

Проблемы
Советской геологии
1933, том 2, № 5

Проблемы геологии территории Большого Днепра

Д. Н. Соболев

Не ставя перед собой задачи дать общую характеристику строения всей территории Б. Днепра и не останавливаясь на деталях, мы в настоящей статье имеем в виду отметить лишь наиболее крупные геологические проблемы, отчасти еще не решенные, стоящие перед нами на территории Б. Днепра. Имея геоморфологический подход к решению этой темы, мы в этом геоморфологическом аспекте попытаемся коротко осветить названные проблемы.

Геоморфология каждой страны складывается из двух моментов: из структуры и из скульптуры. Начнем с характеристики проблем, касающихся структуры страны, т. е. ее стратиграфии, литологии и архитектоники.

Будем идти в стратиграфическом порядке от древнейших геологических образований. Прежде всего чрезвычайно важной проблемой не только теоретической, но и практической является проблема кристаллического фундамента всей территории Б. Днепра не только в отношении условий залегания (глубины залегания в отдельных бассейнах и высоты поднятия на отдельных выступах), но прежде всего в отношении стратиграфии.

Не останавливаясь детально на докембрийских породах, отметим, что вопросы их стратиграфии имеют крупное значение, во-первых, чисто геологическое, а затем и практическое. Укажем хотя бы на один момент, который всем понятен, и который будет иметь важное практическое значение. Сколько у нас в докембрийских породах рудоносных серий: одна — криворожская, или саксаганская, как мы ее называем, или еще другая, так называемая тетеревская, к которой относят железные месторождения Корсак-могилы. Раньше мы думали, что она относится к саксаганской. Теперь акад. Свительский, может быть не без основания, высказывает предположение, что эта серия относится не к саксаганской, а к той серии, которая мною называется тетеревской.

Не задерживаясь совершенно на проблеме кембрийских и ордовичских отложений, нельзя не остановиться на проблеме девона, которая для территории Б. Днепра, для всего Североукраинского бассейна, имеет большое значение. Эта большая проблема заключается в том,

что мы не знаем возраста наиболее глубоких геологических образований, которых мы в Североукраинском бассейне, в частности в Харькове и в Киеве, достигли. В прежнее время говорили просто, что это — девон. Но мы до сих пор не можем сказать с уверенностью, что собой представляет так называемый девон или красноцветная толща: является ли она действительно девоном или может быть это более молодые, например пермские, образования, как предполагает Синцов, а может быть, даже нижний мел. Это проблема не только теоретическая, а имеющая крупное практическое значение, так как при теоретической и практической разработке проблемы Б. Днестра важное значение имеет не только то, что мы об этой территории знаем, но и указания на то, что нам в отношении этой территории неизвестно. То или иное решение этой проблемы в корне меняет наши представления о строении Североукраинского бассейна и ведет к совершенно различным гео-экономическим прогнозам и перспективам.

Так, эта девонская проблема имеет прямое отношение к одному из существеннейших вопросов глубокой геологии Североукраинского бассейна, а именно к проблеме карбона. В последнее время эта проблема становится весьма актуальной и прежде всего в отношении западного продолжения Донецкого бассейна.

Имеется старое указание относительно того, что карбон с признаками угленосности продолжается до Перещепина. Мы имеем основание думать, что донецкий карбон продолжается на запад до кремнечугских кристаллических выходов. Но вопрос идет о карбоне в остальной части Североукраинского бассейна. В последние годы обнаружены каменноугольные отложения в пределах ЦЧО, прослеженные от Кантемировки на северо-запад до Нового Оскола. Поэтому вопрос о продолжении их в Североукраинский бассейн с еще большей настоятельностью становится на очередь. В этом вопросе харьковские древнейшие отложения должны сыграть решающую роль, ибо если в Харькове, Кириковке, Озериче, Переяславле мы действительно дошли до девона, тогда ясно, что карбона здесь нет. Если же красноцветная толща пермская, то под нею может быть и карбон. И наконец если харьковская пестрая свита — всего лишь нижний мел, тогда под ним должна лежать еще очень мощная серия мезозоя и палеозоя, в составе которой может быть и карбон, но лишь на очень больших глубинах от земной поверхности. Вообще даже в наиболее благоприятном случае (т. е. если в Харькове мы дошли до перми) мы считаем несколько преувеличенно оптимистичной надежду добывать в Харькове уголь, по крайней мере в ближайшем будущем, так как если здесь и есть карбон, то он лежит на глубинах свыше 1 км от поверхности, а может быть и значительно глубже. В какой мере на таких глубинах можно добывать уголь, это уже дело не геологии, а техники.

Теперь еще чрезвычайно важная проблема — это проблема пермских отложений. Как далеко идут пермские отложения к западу от Донбасса?

Имеются указания, что в миргородской скважине воды засолены. Было предположено, что хотя эти засоленные воды встречаются в отложениях и более молодых, причисляемых к юре или нижнему мелу, а также в сеноманских отложениях, — засоляются они притоком рассолов из пород более древних (может быть пермских). В последнее время этот вопрос приобрел еще большую актуальность в связи с обнаружением в районе Ромен гипсо- и соленосных пород,

которые образуют здесь род диаирирового ядра протыкания. Какой возраст этих пород? Естественнее всего конечно говорить, что это пермские породы, но это еще не доказано, так как одна только солесность не может служить основанием для определения возраста. В минской буровой скважине соленосными оказались породы девона. Восточнее Североукраинского бассейна, в Эмбенском бассейне, гипсо-соленосные породы имеются в юре. На границе Узбекистана и Туркменистана гипсы и каменная соль (с некоторым содержанием калийных солей) имеются в нижнем мелу. Наконец в самом Североукраинском бассейне (в Волчанском районе) встречены до некоторой степени напоминающие роменские гипсоносные глины (небольшой мощности) на поверхности белого мела под бучакскими песками. К какому из этих горизонтов относятся роменские гипсоносные породы? Вопрос этот надо разрешить, так как он имеет не только теоретический интерес, но и практически очень важен, тем более что наряду с солями хлористого натрия в Ромнах обнаружены признаки калийных солей.

На проблеме триаса не будем останавливаться совершенно. Что касается юры, то обыкновенно говорят, что в Харькове, Миргороде, Полтаве, Киеве имеется юрский или «подюрский» водоносный горизонт, и предполагается, что горизонт этот в Харькове и Киеве один и тот же. Проработка того материала, с которым мне пришлось иметь дело, говорит почти с несомненностью, что это не одни и те же стратиграфические и водоносные горизонты, ибо в Киеве эти юрские глины относятся к бату и келловее, а отложения, которые причисляются в Харькове к юре — это или верхняя юра или нижний мел (апт). В Шостке выше серии юрских отложений залегают отложения харьковского типа. Это те отложения, которые поднимаются в северный упол Североукраинского бассейна и там до последнего времени были известны под именем аптских. Проф. А. М. Жирмунский высказывает мнение, что это не апт, а юра, но не та, что в Киеве. Ясно что этот вопрос имеет важное отношение к гидрогеологии.

В отношении мела следует остановиться еще на одном стратиграфическом вопросе.

Обыкновенно в Североукраинском бассейне так называемые подмеловые пески причисляются к сеноману. Тут нужно внести большую поправку: это есть альб и сеноман. Так определяется эта серия в северном углу Североукраинского бассейна; она имеется и в его глубинах. По нашему мнению в Киеве гезовые песчаники и подстилающая их свита кремнистых глин — не сеноман, а по всему вероятно альб.

Переходя к третичным отложениям, необходимо отметить, что здесь тоже не разрешена целая серия вопросов, из которых мы остановимся лишь на одном — крупной проблеме полтавского яруса.

Что такое он представляет собой по происхождению и по возрасту? Мы привыкли полтавские пески относить к палеогену. Прикрывающие их пестрые глины теперь почти всеми относятся к плиоцену. В связи с этим, а также с указаниями старых авторов и новыми геологическими данными, можно поставить вопрос, не представляет ли толща полтавских песков Североукраинского бассейна отложений побережья южноукраинских неогеновых морей. Мы склонны думать, что полтавский ярус, начинаясь, может быть средним олигоценом, захватывает и весь миоцен. При таком на него взгляде для третичных отложений Украины мы получили бы геологическую картину более простую и стройную, чем ныне.

Что касается четвертичных отложений, то проблема их стратиграфии тоже очень большая и сложная, но в этой краткой заметке мы на ней останавливаться не будем.

Перейду теперь к вопросам тектонического характера.

Не задерживаясь на общеизвестных представлениях о мультобразном строении Североукраинского бассейна, отметим лишь некоторые особенности, на которые до сих пор мало обращали внимания. Прежде чем говорить о Североукраинском бассейне, напомним картину дна современного Черного моря. Мы имеем там от берега узкую полосу, мелководья, а затем крутой спуск к котловине Черного моря.

Североукраинский бассейн имел аналогичную картину строения в верхнемеловую эпоху. Именно по краям бассейна имеются всюду такие закраины — мелководные шельфы, от которых начинается глубокий перегиб в глубь бассейна. Это особенно заметно, если мы проследим нижнюю поверхность мела или верхнюю поверхность сеноманского песка. Этот меловый шельф и меловое плечо, которое ограничивает шельф от прогиба, нам чрезвычайно важно выяснить. Его направление, по крайней мере по северному краю Североукраинского бассейна, до некоторой степени намечается. Так же обстоит дело и в южной части бассейна. Здесь повидимому это плечо проходит где-то от Чернигова на Бобровицу, мимо Лубен и далее может быть к району Полтавы или несколько южнее.

Если обратить внимание на распространение магнитных и гравитационных аномалий, то можно легко обнаружить, что эти аномалии имеют несомненно связь с строением кристаллического фундамента, как это было выяснено акад. Архангельским. Нами же подмечено, что некоторые полосы этих аномалий имеют связь с меловым плечом Североукраинского бассейна, указывая на сравнительно неглубокое залегание там кристаллического фундамента, к которому может быть приурочен определенный комплекс минерального сырья в недрах. Напомним, что одна из этих аномальных полос, обусловленная возможно не очень глубоким залеганием рудных кварцитов, проходит вдоль названного плеча от района Волчанска, а может быть и Чугуева к району Белгорода, Обояни и может быть еще далее к северо-западу.

Затем чрезвычайно важным является вопрос о черниговских гравитационных аномалиях. Чем они вызваны, мы до сих пор не можем дать определенного ответа, и только разбуривание может помочь решить эту проблему. Но, рассматривая границы Североукраинского бассейна и прослеживая направление мелового плеча, мы приходим к выводу, что и через Чернигов приблизительно должен проходить меловой перегиб, меловое плечо. Равным образом, и магнитные аномалии Кременчугского района продолжают на север приблизительно опять-таки до мелового плеча. Выявление направления мелового плеча является одной из весьма важных тектонических проблем.

