98	—	2,65	—	0,16	—	—	0,27	—	—	0,75	—	0,13	—
	Вынесено из порфиров . . .	—	0,02	—	1,65	—	0,11	—	—	1,24	3,66	—	—	—	—

1. В отношении SiO_2 и Al_2O_3 в среднем наблюдается некоторое увеличение содержания их в кварцитах, что как будто дает возможность сделать заключение о их привносе в порфиры извне, т. е. из магматического очага. К сожалению такого вывода нельзя сделать с полной определенностью, так как нам неизвестен средний состав кварцитов (представленные анализы характеризуют лишь случайные образцы). Если сопоставить только анализ № 27 наиболее кварцитизированной разности с анализом порфира № 53, то получим привнос в порфиры SiO_2 (+10,58%) и вынос из них Al_2O_3 (—1,72%).

Последнее нам кажется более близким к истине, так как вообще контактовые проявления верхнепалеозойских интрузий в этой части Казакстана характеризуются несомненным выносом SiO_2 в боковые породы ([5], стр. 114—115), который в данном случае должен был сопровождаться вытеснением части Al_2O_3 из первичных порфиров.

2. Во всех случаях устанавливается вынос из порфиров при их кварцитизации Fe_2O_3 , достигающий в среднем 1,65%. То же самое констатируется и для щелочей, причем K_2O удаляется только частично, тогда как Na_2O выносится полностью.

3. Совершенно очевиден привнос в порфиры H_2O , выражающийся в увеличении содержания конституционной воды почти в 2 раза, и SO_3 , которая в порфирах совершенно отсутствует.

Резюмируя все вышеизложенное, мы с несомненностью можем констатировать, что контактовый метаморфизм сопровождался приносом лишь следующих элементов: H, O и S. Менее определенно, но все же с достаточной долей вероятности можно то же самое заключить относительно Si.

Наоборот, при кварцитизации порфиров устанавливается вынос из них части Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O и полностью Na_2O .

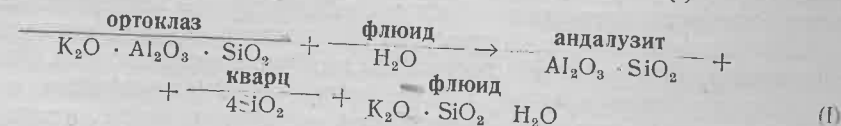
Сопоставляя последний вывод с отмеченной ранее концентрацией в рудных телах месторождения Al_2O_3 , Fe_2O_3 и K_2O , можно сделать как следствие вывод о том, что при метаморфизме порфиров в кварциты удаляемые из первых элементов Al, Fe и K вместе с Si, H и O выносились в зоны наиболее интенсивных разломов, где и концентрировались, образуя андалузитовые, корундовые, мусковитовые и гематитовые породы. Концентрация здесь Al_2O_3 в количестве даже нескольких сот тонн не является невероятной при столь грандиозном охвате метаморфизмом первичных порфиров, как это наблюдается в Семиз-Бугу.

Интересна судьба Na_2O : нацело удаляясь из порфиров, он отсутствует в кварцитах, как нет его и в рудных телах за исключением ничтожных количеств, открываемых в мусковите. Повидимому он обладал при миграции наибольшей подвижностью и нацело удалялся в более высокие горизонты кварцитов, ныне эродированные.

Галлоиды повидимому сопутствовали миграции Si, H, O и S из магмы в незначительных количествах, так как детальное изучение месторождения показывает почти полное отсутствие их содержащих минералов (М. П. Русаков и Н. И. Наковник ([3], стр. 35) указывают на присутствие флюорита).

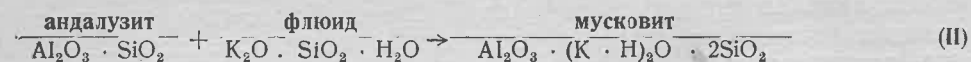
На основании описанной выше последовательности минерализации (фиг. 4) последовательность процессов контактового метаморфизма нам представляется в следующем виде.

Вслед за интрузией гранитной магмы в толщу эффузивных порфиров на глубине около 1500 м от поверхности по мере прогревания последних в контактовой зоне приблизительно до 575° по многочисленным трещинам проникали в порфиры из магмы содержащие Si, O и H флюиды. Воздействуя на порфиры флюиды растворяли их составные части, перенося и переотлагая, частью отлагая вновь, в первую очередь в фазу D, SiO_2 в форме кварца I генерации. Воздействуя на полевошпатовую часть порфиров, флюиды растворяли ее и по мере понижения температуры частью еще в фазу D, частью же в фазу E переотлагали ее вещество в форме андалузита и кварца (I):

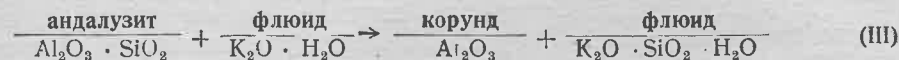


Часть андалузита была отложена в самих кварцитизированных порфирах, большая же часть переносилась теми же флюидами в зоны наиболее интенсивных разломов, где и была сконцентрирована в массы андалузитовой породы. Одновременно с андалузитом аналогичным путем был переотложен циркон. Как можно видеть из (I), в фазу D флюиды обогащались щелочами и по мере дальнейшего понижения