Затем еще другой вопрос тектонического порядка: какой характер имеют эти плечи? Может быть они имеют вид флексуобразного перегиба, а может быть это сбросы или же глубинные надвиги в толще кристаллического фундамента. У нас мало данных для того, чтобы решить этот вопрос. Напомним лишь, что зона плеча к востоку от Харькова, примерно по линии Донца, повидимому сейсмична; это возможно говорит о том, что тут имеются и до настоящего времени не

успокоившиеся дислокации. Но опять-таки это вопрос, на который мы ответить не можем.

Более определенно можно говорить о тектонических нарушениях сбросового типа в южной полосе Североукраинского бассейна. Повидимому от северного края Донецкого бассейна к западу, примерно около Полтавы, южнее Миргорода к Лубнам идет тектоническая линия сбросов, по которым северная часть Североукраинского бассейна осела, тогда как южная часть осталась несколько приподнятой. В связи с этим можно еще поставить вопрос о направлении этой тектонической линии. Повидимому она идет не совсем прямо, а зигзагами, сначала на запад, потом далее делает уступ к югу и снова поднимается к северу и продолжается к западу. Выступ к югу имеется очевидно между линией Ворсклы и Сулы, приблизительно между Полтавой и Лубнами. Этот участок между Полтавой и Лубнами осел, и возможно в связи с его оседанием находится выпирание древних пород и диабазовой лавы около Лубен (в Исачках), а может быть и соленосных пород около Ромен. Это опять-таки только проблема — попытка геологического прогноза, нуждающегося в проверке бурением. Отметим здесь, что проблема Ромен — это не только соляная проблема, но возможно и проблема нефти. Этот наш, правда неуверенный и очень условный геологический прогноз базируется на признании некоторых установленных нами закономерностей геоструктуры той геосинклинальной полосы (Среднеевропейской, или Амадоцийской геосинклинали), в которую входит как составная часть Североукраинский бассейн. Если подходить к нему с востока, он является продолжением Арало-каспийского бассейна, т. е. продолжением Эмбы. Но там нефтяные месторождения сопровождают соляные купола. Если в Североукраинском бассейне, в Ромнах, мы действительно имеем соляную тектонику, это наводит на мысль, что там может быть и нефть. Хотя ее может там конечно и не оказаться, но во всяком случае разбуривание тут нужно произвести.

Скажем несколько слов еще об одной важной тектонической проблеме, касающейся Подолии. Подолия несомненно представляет собою область сравнительно молодого поднятия — тектонически приподнятый миоценовый шельф, может быть, надвинутый по наклонной плоскости на Украинскую кристаллическую плиту. Дело в том, что на севере область распространения полтавского яруса лежит значительно ниже, чем на Подолии поверхность миоцена. Если принять нашу концепцию, что полтавская равнина есть миоценовая береговая низменность, а подольский шельф — дно миоценового моря, то очевидно, что это дно в Подолии было значительно приподнято уже после миоцена.

Этими вопросами мы и ограничим наши замечания в части стратиграфии и тектоники.

Затронутые геологические вопросы имеют крупное практическое значение, потому что с ними связаны такие проблемы, как проблема железных руд, угля, соли, нефти, проблема гидрогеологическая.

Теперь коротко коснемся еще второй части геоморфологической проблемы, именно проблемы синтеза скульптуры и структуры. Здесь между прочим пришлось бы вести речь о распространении прежних морских берегов, береговых закраин, или шельфов, и перегибов от них к глубинным частям бассейнов, об абразионных уступах в прибрежных зонах и т. д. Относительно мела часть этих вопросов уже

была нами затронута. В отношении третичных отложений также очень важным представляется выявить зону палеогенового шельфа и абразионный уступ по окраинам палеогенового моря. Он несомненно имеется и отчасти может быть прослежен на северном краю Североукраинского бассейна. Но он проходит и на юге по поверхности Украинской плиты. Здесь его протяжение и направление еще почти совсем не выяснено, а между тем тщательное освещение здесь береговой и прибрежной зоны палеогенового моря имеет первенствующее значение для выявления закономерностей в распределении бурого угля, а следовательно и для планового ведения разведок на бурый уголь. Желательно указать еще на одну важную геоморфологическую проблему в связи с полтавским ярусом. Мы рассматриваем поверхность сложенного (под пестрыми глинами) полтавскими песками Североукраинского плато, как поверхность береговой равнины миоценового моря. Это плато можно рассматривать как древнюю приморскую террасу, которую можно было бы назвать полтавской.

Чрезвычайно важен вопрос о развитии днепровской гидрографической сети. Для того чтобы осветить этот вопрос со всей полнотой, необходимо было бы начать историю формирования бассейна Днепра по крайней мере с конца девона, однако мы этого в настоящей краткой заметке сделать не сможем.

Наиболее важным моментом в истории днепровской гидрографии является конец третичного периода — время отступления морских бассейнов к югу за Украинскую плиту. В конце миоцена начала разрабатываться долина среднего и верхнего Днепра, а после отступления миоценового моря к югу — оно повело за собою Днепр за плиту. После отступления плиоценового моря за плиту осталась послепонтийская береговая равнина Южноукраинского, или Причерноморского, бассейна. На ней образовался характерный речной веер, сходящийся к Одесскому заливу, веер, в который входит бассейн нижнего Днепра.

Другой кособокий речной веер — среднеднепровский — ведет к теснине порожиистой части. Его происхождение мы связываем с геоморфологическим развитием Полтавской береговой низменности и с отступанием миоценового моря. Третий, верхнеднепровский, веер составлен большим числом рек, сходящихся, отчасти навстречу друг другу, в районе несколько выше Киева. Его происхождение еще не совсем ясно. В основе и здесь конечно лежит старая (дочетвертичная) скульпто-структура страны, однако окончательный, очень своеобразный, вид этот веер приобрел повидимому под влиянием факторов ледниковых эпох.

На очень важной проблеме четвертичного геоморфогенеза на территории Б. Днепра мы также за краткостью не будем задерживаться. Отметим лишь, что в вопросе о днепровских террасах остается еще много недоработанного и недоговоренного. В частности надо было бы разрешить вопрос относительно счета и номенклатуры террас. Счетная номенклатура (1-я, 2-я и т. д. террасы) явно неудовлетворительна. Каждый ведет свой счет террасам, так что скоро мы перестанем понимать друг друга. Надо принять какую-нибудь условную номенклатуру. Так более древнюю из террас, сложенную террасовыми осадками миндельской и миндель-рисской эпох, называют то третьей, то четвертой, то пятой. Ее можно бы назвать главной, или градижской. Следующую по возрасту (в основном рисскую, частью может быть рисс-вюрмскую), так называемую «безморенную» (хотя

морена в ее основании обнаружена в нескольких местах), можно бы именовать черкасской (относим сюда как «однолессовую», так и «двухлессовую» террасы, полагая, что это одна и та же терраса). Названия надлуговой террасы (вюрмской) и поймы (современной террасы) достаточно определены.

Теперь следует сказать несколько слов о геоморфологическом синтезе, к которому мы в результате пришли. Мы можем всю площадь Б. Днепра разделить на несколько различных в геоморфологическом отношении территорий. На севере (южная окраина подмосковной котловины — область главного девонского поля) мы имеем древнюю — домезозойскую и мезозойскую — сушу, образованную отчасти (край Центральнорусской плиты) твердыми породами. Далее следует территория Североукраинского бассейна. Это область сначала мезозойских, а затем палеогеновых морей, на северной окраине которых (на меловом шельфе) возникла новая полоса суши (палеогеновая суша). Сама область засыпана рыхлыми образованиями третичного периода, в том числе песками полтавской береговой низменности (неогеновая суша), на которой происходило формирование верхне- и среднеднепровской долины. На юге мы имеем полосу твердой кристаллической плиты, через которую Днепр прорвался не так давно. Область отчасти занята палеогеновыми и полтавскими отложениями (неогеновая суша), частью морским неогеном, а в восточной части представляет участки древней (допалеозойской) суши. На юго-западе к ней примыкает приподнятый ранее понт подольский миоценовый шельф (плиоценовая суша). На юге же мы имеем Южноукраинский бассейн, высланный понтийским морским известняком и представляющий послепонтийскую сушу. Каждый отмеченный район имеет особую геологию и гидрогеологию и особые условия для гидротехнических сооружений.

К геологической проработке проблемы Б. Днепра мы подходим довольно широко, считая, что когда ученый идет на помощь практике, он не должен ограничиваться голым эмпиризмом, а должен стараться дать не только знание факта, но и его понимание.

В заключение укажем на те вопросы научно-исследовательской работы, которые содержанием настоящей статьи намечаются для территории Б. Днепра. Первое, что необходимо, это геофизическое изучение территории Б. Днепра. Необходимо затем произвести разбуривание аномальных полос по границам Североукраинского бассейна. Надо осуществить плановое разбуривание глубин Североукраинского бассейна: Роменский, Лубенский районы, район к западу от Сулы; необходима глубокая буровая скважина в Харькове, необходим ряд скважин по линии от Курска до Перещепина. Затем нужно произвести бурение на западном продолжении Донбасса, примерно до Кременчуга; нужно произвести исследование тектонической линии, идущей от Донбасса до Лубен. Необходимо также геологическое обследование областей питания артезианских горизонтов Североукраинского бассейна, изучение береговой линии палеогеновых морей. Кроме того надо изучить долины и террасы рек бассейна Днепра и бассейнов рек, для которых намечается соединение с бассейном р. Днепра и которые впадают в Балтийское, Черное, Белое и Каспийское моря. Нужно детальное геологическое обследование предполагаемых переходов. Потом нужно детально изучить долинные соединения, особенно в Североукраинском бассейне, изучить режим грунтовых вод, забо-

лоченность, процессы размыва, образования наносов, образования оползней и вообще ход всех других физико-геологических процессов в речных долинах.

Я хотел бы отметить еще один существенный пробел, на этот раз в области гео-экономики. Из внимания работы конференции по проблеме Б. Днепра выпала и не получила должного освещения гео-экономическая проблема северо-восточной окраины бассейна Днепра — той зоны, в которой расположены так называемые Курские магнитные аномалии. Теперь можно считать установленным, что эта аномальная полоса далеко переросла свое название. Она приурочена к той «центральной оси», которая отделяет Московский бассейн (или Центральнорусскую плиту) от Североукраинского, и вместе с тем гидрографический бассейн Днепра от бассейна Волги и Дона. Ее следовало бы теперь именовать Центральнорусской, или просто Центральной аномальной зоной, и она повидимому имеет природные данные для того чтобы, если не сейчас, то в недалеком будущем, сделаться центральной осью реконструкции тяжелой промышленности Европейской части Советского союза.

Эта центральная ось привлекает к себе внимание не только железными рудами, приуроченными к докембрийским кристаллическим породам. Сейчас же к северо-востоку от нее находится уголь Подмосквового бассейна, а разведка последних лет обнаружила каменноугольные отложения с признаками угленосности и по южную сторону оси в ЦЧО, где они прорезаны от Кантемировка на северо-запад до Новог Оскола. Тут они непосредственно подходят к выявленной, отчасти богатой «курской» руде. Получается многозначительный железно-угольный комплекс. Надо прибавить еще и осадочные руды — буре железняки (Липецкий, Брянский районы и др.) и отчасти сферосидериты. Кроме руд в той же полосе имеются огнеупоры в виде глин и кварцитов, известняки и доломиты и между ними возможно металлургические, мел, мергеля, разнообразные строительные материалы (от гранитов до глин и песков), трепела, химвсырь в виде фосфоритов, колчеданов и т. д.

Сверх того эта осевая, раздельная, зона служит областью питания ряда артезианских водоносных горизонтов, приуроченных к слоям разного возраста, погружающимся от нее, с одной стороны, в Московский, с другой — в Североукраинский бассейны. Являясь древней (палеозойско-мезозойской) сушей, эта же зона (включая и полосу, прилегающую к ней с северо-востока) издавна служила областью истоков рек и до сих пор занимает важнейший водораздел между реками бассейнов Черного, Балтийского, Белого и Каспийского морей и поэтому представляется глубоко интересно в гидрографическом и геоморфологическом отношениях.

Полагаю, что проблема Центральной оси и края Центральнорусской плиты в общей проблеме Б. Днепра должна занять важное место. Думается, что вполне своевременным было бы осуществить здесь детальную комплексную съемку — геофизическую, топографическую, гидрографическую, геоморфологическую, геологическую, гидрогеологическую, почвенную и гео-экономическую.

Харьков, филия Украинского научно-исследовательского геологического института

(Рукопись поступила 14 апреля 1933 г.)

Задачи военной геологии

М. В. Муратов

До настоящего момента широкие слои специалистов-геологов не осознали огромного значения геологии в деле обороны нашей страны. Многие до сих пор не могут представить себе роли специалиста-геолога на театре военных действий. А между тем опыты мировой войны ясно подчеркнули, что учет геологических данных при проведении боевых операций играет подчас решающую роль для успеха. Поэтому обязанность всякого советского геолога — ознакомиться с той ролью и теми задачами, которые ему придется выполнять в условиях боевой обстановки, и, изучив, геологический опыт империалистической войны, тем самым повысить техническую обороноспособность нашего Союза.

Еще в первую половину войны 1914—1918 гг. в войсках почти всех воюющих стран появились новые, до сих пор не бывавшие на фронте специалисты-геологи.

Первыми (в мае 1915 г.) привлекли геолога англичане. Ими был вызван из Лондона геолог капитан Кинг. Он руководил службой отыскания воды для войск. Примерно через год после появления Кинга, весной 1916 г., английские геологи уже руководили ответственными минными работами.

Французы, оперируя в своей стране, меньше пользовались услугами геологов, чем англичане, довольствуясь главным образом консультацией и проведением инструктажа технического и командного состава в вопросах практической (инженерной) геологии и лишь в отдельных случаях при необходимости привлекали геологов для точного учета геологических особенностей местности и для составления детальных геологических карт некоторых участков фронта.

Американцы, вступив в войну в 1917 г., перевезли на западный фронт вместе с своей армией сформированную группу военных геологов из 5 чел. под руководством полковника Брукса. Эта группа постоянно пополнялась новыми специалистами, присылавшимися из САСШ, и к лету 1918 г. достигла уже 18 человек.

Особенно широко военно-геологическое обслуживание армии было организовано в Германии. Германские военные геологи были разбиты на группы и организованно объединены с топографическими частями. Геологические группы обслуживали все необходимые насущные нужды фронта. Иногда на отдельные особо важные участки фронта бывали брошены сразу по несколько таких групп, выполняв-

ших определенные поручения в ударном порядке. Число геологических групп на западном фронте в 1917 г. достигало 27, а число геологов в них доходило до 200, кроме того значительное число их действовало на восточно-русском фронте и на Балканах.

В ноябре 1916 г. при генеральном штабе в Берлине было организовано геологическое бюро, задачей которого было снабжение войсковых групп специальными геологическими картами, описаниями, приборами, дача консультаций, и наконец распределение и пополнение фронтовых геологических групп. Таким образом геологическое бюро являлось высшим военно-геологическим органом, объединявшим и руководившим всей работой отдельных групп.

В русской армии также были привлечены отдельные геологи для военных нужд, работавшие при штабах фронтов и занимавшиеся главным образом вопросами водоснабжения армии.

Большое количество статей и книг, вышедших после войны, посвященных военной геологии, подвело итог всей многообразной работе, сделанной военными геологами, и раскрыло с большой ясностью первостепенную, подчас исключительную роль, которую они сыграли на театре военных действий. Эта роль и значение военной геологии на поле мировой войны были признаны всеми армиями, о чем свидетельствует ряд статей, посвященных военной геологии в специальных военно-технических журналах, и соответствующие организационные мероприятия.

К сожалению в ряды советских геологов еще не проникло сознание о значении военной геологии и о той важной роли, которую этим специалистам пришлось бы играть на театре военных действий; и подчас даже широкие круги специалистов геологов оказываются совершенно неосведомленными о том, почему они могут сыграть важную роль в военных действиях, и что вообще могут и должны делать военные геологи.

Прежде чем переходить к вопросу о тех мероприятиях, которые следовало бы провести для освещения задач военногеологической службы среди широких масс геологов-специалистов, остановимся несколько на тех задачах, разрешение которых возлагалось на геолога в боевой обстановке мировой империалистической войны для того, чтобы показать, насколько действительно важна роль геологов на фронте.

Задачи, выполнение которых поручается военному геологу, могут быть разделены на три группы.

1. Проведение различного рода земляных работ с целью устройства окопов, укреплений, закрытий, блиндажей, подземных складов и наконец минных галлерей. Геолог работает здесь в теснейшем контакте с военным инженером, принимая участие и в планировании этих работ на основе геологической изученности данного района и в руководстве их проведением.

2. Проведение поисков воды и других полезных ископаемых, необходимых армии.

3. Участие в работе специальных организаций геологического обслуживания армии путем составления различных геологических сводок, карт, дачи консультации и экспертизы по отдельным вопросам геологии как своих районов, так и на территории противника и т. п.

Рассмотрим теперь вкратце, к чему сводится разрешение этих задач.

I

Устройство укреплений, закрытий, блиндажей и пр.

В условиях современной техники при наличии мощных технических средств ведения войны, тяжелой артиллерии, мин, бросаемых на большие дистанции, и тяжелых аэропланных бомб фугасного действия всякого рода укрепления и закрытия для бойцов, орудий и снаряжения могут быть действительными только при устройстве их глубоко под землей. Всякого рода надземные сооружения, как бы они ни были сделаны, не могут противостоять разрушающему действию артиллерийских снарядов и самолетных бомб, производящих при разрыве воронку до 10 м глубиной и 15—20 м в диаметре. Эти укрепления должны быть действительно глубоко под землей — должны быть закрыты мощным и плотным защитным слоем сверху.

Понятно, чем глубже приходится зарываться в землю, тем больше соприкосновение с геологическими условиями данного места, тем важнее предвидеть эти условия, предупредить различного рода сюрпризы и препятствия, которые могут встретиться на глубине, заранее учесть, насколько глубоко нужно зарываться, принимая во внимание плотность различных пород и сопротивляемость их действию снарядов и, с другой стороны учесть, насколько геологические и гидрогеологические условия позволяют глубоко укрываться.

Отсюда очевидно, что производить устройство глубоких закрытий без знания геологии данного места — значит вести работу вслепую, очевидна таким образом и роль геолога.

При устройстве долговременных укреплений, сооружаемых в условиях мирного времени и в сравнительно спокойной обстановке, грамотный военный инженер конечно может справиться и без помощи геолога: произведя заранее бурение на нужную глубину, определить глубину подземных вод и устойчивость покрывающих пород. Здесь только в особо сложных случаях, при наличии оползней, плавунцов, сложной тектоники и т. п., могут выявиться такие препятствия, когда инженер должен будет обратиться к консультации специалиста-геолога. Иное дело при устройстве полевых укреплений, сооружаемых в условиях боевых действий в полосе фронта, ввиду у противника и может быть даже под обстрелом; здесь уже времени для предварительных исследований нет или его очень мало. Здесь уже требуется лицо, могущее на основании заранее изученного материала или беглого исследования дать быстрое заключение о возможной глубине и величине закрытия и указать пункты наилучшего его осуществления в зависимости от подземных условий. Иначе говоря, здесь требуется указание геолога, и оно является ответственным и решающим.

Поэтому роль геолога при устройстве всякого рода полевых укреплений чрезвычайно существенна и указания его военному командиру могут оказаться решающими в выборе оборонительной позиции. Это касается также и неглубоких подземных работ, в равной мере как и глубоких закрытий, так как и первые также связаны с почвенными и геологическими условиями и грунтовыми водами, как и вторые.

При устройстве и выборе мест расположения для окопов первой линии тактические условия играют решающее значение; для второй, третьей и тем более последующих линий тактические условия имеют не столь самодовлеющее значение и позволяют известным образом

варьировать расположение окопов, сообразуясь с внешними топографическими и физическими условиями, среди которых геологические условия играют не последнюю роль. Естественно, что для устройства этих окопов должна быть возможно наилучшим путем учтена устойчивость грунта, в котором проводятся окопы, сопротивляемость его действию артиллерии и глубина грунтовых вод с тем, чтобы окопы не заваливались, стенки не рушились под влиянием атмосферных осадков; чтобы окопы давали надежное закрытие от огня противника, не заполнялись водой или же осушались заранее устроенным дренажем.

То же самое касается устройства ходов сообщений. Опыт мировой войны показал, насколько важно, чтобы окопы были сухи, чтобы в них не скапливалась вода, сухость же целиком зависит от геологических условий, водопроницаемости поверхностных и подстилающих пород. Ясно, что в глинистых породах борьба с водой будет труднее, чем в песчаных или мергелистых, с другой стороны, при наличии водопроницаемых пород, подстилающих на небольшой глубине поверхностные глины, может быть легко осуществлен дренаж устройством небольших колодцев. В районе Ипра в 1916 г., в то время как германские окопы были долгое время наполовину залиты водой, англичане на том же участке фронта сидели в сухих окопах, благодаря дренажу, удачно проведенному по указанию геолога.