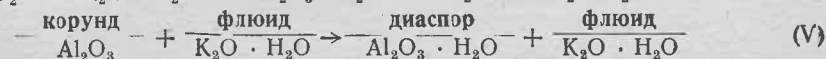
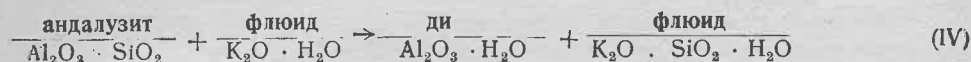
температуры уже в фазу Е; после кристаллизации андалузита такие флюиды воздействовали на него с частичным образованием мусковита:



Для образования мусковита флюиды являлись кислыми, содержа SiO_2 . Но к концу максимума кристаллизации мусковита весь SiO_2 был сброшен ими с образованием кварца I генерации; дальнейшего поступления Si из магмы очевидно не было и флюидальная среда стала исключительно мелочной. В такой среде, начиная с середины фазы Е, началось образование гематита и корунда: первого за счет Fe_2O_3 , выносившейся из порфиоров, корунда же за счет ранее образовавшегося андалузита (III):



Большая часть освобожденного таким образом Al_2O_3 из андалузита оставалась непосредственно на месте, замещая последний с образованием корундовых пород, часть же его переносилась и кристаллизовалась из флюидов с замещением мусковита, образуя корундово-мусковитовые породы. Эти процессы продолжались до середины фазы G, когда по мере дальнейшего понижения температуры под воздействием остатков тех же щелочных флюидов происходило частичное, весьма незначительное по размерам замещение андалузита и корунда диапором (IV и V):



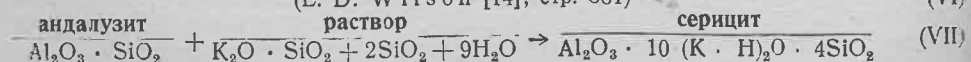
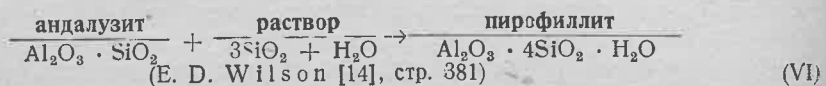
Такое представление об образовании корунда, диапора и гематита в щелочной среде в аналогичной обстановке как будто находит подтверждение себе в опытах М. G. Friedel [24].

В то же время по мере замещения андалузита корундом и диапором во флюиды вновь поступает освобождающаяся при этом SiO_2 , которая по мере концентрации начинает в фазу H ниже критической точки воды сбрасываться термами в форме кварца II генерации.

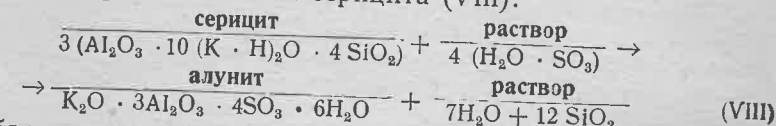
Параллельно этому в фазы G, H и происходят перенос и регенерация флюидами и термами SiO_2 в форме рутила.

Приблизительно с начала гидротермальной фазы по мере насыщения SiO_2 среда вновь из щелочной становится кислой; к этому моменту из магматического очага в контактовую зону начинает поступать S (повидимому в форме H_2S) которая вместе с извлекаемым термами из порфиоров Fe дает начало образованию пирита.

Эти же содержащие SiO_2 термы преимущественно в фазу I воздействуя на андалузит, приводят к частичному замещению его пиррофиллитом (VI) или серицитом (VII):



Далее, с конца фазы I, растворы продолжали выносить S из магмы, но уже в форме SO_3 . Вынос серной кислоты приходится связывать непосредственно с магмой, отнюдь не с окислением H_2S , нисходящими холодными растворами, так как трудно ожидать проникновения последних на глубину 1—1,5 км, на которой происходит контактовый метаморфизм ([33], стр. 26). Сернокислые термы, соединяясь с Ba, содержащимся в порфирах, образовали барит, и позже, в фазу I, воздействуя на ранее образовавшиеся минералы, дали начало образованию алунита и ярозита. Так образование алунита могло идти за счет обработки серной кислотой серицита (VIII):



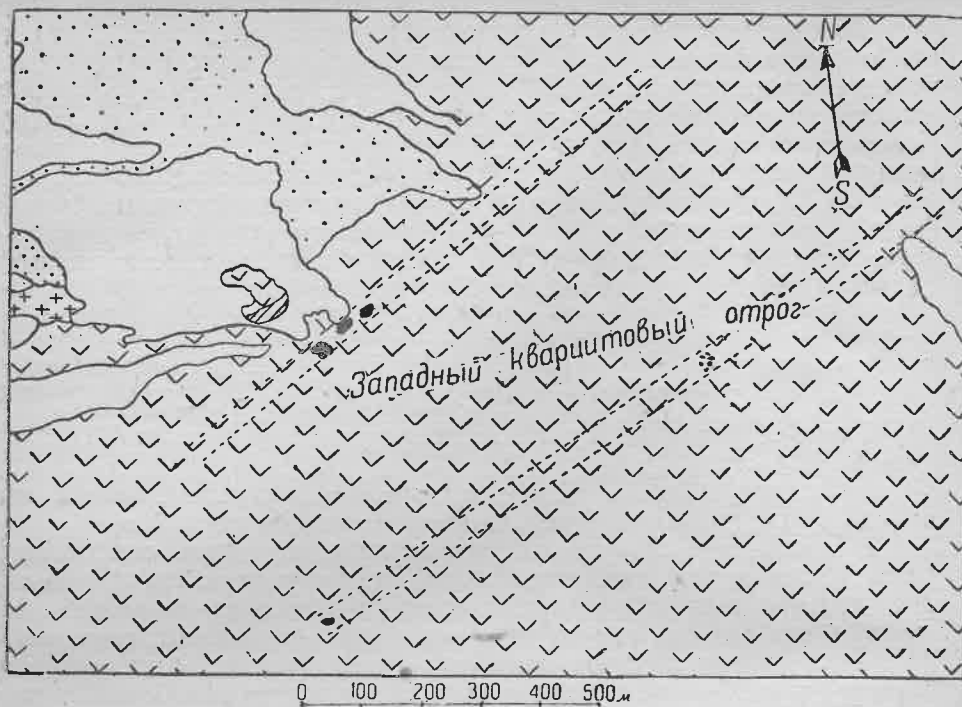
Такое образование алунита за счет серицита указывает А. Н. Завадрицкий ([23], стр. 591).

Частичное образование алунита, ярозита и лимонита можно связывать с гипергенными процессами за счет окисления пирита.

В заключение следует остановиться еще на одном любопытном факте. Рассматривая минералогический состав рудных тел можно видеть, что они состоят преимущественно из минералов пневматолитической фазы с очень слабым развитием гидротермальных минералов. Объяснение этому вероятно нужно искать в большей подвижности флюидов, выносивших в зоны разломов эти минералы с больших глубин по сравнению с термами, которые этих горизонтов достигали уже в незначительных количествах.

Генезис месторождения. Резюмируя все вышеизложенное можно заключить, что само месторождение и вмещающие его кварциты обязаны контактовому метаморфизму эффузивных порфиоров, интродуцированных гранитной магмой. Формирование месторождения происходило на глубине около 1,5 км от поверхности при постоянном гидростатическом давлении, сопровождавшемся до начала минерализации боковым давлением; последнее обусловило смятие порфиоров с образованием в них многочисленных трещин и зон разломов. Минерализация связана с термическим прогреванием порфиоров и проникновением в них горячих флюидов и позже терм, выносивших из магмы Si, O, H и позже S. Контактный метаморфизм порфиоров и образование рудных тел происходили при температуре не выше 600° (575°) при постепенном ее понижении вследствие застывания и кристаллизации магматического очага. Ороговикование порфиоров сопровождалось пневматолитической миграцией элементов самих порфиоров с выносом части их в более высокие горизонты по зонам разломов и перетолжением здесь с образованием слагающих месторождение андалузитовых и корундовых пород.

В основном весьма близко к такой интерпретации генезиса месторождения подходят в своих воззрениях М. П. Русаков и Н. И. Наковник ([3], стр. 35), считая месторождение связанным с пневмато-гидарогенной переработкой порфиоров, сопровождавшей интрузию гранитной магмы. Авторы совершенно справедливо отмечают образование корунда за счет андалузита, ошибочно принятого ими за каолин. Эта ошибка повлекла за собой целый ряд осложнений во всей дальнейшей трактовке ими генезиса месторождения, в частности заставив авторов предполагать повторное оживление поствулканических процессов или



- | | |
|--|---|
| | Интрузивные гранито-сиениты, гранито-порфиры, микрограниты (g-gr) |
| | Эффузивные порфиры и их туфо-брекчии (pt) |
| | «Вторичные кварциты» (sq) |
| | Корундовые породы (коренные) (cr) |
| | Доломит (d) |
| | Доломитовая россыпь корунда (dc) |

связывать отдельные фазы минерализации с одновременными интрузиями, для чего нет решительно никаких оснований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наличие в Семиз-Бугу в тесной ассоциации с корундом андалузитовых пород высокого качества, состоящих местами почти нацело из одного андалузита, и их значительно большая распространенность по сравнению с корундовыми породами придают большой интерес месторождению как источнику не только корунда, но и высококачественного андалузита.

Андалузит для промышленных целей добывается в САСШ в весьма сходном во всех отношениях с Семиз-Бугу, но находящемся в несравненно более трудных для эксплуатации условиях месторождении в Mono County в Калифорнии. Это месторождение разрабатывается с 1920 г. и имеет уже свою литературу [18, 19, 20, 21 и 22]. Андалузит применяется для изготовления особо ответственных огнеупоров и изоляционных фарфоров, особенно же в производстве запальных свечей Champion ([21], стр. 464). Для того чтобы показать ценность этого

нового для СССР полезного ископаемого, достаточно указать, что J. Melhase [20] подсчитывает себестоимость 1 т кускового андалузита в Детройте (стоимость добычи и фрахта) в 43 долл., а P. F. Kerr ([22], стр. 617) сообщает, что несколько мелких партий его было продано по цене 100 долл. за 1 т. Определенной цены на породу не существует, так как главным потребителем сырья является сама владеющая рудником Champion Sillimanite, Inc.

Высокое качество андалузита Семиз-Бугу, не уступающего калифорнийскому, и крупные его запасы в месторождении позволяют уже сейчас при малой изученности этого вопроса с определенностью утверждать несомненное крупное значение месторождения как источника не только высококачественного корунда, но и андалузита.

В то же время, как вытекает из генезиса месторождения, при его дальнейшей разведке на андалузит как на глубину, так и в новых пунктах несомненно будут обнаружены ею и новые тела корундовой породы. Комплексная эксплуатация корунда и андалузита позволит значительно понизить стоимость добычи, а следовательно и стоимость обоих ископаемых.