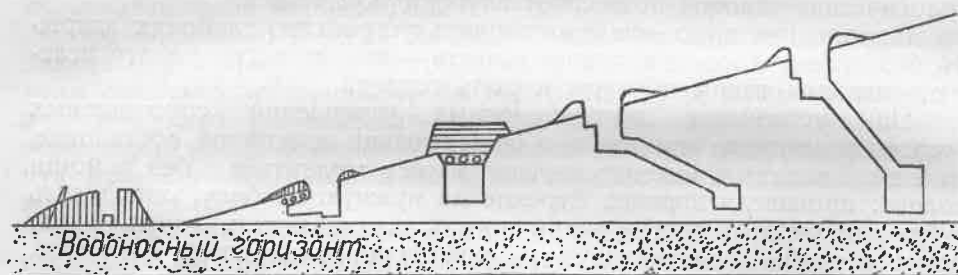


Рис. 1. Влияние глубины водоносного горизонта на тип и характер убежища и укрепления (по Brooks)

При устройстве более глубоких чем окопы закрытий, как-то: блиндажей, газоубежищ, щелей (так называемых «лисых нор») указания геолога играют еще более существенную роль. Мощность современной артиллерии заставляет строить такого рода закрытия на глубине до 12—15 м. от поверхности, и в то же время границей, ставящей предел углублению, является горизонт грунтовых вод. Задача геолога, зная геологическое строение данного района, указать наилучшие места для расположения закрытий и рассчитать глубину, до которой позволяют в данном месте углубляться гидрогеологические условия. Прилагаемый рисунок, взятый из работы Brooks [12], хорошо иллюстрирует зависимость возможной глубины и типа убежища или закрытия от расстояния водоносного горизонта до поверхности (рис. 1).

Помощь геолога при устройстве различного рода укреплений и закрытий выражается не только в непосредственном участии в сооружении этих построек и даваемых указаниях о месте их расположения, но также и в предварительных сведениях, даваемых им военному инженеру или непосредственно командиру относительно того

или иного района расположения укреплений и войск. Здесь геолог должен на основании всего имеющегося у него материала и личного наблюдения дать указания относительно характера поверхностных отложений, возможности производства работ в них с помощью легкого носимого войсками шанцевого инструмента или более тяжелого возимого или наконец указать участки, где возможно устройство укреплений без взрывных работ. Пример батальона французской пехоты, которому было приказано выдвинуться и занять гребень в районе Тианкура, окопавшись на нем своими средствами, и который, заняв этот гребень, удостоверился в полной невозможности окопаться в плотном сером известняке, слагавшем гребень, и лишь с поверхности покрытым тонким слоем делювия, — может показать важность предварительного учета геологического материала и может дать понять, к каким ошибкам иногда приводит его игнорирование.

Поэтому тщательное изучение детальной геологической карты района намеченной боевой операции с изучением всех прочих геологических материалов и выяснением всех особенностей данного района, с последующим докладом войсковому начальнику, является одной из важнейших обязанностей геолога.

Минная война

Минно-подземное дело, которое получило на западном фронте, благодаря позиционному характеру войны и сближенности противников значительное развитие, в будущей войне также может занять не последнее место.

Задача минной войны в том, чтобы путем устройства галлерей под расположением противника взорвать его и пробить брешь в его оборонительной линии. Основные условия минной войны — тишина

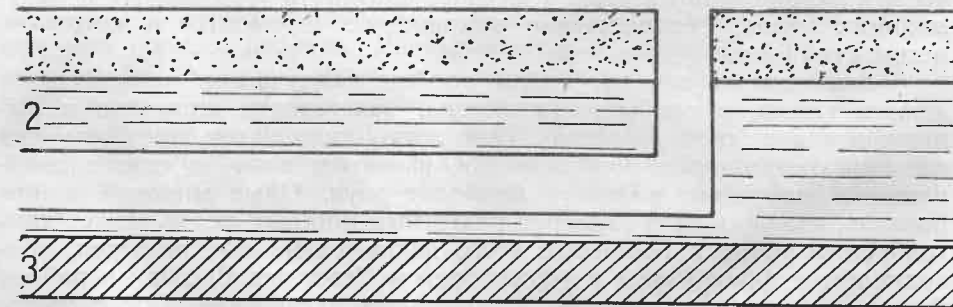


Рис. 2. Схема расположения английских минных галлерей на английском участке западного фронта в Бельгии (по Brooks)
1—влажный песок; шахта закреплялась тубингами; 2—пластовая глина; 3—рыхлый и трещиноватый мел с напорной водой

и полная скрытность производимых работ, так как противник всегда имеет возможность предупредить минную атаку устройством контрмин, а звукопроводимость горных пород дает возможность на значительном порой расстоянии слышать подземную работу.

Успех минных атак целиком зависит от знания и умения использовать подземные условия, и конечно роль геолога здесь исключительно важна. Во многих случаях геологические условия района делают минную войну совершенно невозможной. Препятствием для нее на-

пример является развитие изверженных пород, в большинстве непроходимых без взрывных работ, невыполнимых в условиях боевой обстановки, так как при них исчезает самый главный фактор успеха минных атак — незаметность и неожиданность подкопа; затем наличие многочисленных и мощных водоносных горизонтов, или наконец сильная трещиноватость проходимых пород, сопровождаемая движением по трещинам воды или газов, также чрезвычайно затрудняющих или даже делающих немыслимой проходку минных галлерей. Таким образом успех или неудача минных атак обусловлены в первую очередь знанием и умением использовать геологическое строение района.

Поэтому стратиграфия и тектоника района проведения минных галлерей должны быть тщательно изучены, причем необходимо учитывать и фациальные изменения отдельных слоев и изменения их мощности. Отдельные горизонты обычно оказываются особенно благоприятными для проведения в них галлерей, и такие горизонты должны быть выделены и особенно тщательно изучены и прослежены (по возможности).

На британском фронте в Бельгии для проходки минных галлерей англичане использовали пласт глины, подстилавший водоносным мелом и покрывавшийся водоносным песком. Верхний водоносный слой между прочим проходилась вертикальной шахтой, облицованной тубингами. Благодаря наличию внизу водоносного мела галлерей не могли быть контрминированы противником снизу и таким образом были расположены тактически очень удачно. В несколько более южных участках фронта пласт глины сильно уменьшался в мощности, и проведение минных галлерей сделалось невозможным.

Приведенный пример рисует важность целого ряда факторов геологического характера, которые должны быть учтены и точно изучены для района минных атак, а именно: плотность проходимых и окружающих пород, расположение водоносных горизонтов и изменение мощности пород.

Для ведения минной войны вообще наилучшими породами являются глины, в особенности пласты, залегающие спокойно и держащие свой характер. Они легко поддаются проходке без сложного машинного оборудования, являются водо- и газонепроницаемыми породами и плохо проводят звук. Опыт мировой войны показал, что проходка галлерей в плотных породах редко может дать требуемый эффект. Примером этого являются минные галлерей, проводившиеся французами и германцами в Северных Вогезах в районе С.-Дие в кварцитах и сильно уплотненных песчаниках. Обе стороны вынуждены были употреблять пневматические инструменты и благодаря относительно хорошей звукопроводимости кварцитов были отлично осведомлены о работе друг друга, почему операции оканчивались ничем.

Большую роль в возможности минной войны играет также тектоника. Повидимому в сложноскладчатой или нарушенной сбросами местности практическое осуществление минных атак невозможно или очень затруднено разнообразием проходимых пород, и только местности с полого наклоненными или горизонтальными слоями, когда все подземные работы приурочиваются к одному определенному горизонту, являются благоприятными. Но здесь, в условиях спокойно залегающих слоев, подземные воды могут оказаться самым серьезным противником при проходке минных галлерей.

Борьба с поверхностными и грунтовыми водами осуществима относительно просто; но глубокие подземные воды, в особенности же напорные, могут явиться чрезвычайно сложным и иной раз непреодолимым препятствием. Роль геолога при проектировании минной галлерей — предвидеть ее гидрогеологические условия, определить необходимую глубину ее заложения в зависимости от петрографического характера пород и подземных вод и, учитывая общие геологические условия, так расположить галлерей, чтобы она не могла быть контрминирована снизу.

Примером крайней важности учета всех гидрогеологических данных и необходимости постановки их систематического изучения, может служить район Ипра, на британском участке западного фронта, где руководителем геологических работ австралийским геологом Дэвидом было поставлено тщательное изучение режима подземных вод, учтен наивысший уровень грунтовых вод, благодаря чему английские минные галлерей были сухи. Германцы, которые на этом участке фронта учли только низший уровень и заложили свои галлерей более глубоко, буквально захлебнулись в воде.

Наконец задачей геолога при заложении галлерей является определение скорости проходки, определение величины и глубины заложения самого горна. Эти факторы зависят главным образом от петрографического состава пород места взрыва и от трещиноватости. На основе тех же данных он должен предсказать масштаб образующейся в результате взрыва горна воронки.

Подведя теперь итог всему тому, что сказано относительно чрезвычайно ответственной работы геолога при сооружении различного рода укреплений и проходке минных галлерей, можно сказать, что задачи геолога в основном сводятся к геологическим наблюдениям на определенном участке фронта, учету имеющегося по этому району материала и непосредственному участию в проходимых здесь земляных или горных работах. Своевременное проведение геологических наблюдений, их учет и использование позволят выбрать для расположения войск участок, при одинаковых тактических свойствах наиболее благоприятный с точки зрения геологических условий, и наконец могут явиться решающим фактором в выборе места и типа убежищ, погребов, складов и места заложения минных галлерей, давая указания о возможной их глубине, скорости проходки и необходимых для проходки инструментах.

II

Второй круг задач, выполнение которых возлагается на военного геолога, связан с поисками и добычей воды и других полезных ископаемых, необходимых армии подчас в громадном количестве.

В отношении водоснабжения армии роль геологов особенно значительна. Задача геолога разделяется здесь на две части: во-первых, на него возлагается водоснабжение передовых позиций и, во-вторых, снабжение водой тыловых районов фронта.

При водоснабжении тыла характер предварительных работ мало отличается от работ, производимых при водоснабжении городов или крупных промышленных центров. Здесь необходимо только учитывать, что и общая площадь на которой приходится изыскивать воду, и количество воды, потребной в различных пунктах этой площади, могут достигать значительных размеров.

Наиболее обычным методом получения здесь воды, если не считать использования поверхностных вод, являются глубокие артезианские скважины, использующие различные водоносные горизонты. Выбор места заложения скважин, расчет их глубины и руководство проходкой являются задачей геолога.