Имеются данные утверждать, что при специально поставленных поисках на андалузит как в пределах массива «вторичных кварцитов» горы Б. Семиз-Бугу, так и на многочисленных других массивах Казахских степей будут открыты новые его месторождения, в которых можно ожидать и новых находок корунда. Такую широкую распространенность андалузита в кварцитах вне Семиз-Бугу отмечают Н. И. Наковник, Е. М. Янишевский и Н. И. Николаев ([8], стр. 1542).

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Русаков и Н. Наковник. Корундовое месторождение Семиз-Бугу в Киргизской степи. «Изв. Геолкома» т. 46, № 3, XVI, стр. 281—298, 1927, Л. 1927.
2. М. Русаков и Н. Наковник. Корундовый рудник Семиз-Бугу в Киргизской степи, «Горн. журн.» № 3, стр. 262—271, 1929.
3. М. Русаков и Н. Наковник. Корундовые месторождения Казахской степи (Семиз-Бугу и Калак-Тас). «Труды ГГРУ» вып. 87, стр. 42, М.—Л. 1932.
4. М. П. Русаков. К вопросу о наличии надвигов и сбросов в восточной части Киргизской степи. «Изв. ГГРУ» XLIX, № 2, стр. 1—24, 1930.
5. Н. Г. Кассин. Общая геологическая карта Казахстана. Описание Баянаульского и Верхнегидертинского листов. «Труды ГГРУ» вып. 110, 1931.
6. Н. Г. Кассин. Проявления вулканизма в северном Казахстане. «Изв. ВГРО» т. I, вып. 83, стр. 1225—1241, 1931.
7. М. П. Русаков. «Вторичные кварциты» и «Porphyry-copper» Киргизской степи. «Вестник Геолкома» № 3, стр. 21—28, 1925, Л. 1926.
8. Н. И. Наковник, Е. М. Янишевский и Н. И. Николаев. К вопросу об изучении так называемых «вторичных кварцитов» Казахской степи. «Изв. ВГРО» т. I, вып. 100, стр. 1541—1544, 1931.
9. Tsutomu Ogura. Contact-metamorphism by syenite-gneiss in the Laotieh shan district near Ryojun, South Manchuria. «Mem. of the Ryojuh. Coll. of Eng.», v. V, № 3-A, p. 133—186, 1932.
10. R. Brauns. Die kristallinen Schiefer des Laacher Seegebietes und ihre Umbildung zu Sanidinit, 1911.
11. П. Еремеев. Описание андалузита из русских месторождений. «Горн. журн.» т. IV, стр. 57—72, 1863.
12. В. А. Гаврусевич. Материалы к минералогии гранитных пегматитов верховьев р. Ляйляк. «Труды Памирской экспедиции» IV (14), стр. 131—143, 1930.
13. A. Krejci. Nachträge zu den Piseker Mineralien. «Sitz.-Ber. d. k. böhm. Ges. d. Wiss.» 35, S. 7, 1902.
14. E. D. Wilson. An occurrence of dumortierite near quartzsite, Arizona. «The Amer. Mineralog.» v. 14, № 10, p. 373—381, Oct. 1929.

15. A. Knopf. Geology and ore deposits of the Rochester district, Nevada, USGS, Bull. 762, 1924.
16. E. E. Faibanks. Dumortierite from Nevada. «The Amer. Mineralog.» v. II, № 4, p. 93—96, Apr. 1926.
17. A. B. Peck. Dumortierite as a commercial mineral. «The Amer. Mineralog.» v. II, № 4, p. 96—101, Apr. 1926.
18. A. Knopf. An andalusite mass in the pre-cambrian of the Ihyo range, California. «Journ. Wash. Acad. Sci.» № 18, № 7, Nov. 4 1917 (цитировано по J. Melhase. [20]).
19. A. B. Peck. Note on Andalusite from California: a new use and some thermal properties. «The Amer. Mineralog.» v. 9, № 6, p. 123—129, June 1924.
20. J. Melhase. Andalusite in California with other rare minerals, it has now become of commercial importance. «Eng. and Min. Journ.-Press.» v. 120, № 3, p. 91—94, 1925.
21. J. A. Jeffery and C. D. Woodhouse. A note on a deposit of andalusite in Mono County, California: its occurrence and technical importance. «Mining in California» v. 27, № 3, p. 459—464, 1931.
22. P. F. Kerr. The occurrence of andalusite and related minerals at White mountain, California. «Econ. Geol.» v. 27, № 7, p. 614—643, Nov. 1932.
23. А. Н. Заварицкий. Гора Магнитная и ее месторождения железных руд. «Труды Геолкома» вып. 122; вып. 1—текст, ч. 3, 1927.
24. M. G. Friedel. Production du corindon et du diaspore par voie humide en liqueur alcaline. «Bull. d. l. Soc. Franc. de Minéralogie» t. 14, p. 7—10, 1891.
25. A. Lacroix. «Minéralogie de la France» t. 1, 1893—1895.
26. L. F. Yih. The alunitization and pyrophyllitization of the rhyolite and tuff in some maritime districts of south-eastern China. Acad. Sinica. «Mem. of the Nat. Research Inst. of Geol.» № 11, p. 1—58, 1931.
27. В. С. Коптев-Дворников и Е. А. Кузнецов. Борзовское месторождение корунда. «Труды ИПМ» вып. 47, 1931.
28. C. H. Clapp. Alunite and pyrophyllite in triassic and jurassic volcanics at Kyūquot Sound, British Columbia. «Ec. Geol.» v. X, № 1, p. 70—88, 1915.
29. A. F. Buddington. Pyrophyllitization, pinitization and silicification of rocks around Conception bay, New Foundland. «The Journ. of Geol.» v. 24, p. 130—152, 1916.
30. J. L. Stuckey. The pyrophyllite deposits of the deep river region of north Carolina. «Ec. Geol.» v. XX, p. 442—443, 1925.
31. A. Wandke. The caridad mine, Sonora, Mexico. «Ec. Geol.» v. XX, № 4, p. 311—318, 1925.
32. W. Lindgren. Mineral deposits. 3-th ed., 1928.
33. B. S. Butler and H. S. Gale. Alunite a newly discovered deposit near Marysville, Utah. USGS, Bull. 511, 1912.