Более трудно выполнимы задачи геолога по водоснабжению передовых позиций. Здесь очевидно невозможно заложение глубоких буровых скважин, и весь центр тяжести водоснабжения падает на грунтовые неглубокие подземные воды. Организацию водоснабжения здесь приходится проводить в условиях боевой обстановки, возможно даже при изменяющейся линии фронта. Понятно, что в этих условиях главным залогом бесперебойного снабжения войск водой является правильный выбор мест, пригодных для устройства колодцев или буровых скважин, для чего необходимо ясное представление о числе, характере, глубине и производительности водоносных горизонтов, имеющих в данном районе. Ошибки в выборе пригодных для бурения на воду мест могут здесь привести, как и вообще ошибки в военной обстановке, к тяжелым последствиям. Поэтому предварительное, по возможности детальное изучение геологии данного района является чрезвычайно важной задачей геолога.

По характеру статьи мы не можем сейчас подробно останавливаться на отдельных задачах геолога, касающихся водоснабжения в условиях фронта, — это должно явиться темой специальной работы. Достаточно сказать, что геологи в отношении водоснабжения могут оказывать неоценимые услуги своей армии.

Кроме водоснабжения на обязанности войскового геолога должно лежать и изыскание строительных материалов, нужных армии. От геолога потребуют указаний: где и какие строительные материалы распространены, где можно ставить добычу и откуда ближе всего привезти их. В случае слабой изученности района его обязанностью будут поиски этих материалов на основе геологических данных.

Главными строительными материалами, нужными фронту, из добываемых на месте являются песок, гравий и щебень. Главным родом из применения являются дорожные и бетонные работы. Последние в условиях современной войны играют очень важную роль, являясь одним из основных материалов долговременных и даже частично полевых укреплений.

Весьма необходимым видом строительных материалов являются также различные вяжущие вещества. Если портландцемент или другие виды высокосортных цементов, идущих для бетонных работ, будут привозиться на фронт в большинстве случаев в готовом виде из тыла, то более простые виды вяжущих веществ, как известь и алебастр, могут во многих случаях производиться на месте¹. Сырье для производства воздушных вяжущих веществ — известняк, мел, гипс и ангидрит, и гидравлических известей — мергель, мергелистые известняки, должны по возможности заранее быть обследованы, оценены и определены пункты наиболее удобной их добычи. Строительный камень (известняки, песчаники, изверженные породы), а также глины как наи-

¹ Особенно важное значение могут иметь именно простые гидравлические извести, обладающие целым рядом положительных свойств по сравнению с воздушной известью.

более простые строительные материалы², также должны с возможной точностью учитываться в прифронтовых районах.

В отношении всех этих материалов, задачей геолога будет являться таким образом изучение их распространения в данном районе и дача указаний относительно наиболее правильного использования различных их типов.

III

Кроме упомянутых, так сказать, основных задач военного геолога на него при обслуживании фронта может лечь целый ряд дополнительных, более эпизодических, но порой также весьма важных заданий. Их можно характеризовать в общих чертах как дачу различного рода справок-указаний и консультацию, иногда представляемых заинтересованным инженерным частям или войсковым штабом в тылу на основании имеющихся литературных и других материалов, иногда же связанных с выездом геолога в то или иное место фронта.

Круг такого рода заключений и указаний, как показывает опыт мировой войны, довольно широк и связан с техническим обслуживанием как прифронтовой полосы, так и непосредственно фронта. Прежде всего целый ряд вопросов, требующих разрешения геолога, может возникнуть при устройстве различных гидротехнических сооружений и других крупных построек, производимых в прифронтовой полосе. При этом может потребоваться консультация или даже руководство проведением работ инженерно-геологического характера, так же как и в условиях мирного строительства, но в условиях военного времени весьма ответственных и трудных, так как здесь строительство связано с большой спешностью.

В некоторых случаях при выполнении службы заграждений, скажем при устройстве искусственного затопления данной местности, пути под'ема поверхностных вод и вскрытия мощных артезианских водоносных горизонтов могут потребоваться подробные сведения возможности затопления и увлажнения почв, в зависимости от геологического и гидрогеологического строения местности.

Эти сведения должны быть даны геологом и, понятно, могут быть даны лишь при условии детального знания им геологии данного района. Затем к геологу может быть обращен целый ряд запросов, касающихся геологического строения и гидрогеологических условий мест устройства аэродромов, госпиталей и лагерей с точки зрения их сухости, наличия пригодной для питья и некоторых технических целей (для самолетов) воды, глубины залегания водоносных горизонтов, состояния поверхностных данных мест в дождливый период и устойчивости грунтов; одновременно может потребоваться и руководство устройством подземных укрытий для людей и машин в этих местах. Наконец такого же рода сведения и заключения могут потребоваться и при устройстве площадок для тяжелой артиллерии и особенно складов боевых припасов и военного снаряжения.

Далее другой круг вопросов связан с проходимостью и транспортными условиями данного района, что является важным как для позиционной, так и особенно для маневренной войны. Условия про-

² Особенно приходится останавливать внимание на цветных, окрашенных в различные тона, глинах, которые кроме обычной своей роли как стройматериала могут иметь значение еще и как маскировочное средство.

ходимости данной местности для тяжелой артиллерии и танков зависят всецело от геологического строения данной местности, точнее от характера поверхностных пород, их выветрелости, характера и глубины почвенного покрова и состояния их во влажный период года. Ярким примером влияния характера поверхностных пород на проведения боевых операций может явиться участок французского фронта в Лотарингии, где совершенно различными в смысле проходимости оказывались районы, сложенные с поверхности верхнеюрскими известняками, обычно бывшие хорошо проходимыми, и с другой стороны, триасовыми песчаниками, прикрытыми иногда глинами и мергелями нижней и средней юры. Последние в дождливый сезон делались совершенно непроходимыми для артиллерии и чрезвычайно затрудняли и задерживали маневры пехоты из-за вязкости и липкости размокшей глины. Германцы воспользовались этим обстоятельством в районе с. Миеля, произведя в октябре отход с большого участка фронта, когда глинистые склоны Веврской низменности были в наихудшем состоянии, и, разрушая попутно дороги и мосты, свободно оторвались от противника.

Подобно этому в более северных частях западного фронта участки, сложенные меловыми породами и в частности мелом, были всегда доступны для продвижения танков, и все наиболее удачные танковые атаки приурочивались именно к районам распространения мела, участки же, сложенные палеогеновыми глинами, в дождливый период были совершенно непроходимы, и целый ряд атак, предпринятых в районах их развития, оканчивался провалом. К тому же воронки от снарядов в палеогеновых глинах севера Франции быстро заполнялись водой, что при громадном их количестве делало затруднительным и прохождение пехоты.

Сказанное хорошо подчеркивает значение геологического строения местности для маневренных операций, предопределяя таким образом и значение указаний геолога на наилучшие пути для их осуществления. При этом не должен быть оставлен без внимания геолога характер аллювия долин и русел рек, так как именно его характером часто обуславливается возможность войсковых переправ через реку в брод в том или ином месте. Таким образом можно предопределить направление маневра. Уместно упомянуть о консультациях геолога при проведении полевых, шоссе и железных дорог и мостов, сооружаемых в прифронтовой полосе.

Наконец последний ряд вопросов, который может быть обращен к военному геологу, касается геологического строения территории противника, для чего геолог должен озаботиться своевременным подбором и изучением специальных материалов, литературы и наблюдений.

Запросы по поводу геологии ближайшей территории противника могут быть обращены по трем линиям.

Во-первых, для намечения проходимых и непроходимых участков и районов, наилучшего расположения для складов, артиллерии, аэродромов, госпиталей и прочих прифронтовых сооружений, в зависимости от естественных условий.

Во-вторых, в связи с необходимостью определения расположения и характера земляных работ противника, так как геолог, пользуясь геологическими данными, может примерно указать на территории противника участки, в которых возможны или невозможны те

или иные сооружения, с другой стороны, пользуясь наблюдениями над отвалами и выбросами работ противника, геолог может примерно определить глубину, а иногда в связи с этим и тип того или иного укрепления по цвету их выбросов. Для производства такого рода наблюдений геологи на западном фронте совершали полеты над территорией противника на самолете.

Наконец, в-третьих, от геолога могут потребоваться указания о расположении у противника месторождений полезных ископаемых и предприятий, их добывающих и перерабатывающих.

На этом мы закончим вероятно далеко не исчерпывающий перечень обязанностей, лежащих на военном геологе в обстановке фронта, но все же перечень с достаточной ясностью рисующий и разнообразие разрешаемых им задач и их значение.

Разнообразие запрашиваемых у военного геолога вопросов и специфический характер большинства из них заставили во время мировой войны отказаться от пользования обычной детальной геологической картой и перейти к составлению на базе этой обычной карты специально военное геологической карты крупного масштаба. Эти карты составлялись по принципу литологическому, с нанесением большого количества разнообразных специально военных данных, при этом составлялись так, что ими мог пользоваться не только специалист-геолог, но и войсковой командир.

На карте был указан петрографический состав поверхностных пород данного района, их характер во время сухого и мокрого сезона, и даны указания наилучших путей для продвижения войск и артиллерии. Наносились выходы водоносных горизонтов и источники, характер русел рек и бродов и др. сведения. Обычный масштаб этих карт 1/10000, 1/50000, 1/80000, причем при составлении их за основу брались планшеты детальной геологической карты, которые перерабатывались, дополнялись и исправлялись новыми материалами и наблюдениями. Американские карты включали также целую полосу территорий противника за линией его расположения, исправленные по рельефу помощью аэрофотосъемки³.

Таким образом военное геологические карты оказываются весьма важным средством технического обслуживания армии и должны давать ясное представление о геологических и гидрогеологических особенностях данной местности и быть простыми и доступными для пользования командному и техническому составу.

Заканчивая на этом и подводя итог всему тому, что сказано о задачах военной геологии, мы устанавливаем громадную роль, которую военная геология сыграла во время мировой войны в деле технического обслуживания империалистических армий. На основании этого мы можем сделать совершенно ясный вывод: что и в будущей войне военная геология сыграет значительную роль в помощи армии. Поэтому задачей советской военной геологии в целом является широкая техническая помощь, которую она должна оказать Красной армии в нужный момент.

А чтобы оказать такую техническую помощь с наибольшим успехом, советская геология должна быть заранее к ней готова, т. е., иными

³ Интересно отметить, какую роль в этом районе (Реймс) сыграли виноградники: оказалось, что они все довольно точно приурочены к области распространения байских известняков и, будучи хорошо видны с воздуха, дают таким образом материал для корректирования карты.