Ленинград, ЦНИГРИ

(Рукопись поступила 19/VI 1933 г.)

On the genesis of the Semis-Bugu deposit corundum and andalusite (Kasak ASSR) and the „secondary quartzites“ containing it

The Semis-Bugu corundum deposit situated in the Kasak ASSR, 300 km south-east of Pavlodar, occurs within a broad contact zone of secondary quartzites (sq) extending between the granite and grano-diorite batholith (d) of variscean age and the devonian effusive porphyries and their tuffs (p) (fig. 1). The porphyry series is slightly dislocated by the variscean folding and underlies conformably the shales and sandstones C_1 and the tufaceous sandstones and limestones C_1D_3 (st). The intrusion of granite was accompanied by the formation of a series of veins of microgranites and granite porphyries (gp) and a strong deformation of effusive porphyries, the pneumatolytic contact metamorphism of which was connected with the formation of „secondary quartzites“. The „secondary quartzites“ (table 1, figs 1 and 2) possess a cherty structure; they consist of quartz, sericite, biotite, andalusite, pyrite, pyrophyllite, alunite with subordinate rutile, diaspore, jarosite, corundum, zircon and apatite.

The deposits represent two parallel zones of fracture striking through the quartzites in north-eastern direction (table 2). Along these zones occur separate lenses of andalusite-corundum rocks. The size of these lenses reaches 50 meters and more. The structure of the ore-bodies constantly displays zonality (figs 2 and 3). The outer zone, from 1—2 to 10 m thick consists of andalusite rock (ar) made up essentially by andalusite (up to 95 per cent) and smaller amounts of quartzite, muscovite, corundum with subordinate rutile, zircon, diaspore, pyrophyllite, pyrite and alunite (table 1, figs 3 and 4). The central parts of the ore bodies, up to 35 m in size, consist of corundum-muscovite and pure corundum rocks (cr) of the following composition: corundum (up to 95 per cent), muscovite, sometimes hematite, rarely rutile, diaspore, zircon and pyrite. (table 1, figs 5 and 6). Quartzites, andalusite and corundum rocks grade into each other. Their structure is typically metasomatic. The sequence of mineralization in quartzites and in the ore bodies is the same (fig. 4) (a) pneumatolite phase: 1) quartz of the first generation, 2) andalusite, 3) zircon, 4) muscovite, 5) hematite, 6) corundum, 7) rutile; (b) hydrothermal phase: 8) diaspore of the first generation, quartz of the second generation, 9) pyrites, 10) pyrophyllite, 11) sericite, 12) biotite, 13) barytes, 14) alunite, 15) jarosite; (c) hypergenic phase: 16) limonite.

The deposits and the containing quartzites are closely related genetically, being a product of pneumatolytic contact metamorphism of effusive porphyries produced by the intrusion of granite magma. The metamorphism took place at the depth of 1,5 km and at a temperature below 600° (575°); it is due to thermal heating of porphyries and to the intrusion of superheated magmatic fluids. The latter carried Si and large quantities of H and O; they brought along the quartzitization of porphyries; decomposing the feldspatic parts of the latter, they precipitated Al_2O_3 and SiO_2 as andalusite and quartz, carrying much of the former into the zones of the most intense fracturing. By means of similar fluidal migration FeO_3 , K_2O and Na_2O were carried away from the porphyries with the resulting formation of muscovite and hematite. Corresponding to the deposition of SiO_2 as quartz of the first generation, the fluids gradually became alkaline and acting upon the earlier formed andalusite, replaced the latter by corundum, then later and in a smaller proportion, by diaspore. The freed SiO_2 , which became free in this process, was again deposited during the hydrothermal phase as quartz of the second generation. From that moment the hot solutions began to carry S out of the magma basin, first in the form of H_2S with the formation of pyrites, later as H_2SO_4 with precipitation of barite, alunite and jarosite. During the phase I and K, the processes of pyrophyllitization, sericitization and biotitization took place.

The sequence of the processes of mineralization wholly depends on the gradual falling of the temperature and on the change in the composition of fluids and hot solutions in the contact zone, connected with the cooling and crystallization of magma.

О находке триасовой фауны на Сахалине

А. Криштофович

В вышедшей недавно статье М. Йошии, Ш. Тояма и Т. Сугияма¹ сообщается интересный факт нахождения на Сахалине ракушек *Pseudomonotis* (*Claraia*), характерной окаменелости нижнего триаса. Как известно, на Сахалине до настоящего времени известны только слои четвертичного, третичного, мелового и палеозойского возрастов, неизвестно, какой системы провизорно сравниваемые со свитой Чичибу северной Японии, и потому находка триасовых окаменелостей представляет большой интерес и является совершенной неожиданностью. Однако находка сделана не в коренном месторождении, а в валунах берегового обнажения четвертичных осадков, на берегу залива Эхаби на восточном побережье острова.

Образец кордиеритового сланца с отпечатками *Pseudomonotis* (*Claraia*) был найден среди береговых валунов залива или вернее береговой лагуны малой Эхаби. Здесь на неогеновых отложениях залегают диагонально-слоистые песчаные образования с многочисленными валунами как гранита, также породы пока на Сахалине неизвестной в коренных выходах, так и породы, литологически сходной с образцом, содержащим окаменелости. Однако образец с *Claraia* был взят не из обнажения, а уже из берегового накопления. Однако даже вопрос о происхождении валунов в песках еще неясен. Происходят ли эти породы, гранит и кордиеритовый сланец, из каких-либо еще неизвестных нам коренных выходов на самом острове или же они доставлены льдами, морскими или материковыми, как высказывает догадку и автор этой части статьи Ш. Тояма, с противоположного азиатского берега или, как я думаю, из Охотского края, что уже ранее говорилось в отношении вероятности происхождения сахалинских гранитных валунов.

Вероятное охотское происхождение плитки с отпечатками *Claraia* косвенно подтверждается следующим обстоятельством, видимо оставшимся неизвестным авторам статьи. Указывая 10 видов рода *Claraia* из анизийского и скифского ярусов Азии, преимущественно Тимора, Гималаев и южного Китая, они упоминают лишь один вид *Claraia cf. autria* у Hauer из Сибири, имея очевидно в виду находку его П. В. Виттенбургом из материалов с р. Ус в Западном Саяне, но не упо-

¹ M. Yossii, S. Toyama, T. Sugiyama. Cordierite slate with *Pseudomonotis* (*Claraia*) found among the shore boulders of the lagoon Little Ehab on the east coast of north Sakhalin. «Japanese Journ. of Geology and Geography» v. X, № 3—4, p. 99—105 with 1 pl. 1933.

миная о *Claraia claraia* или *Pseudomonotis clarai*, Em m r. с Охотского берега между Охотском и Ямском.

Авторы не определяют точно свою *Claraia* с Сахалина, лишь указывая на некоторое ее сходство с *Claraia tridentina* Bittner из южных Альп и *Claraia griesbachi* var. *concentrica* vabe из Южного Китая. Возможно, что сахалинский экземпляр был принесен в числе других валунов как раз Охотского берега, с пространства между Ямском и Охотском, где развиты скифские слои с *Pseudomonotis clarai*. Конечно не исключена возможность, что триасовые отложения могут оказаться и на Сахалине или в области еще слишком мало исследованного Восточного хребта, в его части, представляющей состоящей лишь из палеозойских пород, или же может быть на полуострове Шмидта, представляющем на небольшой площади пестрый калейдоскоп различных геологических образований. То же можно сказать и относительно валун гранита, рассеянных по восточному берегу у Сахалина, так как категорически высказываться за его приносное происхождение вряд ли приходится. Все это говорит о необходимости еще более тщательных и углубленных исследований о. Сахалина.

Ленинград, ЦНИГРИ

(Рукопись поступила 25/VII 1933 г.)

О тихоокеанской (мезозойской) эпохе складчатости

О. С. Вялов

В истории земли с начала палеозоя, как известно, обычно различают три эпохи складчатости: каледонскую, варисцидскую (или герцинскую) и альпийскую. В течение мезозойской эры также имело место проявление нескольких тектонических фаз может быть не весьма, или не везде интенсивных, но имеющих иногда региональное значение и пользующихся широким распространением. Эти мезозойские проявления складчатости обычно не считают особой эпохой, а относят частью к затухающим варисцидам, частью к возникающим альпидам.

Вместе с тем деление истории земли принято на палеозой, мезозой и кайнозой, причем каждая из этих эр носит свои характерные черты во всех отношениях. С такой точки зрения вряд ли правильно проявление складчатости в мезозое считать не мезозойским, а относить частью к палеозою, частью к кайнозою. Логичнее мезозойскую складчатость выделить в особую эпоху. В таком случае становятся ясными границы отдельных эпох складчатости, получаются более правильная номенклатура и большее соответствие с принятыми искусственными подразделениями истории земли. Правда, в палеозое выделяют две эпохи складчатости — нижнепалеозойскую и верхнепалеозойскую, но это вполне соответствует гораздо большей длительности палеозоя по сравнению с мезозоем и кайнозоем.

Может быть приведенные соображения носят несколько формальный характер, но они вызваны логической необходимостью. Однако и по существу мезозойской складчатости приходится придавать большее значение, чем это обычно делалось до сих пор.

В предыдущей своей заметке, посвященной установлению андийской фазы складчатости в западном Туркменистане¹, я дал краткий обзор ее распространения в соседних областях. Оказалось, что андийская фаза играет крупную роль в геологической истории Кавказа. Эта же фаза имеет ясное проявление в Крыму, в северной Персии, западном Туркменистане, Мангышлаке и Урало-эмбенском районе. К тому же предтитонскому времени относятся тектонические движения синорогенического характера в пределах Русской платформы.

¹ О. С. Вялов. О проявлении андийской фазы складчатости в западном Туркменистане. «Изв. ВГРО», т. I, № 85, 1932.

В другой заметке² я собрал по литературным данным фактический материал, показывающий, что андийская фаза распространена и дальше на востоке, в пределах Средней Азии (в Бухаре, Фергане и на Памире). Для северных частей Средней Азии еще слишком недостаточно данных, но имеющиеся сведения позволяют предполагать даже в северных дугах Туркестана проявление если не андийской, то одной из более позднейших, но все же мезозойской фазы.