словами, каждый советский геолог обязан быть готовым в нужный момент сделаться военным геологом; для этого он должен прежде всего быть знакомым с вопросами военной геологии, т. е. ясно себе представлять, что от него будет **требоваться** в боевой обстановке и как он эти требования будет выполнять.

Борясь за овладение военногеологическими знаниями, мы тем самым неустанно крепим обороноспособность нашей страны, увеличиваем мощь Красной армии!

ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзберг. О желательности привлечения геологов к обслуживанию фронта. Гл. ком. сырья, изд. 4-е, Ком. военно-технической помощи.
 2. Карта-справочник строительных материалов по западному фронту. Изд. Ком. военно-технической помощи, 1916.
 3. Тове. Приложение горной и геологической техники в условиях современной войны. «Вестн. общ. сибирск. инж.» № 1, Томск 1916.
 4. Обручев В. А. Применение геологии в военном деле. Полевая геология т. II.
 5. Достовалов Е. Военная геология. «Война и мир» № 16, 1924.
 6. Сухинин А. К вопросу о значении геологии в военном деле. «Техника и снабжение Красной армии» № 23, 1924.
 7. Сухаревский. Минно-подземное дело в войне будущего по опыту мировой войны. «Военная мысль и революция» кн. 5, 1923.
 8. Сухаревский. Геология как новый выдвинутый мировой войной фактор в военно-инженерном деле. «Военная мысль и революция» кн. 2, 1924.
 9. Ушаков. Роль инженера-гидротехника в военном деле. «Военная мысль и революция» кн. 6, 1924.
 10. Серчевский. Прикладная геология и саперы. «Война и техника», 1926.
 11. Бенедиктов Н. Военная геология. Военгиз, 1930.
 12. Brooks A. The use of geology on the western front. «U. S. Geol. Surv. Prof. Port.» 28, 1920.
 13. Gregory. Military geology and topography, London 1918.
 14. Wieser. Grundzüge der angewandten Geologie 176, Berlin 1921.
- Более подробный список иностранной литературы см. Обручев В. А. Полевая геология т. II (4).

Москва, Геологоразведочный институт

(Рукопись поступила 5 мая 1933 г.)

К вопросу о распространении нижнего силура в Средней Азии

А. П. Марковский

Геологические исследования в Средней Азии, бурно растущие за последнее время, с каждым годом расширяют наше представление о строении этого края. С каждым годом увеличивается фактический материал по всем вопросам геологии Средней Азии. Особенно быстрое накопление новых данных мы имеем в области стратиграфии, в частности по нижнему палеозою. В этом отношении 1924 г. является поворотным. Именно в 1924 г. геологами В. Г. Мухиным [1] и В. А. Николаевым [2] в районе Джебаглинских гор в толще зеленых песчаников найдена фауна нижнего силура. Эта находка расширила представление о развитии нижнего силура в Средней Азии, до тех пор известного лишь в Чу-илийских горах (гора Андеркенын Ак-Чеку) [3], по работам Г. Романовского.

В том же 1924 г. геолог В. Н. Вебер нашел нижнесилурийскую фауну несколько другого типа в известняках р. Тамды в юго-восточной части Кара-тау [4]. В 1925 г. им были сделаны дополнительные сборы фауны нижнего силура в толщах известняков в том же примерно районе.

Находка фауны среднего кембрия в 1925 г. экспедицией Д. И. Мущкетова в Туркестанском хребте [5] и геологом И. С. Комишаном в Тюя-муюнском районе (Южная Фергана) [6], в корне меняет представление о возрасте сланцевых толщ алайской системы.

В 1926 г. В. А. Николаевым была найдена фауна нижнего силура в Александровском хребте (р. Тек-Турмас) в карасайской песчаниковой свите [7].

Работы геолога Д. И. Яковлева в 1927 г. в Чу-илийских горах установили широкое развитие здесь песчано-сланцевых толщ с фауной нижнего силура, найденной здесь в ряде пунктов [8]. Фаунистически охарактеризованный нижний силур тогда же был установлен геологом Гатальским в горах Кендыктас (устное сообщение Яковлева). В том же году участником Памирской экспедиции геологом П. П. Чуенко впервые для Южного Туркестана обнаружена фауна нижнего силура в Дарвазе по р. Пяндж между рр. Ванч и Язгулемом [9].

В 1928 г. геолог Николаев в результате работ в Таласском Ала-тау расширяет существовавшее представление о распространении нижнего силура в Северном Туркестане, найдя фауну нижнего силура в районе Кумыш-Тага [10].

В 1928 г. автором настоящей статьи установлено наличие фауны нижнего кембрия (археопияты) в известняковых прослоях сланцевой свиты долины Рабут в Туркестанском хребте, и помимо этого расширена область распространения здесь фаунистически охарактеризован-

ного среднего кембрия [11]. В Юго-западной Фергане отложения среднего кембрия с фауной были констатированы геологом Вебером в Шадимирском районе.

Дальнейшие работы Яковлева, Б. К. Терлецкого и др. в Чу-илийских горах, Николаева в Александровском хребте, О. И. Сергуньковой в Джебаглинском районе и ряда других исследователей северной части Средней Азии углубили изучение установленных здесь нижнесилурийских отложений. Пополняется фаунистический материал из старых мест, устанавливаются новые точки нахождения фауны в общем в тех же районах. Для центральной части (центральные дуги) накапливается материал по кембрию Туркестанского хребта и Южной Ферганы. Расширяются данные по нижнему силуру в Дарвазе.

Подводя все итоги данных о распространении в Средней Азии фаунистически охарактеризованного кембрия и нижнего силура, следует отметить, во-первых, широкое развитие нижнесилурийских отложений, фаунистически доказанных на севере в области северных дуг (Таласский Ала-тау, Александровский хребет, Кара-тау, Чу-илийские горы), во-вторых, наличие нижнего силура в южных дугах (Дарваз и, в-третьих, полное отсутствие его в центральных дугах (алайская система).

С другой стороны, именно в этой алайской системе имеются фаунистически доказанные кембрийские отложения (как средние, так и нижние горизонты кембрия).

При сравнительно большей изученности алайской системы, при широком развитии здесь верхнесилурийских отложений и наличии кембрия отсутствие фаунистически охарактеризованного нижнего силура наводило, с одной стороны, на мысль о возможности большого перерыва между кембрием и верхним силуром, а с другой, — побуждало к внимательному и тщательному изучению немых толщ, связанных с кембрийскими и верхнесилурийскими отложениями.

Работами в Туркестанском и Зеравшанском хребтах, в пределах так называемого ура-тюбинского листа 10-верстной геологической съемки Средней Азии, удалось за последние годы в нижнепалеозойских, преимущественно песчано-сланцевых свитах, широко здесь развитых, выделить и фаунистически охарактеризовать ряд свит. Здесь на северных склонах Туркестанского хребта, довольно значительно распространена сланцево-известняковая свита кембрия. Эта свита находится в основании указанного выше песчано-сланцевого комплекса, верхние горизонты которого характеризуются наличием толщи собственно песчано-сланцевой. Возраст последней определяется многочисленной и разнообразной фауной граптолитов. Фауна указывает на принадлежность этой толщи к самым низам верхнего силура (Llandovery). Эта свита составляет огромные площади в пределах Туркестанского хребта, северных его предгорий. Ею же сложены склоны Зеравшанской долины. В верхних горизонтах (низы Wenlock) этой толщи появляются пропластки небольшой мощности мелкозернистых конгломератов и песчанистые известняки с фауной брахиопод и кораллов Wenlock. Выше идет мощная толща (до 2 км) известняков верхних горизонтов верхнего силура. С песчано-сланцеватой свитой связаны многочисленные и разнообразные эффузивы (главным образом основные). В этой толще можно выделить несколько составляющих ее свит.

Между этой песчано-сланцевой свитой (J_2^1) и сланцево-извест-

няковой (кембрийской) работами 1928 и 1929 гг. в районе урочища Кызыл-Мазар и по долине р. Оббурдон была намечена толща филлитов с подчиненными прослоями мраморов и темных песчанистых известняков. Имеются в небольшом количестве и песчаники. Мраморы по простиранию не выдерживаются, они залегают среди сланцев, часто быстро выклиниваясь на небольшом расстоянии. Эта свита филлитов и мраморов залегает в разрезе урочища Кызыл-Мазар на среднекембрийских отложениях и под песчано-сланцевой свитой с граптолитами Llandovery. Кроме криноидей найти в этой толще ничего не удалось. Эта толща была отнесена к нижнему силуру условно, на основании ее положения под самым нижним горизонтом верхнего силура и над кембрием. 1928 г. при маршрутных исследованиях в восточной части Зеравшано-гиссарской горной страны на северном склоне Зеравшанского хребта в долине р. Пакшиф (Ован-Дакри-Су) против летовки Хорзианточ [12] были обнаружены наметки на фауну в виде неопределимых отпечатков. В 1930 г. при возвращении из маршрута в Каратегии нам совместно с горным инженером С. И. Кауниковым удалось здесь найти фауну лучшей сохранности, но в общем весьма скудную. Д. В. Наливкиным по общему характеру эта фауна была отнесена к нижнесилурийской. А. Ф. Лесниковой, взявшей на себя нелегкий труд определить эту фауну, удалось после тщательной препарировки установить дополнительно, что кроме ясных окаменелостей вся порода переполнена их мельчайшими обломками. Лесниковой определены следующие формы:

Streptelasma sp., *Orthis* cf. *testudinaria* Dabm. var. *himalaica* C. Re ed., *Orthis* sp. *Cyclora*, *Bellerophon* sp., *Iliaenus spitiensis* C. Re ed.

Гипостома представителя *Asaphidae* *lichas* sp. Возраст фауны — нижний силур, середина или верхняя половина (Trenton — Северная Америка).

Насколько можно судить при наличии такого малого материала, фауна, по мнению Лесниковой, более всего сходна с гималайской.

Таким образом доказано наличие фаунистически охарактеризованного нижнего силура в алайской системе. Разрез палеозоя центральных дуг пополнился доказанным нижним силуром. Неизвестными здесь остаются лишь верхний кембрий и морская пермь.

Мощность отдельных прослоев темных песчанистых известняков долины Пакшиф, где была найдена фауна нижнего силура, колеблется в пределах 3 — 10 м. Известняки переслаиваются с филлитами и филитообразными сланцами. Имеются пласты мраморов, быстро выклинивающихся. Толща сильно перемята. Установить мощность всей нижнесилурийской свиты до более детальной проработки этого разреза не представляется возможным, поскольку все эти отложения вообще сильно смяты. В частности в районе летовки Хорзианточ эти отложения находятся в полосе чрезвычайно интенсивных нарушений. Здесь на протяжении 100 — 200 м к югу местонахождения фауны нижнего силура мы имеем в разрезе самые разнообразные отложения, в которых найдена фауна и карбона и верхнего силура (J_2^2). В общем же свита нижнего силура подчинена здесь песчано-сланцевой свите (Llandovery) с граптолитами, найденными в этой же долине Пакшиф (Ован-Дакри-Су), и в ряде мест по долине р. Зеравшан. Здесь мы имеем в общем однородную толщу с постепенным переходом от нижнего силура к верхнему. Имеются фаунистически охарактеризованные го-

ризонты (Llandowery), фауна граптолитов определялась Б. Н. Аверьяновым [13] и Karadok (слои Trenton и Karadok) без признаков перерыва. Что касается нижней границы силура, то в разрезе по долине р. Пакшиф она не видна. Кембрийские отложения здесь не обнажаются. Здесь проходит полоса сильных нарушений, благодаря которым нижний силур на юге контактирует с каменноугольными отложениями, с фауной брахиопод и с известняко-сланцевой свитой верхнего силура (l_2^2) с кораллами. Песчано-сланцевая граптолитовая свита здесь отсутствует, она выходит лишь севернее, имея общее падение на юг.

Свита нижнего силура, установленная в долине р. Пакшиф, литологически однородна с условно нижнесилурийскими отложениями на северных склонах Туркестанского хребта. После находки фауны нижнего силура эти последние можно отнести к нижнему силуру с большим основанием. И здесь (урочище Кызыл-Мазар) мы имеем постепенный переход от нижнесилурийской свиты к вышележащей песчано-сланцевой граптолитовой (l_2^1). При картировании установить точно резкую границу между этими двумя свитами очень трудно, особенно там, где нет мраморов, а присутствуют лишь одни филлиты и глинистые сланцы с песчанистыми известняками и песчаниками.

Хотя на северных склонах Туркестанского хребта и обнажается кембрийская толща, но и здесь нижний контакт нижне-силурийской свиты с нижележащими отложениями нельзя считать ясным. Имеются данные, говорящие за наличие здесь перерыва между средним кембрием и нижним силуром. Верхнего кембрия здесь нет. Переходные горизонты кембро-силура пока не найдены. Анализ фауны среднего кембрия говорит за образование ее в условиях мелководья вблизи берега. В верхних горизонтах свиты среднего кембрия часто встречаются песчанистые известняки с прекрасно выраженной косвенной слоистостью, что указывает на возможность образования их и на суше. Имеются места, где на косвенно слоистых кембрийских известняках лежит толща, представленная главным образом сланцами и подчиненная низам граптолитовой свиты. Сложная тектоника района при отсутствии в нижнепалеозойских толщах резко выраженных маркирующих горизонтов и общей однородности отложений требует для точного установления границ свит и выяснения характера их контактов более детальных работ, нежели съемка в 10-верстном масштабе.

Резюмируя изложенное выше, следует отметить, что находкой фаунистически охарактеризованного нижнего силура в долине р. Пакшиф (Ован-Дакри-Су), первой для центральных дуг Туркестана, доказывается наличие морского нижнего силура для этой части Средней Азии. Тем самым исключается возможность большого перерыва между кембрием и верхним силуром. Предположительно намечается перерыв в верхнем кембрии в рамках между средним кембрием и нижним силуром, как результат каледонских движений.

Однородность горизонтов силурийской толщи, постепенный переход от нижнего силура к верхнему при наличии фаунистической характеристики для всех горизонтов дает основание поставить вопрос об отсутствии в этом районе проявлений каледонской складчатости между нижним и верхним силуром. Результат каледонских движений можно видеть в намечающемся выше перерыве между средним и нижним силуром и фациальных изменениях на границе между

нижними и верхними горизонтами верхнего силура. Оживленная вулканическая деятельность, имевшая место в это время, подтверждает существование подобных движений, по своему характеру вероятнее всего эпейрогенических или синорогенических. Подробно и основательно останавливаться на вопросе проявления каледонской складчатости в этом районе алайской системы не позволяет объем данной статьи. Этот вопрос может служить предметом специальной.

Нет никакого сомнения, что дальнейшие исследования обнаружат наличие нижнего силура и в других местах алайской системы и дадут возможность в целом ответить на те вопросы, какие возникают в части стратиграфии и тектоники нижнепалеозойских толщ этого района Средней Азии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мухин В. Г. О находке силурийских отложений в Сыр-дарьинской области. «Бюлл. Ср.-аз. пос. ун.» вып. 7, 1927.
2. Николаев В. А. Предварительный отчет о геологических исследованиях 1924 г. в Туркестане. «Изв. Геол. ком.» т. XIII, № 3, 1925.
3. Романовский Г. Д. Материалы для геологии Туркестанского края т. I, 1878.
4. Вебер В. П. Восточный Кара-тау. «Изв. Геол. ком.» т. XIII, № 9, 1925.
5. Мушкетов Д. И. Новые данные о нижнепалеозойских отложениях Туркестана. «Вестн. Геол. ком.» т. I, № 1, 1925.
6. Наливкин Д. В. Очерк геологии Туркестана, 1926.
7. Николаев В. А. Шелочные породы Ири-су и западные оконечности Александровского хребта. Путеводитель экскурсий III съезда геологов в Ташкенте. «Изв. Геол. ком.» 1928.
8. Яковлев Д. И. Восточная часть Чу-илийских гор. «Изв. Геол. ком.» т. XVII, № 2, 1929.
9. Чуюнко П. П. Материалы по геологии южного Дарваза. «Изв. Геол. ком.», 1929.
10. Николаев В. А. К стратиграфии и тектонике Таласского Ала-тау. «Изв. ГГРУ» т. XVIII, № 8, 1930.
11. Марковский А. П. К стратиграфии нижнепалеозойских отложений Туркестанского хребта. «Вестн. Геол. ком.» № 8, 1928.
12. Марковский А. П. Новые данные по стратиграфии и тектонике Зеравшано-гиссарской области. «Изв. ГГРУ», 1931.
13. Аверьянов Б. Н. Graptoloides из сланцев Ура-тюбинского района и Зеравшанской долины Туркестана. «Труды ГГРУ» в. 101, 1931.

Ленинград, Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт

(Рукопись поступила 3 июня 1932 г.)

On the Problem of Distribution of the Lower Silurian in Central Asia

(Summary)

A. P. Markovsky

Having briefly expounded the history of the discovery of lower silurian and cambrian systems in russian Central Asia the author states that until recently it was suspected that the silurian system is developed within the southern and northern arcs while it is absent in the central arcs (Altai system). Further, the author mentions the discovery of lower silurian sediments within the central arcs, namely, in the Zaravschzansky and Turkestan ranges. Here the lower silurian fauna has been observed in the sandy-clayey series interbedded with limestones, and immediately underlying fossiliferous layers containing Llandovery. The absence of any discontinuity and of any evidence of unconformity between the lower silurian and Llandovery bears evidence of the absence of caledonian movements in the central arcs, on the boundary line between the lower and upper silurian.

The movements contemporaneous to this epoch of folding are marked by breaks between the sediments of the lower and middle cambrian and the lower silurian. However, according to the author, these movements were of epirogenetic and syngenetic nature. The first discovery of the lower silurian in the Altai system suggests that further investigations may lead to new discoveries. This is highly probable, as the lower paleozoic is represented by analogous sediments of sandy shale both in the Nur-Altai range (in the west) and the Cok-Shaalsk (in the east).

Серпентины и серпентиниты и связанные с ними петрологические вопросы¹

В. Н. Лодочников

К терминологии серпентинов и серпентинитов

При изучении серпентиновых и серпентинизированных пород сразу же приходится столкнуться с двумя обстоятельствами, затрудняющими исследование. С одной стороны, затруднение сказывается в очень большом обилии терминов, применяемых для различения весьма мало разнящихся видоизменений серпентина, как минерала, с другой стороны, всякого рода недоразумения возникают при чтении литературы предмета вследствие того, что не всегда ясно, о чем говорит автор, — о серпентине минерале или о серпентине породе; иначе говоря, сразу же ощущается необходимость отдельного термина для серпентина как породы.

Серпентинитами² я называю породы, состоящие в подавляющей своей массе из минералов группы серпентина. До сих пор такие породы назывались так же, как и минералы, т. е. серпентинами или, по очень неправильной традиции, змеевиками. На большие неудобства, связанные с применением одного и того же термина и в отношении породы и в отношении минерала, жаловались уже давно King и Rowley [54], Lacroix [53], Johannsen [56] и др. Lacroix предлагал называть минералы видовым названием, т. е. антигоритом, хризотилом и пр., а породы родовым, т. е. просто серпентинами. Однако предложение это не прижилось и кроме того оно неудобно в том отношении, что в случае его применения для минералов не останется, так сказать, нейтрального термина «серпентин», т. е. такого термина, который допускается даже для наиболее распространенных минералов земной коры, называемых общим именем полевых шпатов. Если в отношении пород, состоящих в подавляющей своей массе из кварца, или пироксена, или оливины, или каолина, и пр., мы применяем названия соответственно кварцит, пироксенит, оливинит, каолинит, последний термин (и совер-

¹ Настоящая статья представляет собою краткое изложение двух докладов, прочитанных в НИТО при ЦНИГРИ. Содержание этих докладов являлось в свою очередь кратким изложением работы, представленной для напечатания в изданиях ЦНИГРИ (объем около 35 печ. листов).

В дальнейшем я позволил себе очень кратко изложить несколько фактов и соображений, не упоминавшихся в докладах.

² В русском петрографическом словаре, недавно вышедшем из печати, почему-то сказано, что серпентинит — синоним серпентина. Откуда это взято, для меня неизвестно. Серпентинит очень старый термин и приведен в качестве синонима габбро в известном учебнике К. Leonhardt (1821 г.). Так как такое его значение очень хорошо забыто, то я и счел себя вправе воскресить термин, вложив в него новое содержание.

шенно рационально) применен Linck и Galsow [55] как раз для различия породы от минерала, то нет решительно никаких оснований не уточнить в этом направлении термин и в отношении пород, не менее распространенных и не менее практически важных, чем предыдущие, т. е. серпентинитов. На очень большое «неприятное» разнообразие последних жаловался еще Kalkowski [435]; это разнообразие обусловлено необычайным множеством различных форм, принимаемых отдельными индивидами минерала, называемого общим именем серпентина.