По восточному склону Урала все известные выходы юрских пород оказываются сильно дислоцированными, тогда как верхнемеловые и третичные лежат почти строго горизонтально. Андийской фазой не ограничиваются движения в некоторых из перечисленных областей. Так на Кавказе можно считать установленными следующие фазы³: либинскую, древнекиммерийскую, донецкую, андийскую (или юннокиммерийскую), австрийскую, субгерцинскую, лярмийскую. Большинство этих фаз входит в сводку Н. Stille⁴, из которой можно видеть достаточно широкое распространение многих из них. Для востока — Азии, Монголии и Китая — мы находим весьма точные и определенные сведения в китайской литературе⁵. Эти сведения суммировал W. H. Wong, установивший следующие фазы складчатости⁶:

- At the end of jurassic or beginning of cretaceous period of gentle folding.
- Within the lower cretaceous volcanic activities and continued feeble folding.
- In the upper cretaceous in tense folding.

Все эти фазы входят в состав инешаньской складчатости Yenshan movement, выделенной Wong⁷. Распространение отдельных фаз, охватываемое весьма значительным, указал V. Ting (loc. cit. p. 170):

„Phase I. Tonkinian-Junnon.

Phase II. N. China. Mongolia. Thenshan. Central Asia, Chinese coast.

Phase III. Central and S. China-Mongolian border“.

Прибавим сюда чрезвычайно интенсивные мезозойские движения в ангарской геосинклинали.

В последнее время все чаще и чаще в литературе появляется упоминание о киммерийской складчатости. Этот термин, как известно, предложенный еще Зюссом, различными авторами применяется в разном толковании. Некоторые под именем киммерийской понимают только юрскую складчатость, другие распространяют его на всю мезозойскую складчатость. Я не считаю возможным оставить для всей мезозойской складчатости название киммерийской во-первых, вслед-

² О. С. Вялов. Проявление мезозойской складчатости в Средней Азии (рукопись).

³ А. П. Герасимов. Обзор современных данных по геологии Северного Кавказа. «Изв. Геолкома» т. XLVII, № 4, стр. 327—360, 1928.

В. П. Ренгартен. Тектоническая характеристика складчатых областей Кавказа. «Труды III всесоюзного съезда геологов» т. II, стр. 179—213, 2 табл., Ташкент 1930.

⁴ Н. Stille. Grundzüge der vergleichenden Tektonik. S. 1—441, 14 Fig. Berlin 1924.

⁵ Впервые я узнал об этом из лекции Д. И. Мушкетова по региональной геотектонике в Горном институте.

⁶ W. H. Wong. Etude tectonique de la region de Peipiao et ses environs. «Bull. of Geol. Survey of China» № 11, p. 14, 1928.

⁷ Yenshan is the name usually given to the ranges north of Peking in chinese geography. W. H. Wong. Crustal movements and igneous activities in eastern China since mesozoic time. «Bull. of Geol. Soc. of China» v. VI, № 1, p. 13, 1927. Цитирую по

V. K. Ting. The orogenic movement in China. «Bull. of Geol. Society of China» v. XIII, № 2, p. 165, 1929.

ствие указанных только что разногласий в понимании этого термина, который первоначально применялся только для юрских тектонических движений, а во-вторых потому, что название киммерийская складчатость логически скорее связывается с Киммерийским ярусом. Н. Stille разделяет юрские движения на древнекиммерийскую фазу (между триасом и юрой) и южнокиммерийскую (дотитонскую). Оба эти термина по указанным причинам являются неудобными, тем более что можно считать доказанными наличие промежуточной—донецкой фазы⁸. Вместо названия юнониммерийская фаза следует оставить вошедший в литературу термин «андийская фаза» («Argand»). Название древнекиммерийская фаза я предлагаю заменить термином «мангышлакская фаза», ибо на Мангышлаке соответствующие движения выражены весьма ясно.

Что же касается названия для обозначения всей мезозойской эпохи складчатости, то оно может быть легко выведено из следующих слов, цитируемых по прекрасной работе W. H. Wong⁹.

W. H. Wong усматривает в восточной Азии наличие четырех главных тектонических движений: „Tsinling or haercynion (end of palaeozoic). Yenshan movement (late or end of jurassic). Nanling or himalayan movement (mid-tertiary Lungshau movement (late-tertiary)“.

„Of these four movements the Yenshan movement of pre-cretaceous age seems to be the most general one in eastern China. In any case the pre-cretaceous unconformity is the only important structural discordance in the whole succession of palaeozoic, mesozoic and early tertiary formations. It is so with north and Central China. The same unconformity is found below the Kienteh sandstone and porphyry in Chekiang and below the Repulse Bay volcanic series in Hong-Kong. If we compare that with the jurassaid in western Canada, the Laramide movement of the Pacific coast of America and the pre-cretaceous unconformity in Japan already referred to we are compelled to the conclusion that the Yenshan movement is really a general and characteristic feature of the Pacific basin a pan-pacific revolution of the first importance to the tectonic study of this part of the world“.

(«Из этих четырех движений неншаньское движение домелового возраста кажется наиболее значительным в восточном Китае. В некоторых случаях домеловое несогласие является единственным значительным структурным несогласием во всей последовательности палеозоя, мезозоя и раннего кайнозоя. Это имеет место в северном и центральном Китае. То же несогласие найдено ниже песчаников Kienteh и порфиристов в Чекионге и ниже вулканической серии Repulse Bay в Гонгконге. Если мы сопоставим его с юрскими движениями в западной Канаде с ларамийской фазой на тихоокеанском побережье Америки и с уже отмеченным домеловым несогласием в Японии, мы принуждены будем прийти к выводу, что неншаньское движения в самом деле являются общей и характерной чертой Тихоокеанского бассейна, пан-пацифической революцией первой важности для тектонического изучения этой части земного шара»).

Итак, считая необходимым выделение особой мезозойской эпохи складчатости, я предлагаю для нее название Тихоокеанской (в литературе это название Pacific уже встречалось) эпохи складчатости.

⁸ А. П. Герасимов. Обзор современных данных по геологии Северного Кавказа. «Изв. Геолкома» т. XVII, № 4, 1928.

⁹ W. H. Wong. Crustal movements and igneoactivities in eastern China since mesozoic time. «Bull. of Geolog. Society of China» vol. VI, № 1, p. 32, 1927.

В. Белоусов. К вопросу о геологических условиях гелиеносности «ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ» № 8, 1933, стр. 81

В статье подробно освещено малоизвестное свойство гелия. Автор считает, что наука о гелии как об ископаемом веществе должна быть выведена из пределов химии на более широкую геологическую дорогу. Указана наиболее целесообразная методика поисковых работ на гелий.

Линия отреза

Н. Г. Киссин. Диаграмма геологических процессов

«ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ» № 8, 1933, стр. 104

В статье подробно изложено построение геологической диаграммы, ее применение и для примера кратко описана диаграмма для Центрального Плато Казакстана.

Линия отреза

П. Н. Чирвинский. Палеогидрогеология

«ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ» № 8, 1933, стр. 107

Автор поднимает вопрос о необходимости освещения вопросов гидрогеологии в разрезе всей геологической истории. Автор дает для такой гидрогеологии термин „палеогидрогеологии“.

Линия отреза

К. Озеров. К генезису месторождения корунда и андалузита Семиз-Бугу (Казакская АССР) и вмещающих его «вторичных кварцитов»

«ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ» № 8, 1933, стр. 123

В статье дано геологическое описание месторождения корунда и андалузита. Разобрана схема минералогенеза „вторичных кварцитов“, корунда и андалузита.

Линия отреза

А. Криштофович. О находке триасовой фауны на Сахалине

«ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ» № 8, 1933, стр. 154

Автор знакомит читателей о находке триасовых окаменелостей на берегу залива Эхаби, на восточном побережье Сахалина. Так как находка сделана не в коренном месторождении, а в валунах берегового отложения четвертичных осадков, то автор считает необходимым тщательное и углубленное исследование острова.

Линия отреза

О. С. Вялов. О тихоокеанской (мезозойской) эпохе складчатости.

«ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ» № 8, 1933, стр. 156

Автор высказывает соображения о выделении мезозойской складчатости в особую эпоху и считает, что это вызвано логической необходимостью. Автор придает мезозойской складчатости большое значение и предлагает для нее название «Тихоокеанской эпохи складчатости».

Линия отреза

В целях рационального использования материала, помещаемого в журнале, редакция вводит в каждом номере страничку аннотаций на основные статьи, помещенные в данном номере.

Аннотации следует вырезать и, наклеив на карточку, поместить в картотеку.

Редакция

V. Belousov. The problem of the geological conditions for the occurrence of helium
«PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY» № 8, 1933, p. 81

The author describes in this article the occurrences of helium in America and Europe. Giving an analysis of the conditions necessary for the occurrence and concentration of the helium, the author draws attention to the relation between the occurrence of helium and the tectonic structure of the region.

Cut through this line

N. G. Kassin. The diagram of geological processes
«PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY» № 8, 1933, p. 104

The article deals in detail with the construction of a geological diagram and as an example gives a brief description of a diagram for the Central plateau of Kasakstan.

Cut through this line

K. Oserov. On the genesis of the Semis-Bugu deposit of corundum and andalusite (Kasak ASSR) and the «secondary quartzites» containing it
«PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY» № 8, 1933, p. 152

A geological description of the deposit of corundum and andalusite is given in this article. It discusses also a scheme of mineral genesis of «secondary quartzites», corundum and andalusite.

Cut through this line

P. N. Tchirvinsky. Paleohydrogeology
«PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY», № 8, 1933, p. 107

The author points out the necessity of discussing hydrogeological questions in relation to the whole geological history. The author gives to such view of hydrogeology the name of «paleohydrogeology».

Cut through this line

A. Krishtofovitch. On the discovery of triassic fauna on the isle of Sakhalin
«PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY» № 8, 1933, p. 154

The author makes the readers acquainted with the discovery of triassic fossils on the shore of the Ekhabay-bay, on the eastern coast of the isle of Sakhalin. As the discovery has not been made within a primary deposit, but among the boulders of the littoral deposit of quaternary sediments, the author believes in the necessity of a thorough and detailed exploration of the island.

Cut through this line

O. S. Vialov. On the Pacific (mesozoic) epoch of folding
«PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY» № 8, 1933, p. 156

The author expounds his point of view about assigning the mesozoic folding to a separate epoch; he believes that this is called forth by a logical necessity. The author attributes a great significance to the mesozoic folding and suggests for it the name of «Pacific epoch of folding».

Cut through this line

In order to rationalise the use of the material, contained in this magazine the Editorial office aids to each issue a page of annotations on the different articles. These annotations are to be cut out and when pasted on cardboard, they can be used as a card catalogue for this magazine. *Edit.*