С течением времени накопилось более трех десятков названий для различных разновидностей серпентина, см. например в справочниках Hintze [57] и Doelter [63]. При этом иногда различными терминами называются «разновидности», отличающиеся только своими размерами, или считается достаточным основанием применять другое название только для того, чтобы оттенить небольшое различие в количестве конституционной воды в минерале, хотя эта вода определяется без достаточных и совершенно необходимых для некоторых серпентинитов предосторожностей. Далее существуют несколько различных определений у разных авторов для одной и той же разновидности, например для пикролита или метаксита, и в то время, как один авторитет (Weinschenk [493]) относит эти «разновидности» к антигоритам, другой (Lacroix [103]) с такой же уверенностью относит их к хризотилам. Больше того, если добавить, что даже под микроскопом не во всех случаях можно с уверенностью сказать, имеешь ли дело в данном месте шлифа с хризотилом или со стопкой антигоритовых чешуек, срезанных перпендикулярно плоскостью шлифа, если добавить, что минералог Winchell [25] совершенно не упоминает ни о метаксите, ни о пикролите в своей оптической минералогии, что Rosenbusch [64] не возражал против идентификации антигорита с баститом, — следует прийти к заключению, что по крайней мере для петролога совершенно достаточно для вполне точных описаний следующих немногих терминов.

1. Хризотил — микроскопически и конечно макроскопически тонковолокнистый серпентин.

2. Асбест — промышленно ценная (почему и выделяется) разновидность хризотила, легко превращающаяся в волокнистую ватобразную массу. Для отличия от роговообманкового асбеста можно воспользоваться термином амиант или же прибавлять каждый раз определительное слово.

3. Антигорит — ясно и однородно структурные разновидности серпентина, не относящиеся к двум первым.

4. Бастит — гомоосевая псевдоморфоза антигорита по пироксену, чаще всего ромбическому, обыкновенно толстоволокнистого или же пластинчатого строения. Особый термин в данном случае приемлем в той мере, как и уралит, считаемый, по почину Rose, за таковой только в виде гомоосевой псевдоморфозы по пироксену, опять-таки моноклинному или ромбическому.

5. Серпофит — новый термин, предлагаемый мною взамен совершенно недопустимого для петрографа термина офит, обозначающего в петрографии породу диабаз еще со времен Palassou (1798 г.).

На неудобство этого термина для обозначения минерала обращали уже внимание Riess [386] и даже авторитетный минералог Hintze [57]. Серпофит представляет собою в отношении словообразования сокращенное серпентино-офит, а по своей сущности макроско-

пически плотные или почти плотные, часто неоднородно-структурные разновидности, имеющие — в отличие от офитов — всевозможные цвета, вплоть до черных, и смоляной или восковой блеск, или, еще лучше, эмалевидные (Малахов [101]). Микроскопически серпофиты или бесструктурные или с неотчетливой и меняющейся на небольшом протяжении структурой. К серпофитам относятся из обозначаемых иногда в литературе разновидностей «офиты» — асбофиты (Сыромятников — асбесто-офиты), метакситы, пиролиты, вебскииты, швейцериты (?), каменистые и «недозрелые» асбесты и пр.

Для обозначения мелких разновидностей внутри этих больших групп достаточны определительные слова перед соответственным термином или сложные названия. Например если автору неясно, как назвать имеющийся перед ним серпентин: толстоволокнистым хризотилом или тонкоигольчатым антигоритом (никакого различия, кроме морфологического, между хризотилом и антигоритом, как увидим ниже, по существу не имеется), то очевидно это переходная разновидность, которую можно назвать хризотил-антигоритом (Кротов [58]). Так как к антигориту отнесены все ясно- и однородно-структурные разновидности, за исключением тонковолокнистых (хризотилов) и разнородно-структурных или бесструктурных (серпофитов), то ясно, что чаще всего определительные слова к термину потребуются для антигоритов и серпофитов. В частности для антигоритов применимы определительные слова: чешуйчатый, игольчатый, брусочный или лучше очень привычное немецкое слово — лейстовидный, зернистый, микрозернистый, веерообразный, молекрылый (Angel [47]) и пр. Из этих разновидностей заслуживают отдельного рассмотрения две: микрозернистый антигорит, или просто микроантигорит, и лейстовидный антигорит.

Под микроскопом микроантигорит представляется в виде более или менее изометричных правильных или, что гораздо чаще, неправильных контуров величиною в одну-две сотые или тысячные доли мм.; хотя некоторые авторы и такие антигориты, дающие в плоскости шлифа как бы чешуйки, называют чешуйчатыми (Кротов), однако чешуйка имеет всегда одно измерение, совершенно незначительное по сравнению с двумя другими, и изометричных разрезов во всех случаях дать следовательно не может. Angel [39] справедливо замечает, что микроантигорит (он его называет *Feinantigorit*) относится так к антигориту, как серицит к мусковиту. Как увидим ниже, по времени своего образования он почти всегда получается после антигорита. Среди лейстовидных антигоритов необходимо выделить как генетически хорошо охарактеризованную разность аномальный лейстовидный антигорит, имеющий по сравнению с обыкновенным лейстовидным ясно выраженные аномальные синеватые оттенки в цветах интерференции, оттенки, никогда не достигающие такой резкости, как у пеннингов, рипидолитов, некоторых цоизитов и т. п. Эта разновидность почти всегда получается в тех случаях, когда антигорит замещает карбонаты. Такие аномальные антигориты встречены мною и в ильчирских и в других прибайкальских серпентинитах, а также в уральских, кавказских и др.

Серпофит и его значение

Что касается серпофитов, то изучение их в ильчирских серпентинитах пролило свет на образование серпентинитов вообще и асбеста

в частности. В тех серпентинитах, которые заключали большое количество серпофита, легко обнаруживаемого в лупу по своей, так сказать, эмальности и раковинчатому излому, а также особенно в образцах серпентинитов, состоявших почти из одного серпофита, очень часто наблюдается структура, которую можно назвать панидиоморфной вследствие того, что она построена из отдельных небольших участков серпофита, изометричных по форме, но совершенно различных по строению. Под микроскопом такие отдельные участки представляются то совершенно бесструктурными и не действующими на поляризованный свет, то местами в таком бесструктурном участке появляются слегка поляризующие пятна, то это настоящий по виду микрофельзит, то участок напоминает слегка косое сечение решетчатого микролина, то он как бы волокнисто-пертитовый, то толстоили тонковолокнистый с расходящимися или субпараллельными волокнами, совершенно отвечающими по всем свойствам хризотилу и т. д. и т. д. Если принять во внимание, что такой серпофитовый серпентинит заместил ортопироксеновые оливиниты, или дуниты, или в крайних случаях гарцбургиты³, а вовсе не конгломераты или песчаники, где такое разнообразие на протяжении каких-либо 4 см² было бы еще понятно, то неизбежно приходишь к неизбежному же заключению, что дело здесь не в составе и не в физико-химических условиях образования породы, а в чисто механических условиях, менявшихся от участка к участку в зависимости от случайных натяжений в отвердевающей массе и контуров, обусловленных этими натяжениями. Отсюда нетрудно прийти к заключению, что серпофиты представляют собою затвердевшие гели, в которых видимая нами в поляризованном свете картина есть отражение застывших, так сказать, натяжений, обуславливающих эту поляризацию.

Всякий, кто знаком с картиной опалов, не выросших, а рассеянных в массе породы, опалов, т. е. образований несомненно коллоидальных, согласится со мною, что и здесь в различных участках одного и того же шлифа часто наблюдается совершенно такая же картина, как в серпофитах: то отдельные участки совершенно изотропны, то покраплены неправильными поляризующими участками, то появляется веретенновидная, то почти волокнистая и т. д. структура, то наконец местами опал превращается в халцедон (соответственно для серпентинов в микроантигорит или в неправильно-лейстовидный антигорит) или даже в кварц (соответственно антигорит). Читателю стало понятно, к чему я веду все свое рассуждение: представляется несомненным, что не только сами серпофиты, но хотя бы частью антигориты и уже подавно хризотилы, и конечно тем самым асбесты произошли из гелей. А если это так, то становится совершенно понятным и необычайное разнообразие серпентинов и следовательно серпентинитов, и ненужность в данном случае особой словоизобразительности в их описаниях. В нашем случае термина серпофит вполне достаточно.

Что касается возрастных соотношений между отдельными разновидностями серпентитов, то на основании изучения их в ильчирских серпентинитах и в серпентинитах других месторождений, а также по литературным источникам можно установить следующее.

Самым поздним образованием, появляющимся главным образом

³ В последнее время в советской литературе вместо термина гарцбургит стал применяться термин саксонит.

в контактовой зоне и очень редким внутри самого серпентинитового тела, является аномальный лейстовидный антигорит. Далее следуют хризотил и серпофиты жилочек и участков в порядке, обратном перечислению, последовательности их образования, причем там, где это можно было определить с несомненностью, хризотил и асбест оказывались несомненно моложе серпофита жилочек⁴.

Обыкновенный лейстовидный антигорит иногда бывает моложе серпофита участков и даже серпофита в жилочках, оставаясь большей частью старше серпофитов. Микроантигорит во всех случаях моложе обыкновенного, не лейстовидного, антигорита, но в отношении обыкновенного лейстовидного антигорита и серпофита возраст его не постоянен, причем в большинстве случаев микроантигорит старше серпофита в жилочках. Чешуйчатый, пластинчатый и зернистый, т. е. обыкновенный, антигорит во всех случаях для ильчирских серпентинитов моложе бастита, самого раннего серпентинитового минерала этих пород, но одновременность образования антигорита и бастита или даже предшествование первого второму не исключены из возможных случаев. В других месторождениях очень часто наблюдается большая устойчивость в отношении серпентинизации ортопироксенов в сравнении с оливинами, не дающими баститов, и следовательно более раннее образование антигорита.

Из всего сказанного необходимо следует, что ввиду достаточно часто наблюдающихся прямых и обратных возрастных соотношений между серпентинитами одной и той же серпентинитовой массы, процесс серпентинизации не представляет собою явления, непрерывно идущего в одном и том же направлении, что часто наблюдаются возвраты к предшествующим фазам в протекании процесса — явление, совершенно невозможное для случаев поверхностного разрушения, идущего неумолимо в одном и том же направлении. На то же обстоятельство указывают факты, наблюдаемые в ильчирском и в некоторых других месторождениях серпентинизированных гипербазитов. Обычно отмечают, что при процессах серпентинизации наименее устойчивым в отношении метаморфизирующих агентов оказывается оливин, подвергавшийся в первую голову замещению серпентином и наиболее стойким — монопироксен, сохраняющийся часто в совершенно неизменном виде, в то время как от оливина и ортопироксена не остается никаких следов. Факт этот неизменно констатируется всеми авторами, имевшими дело с серпентинитами и серпентинизированными перидотитами (см. например Bonney, Weinschenk, Кротов, Benson, Татаринов и мн. др.); однако в ильчирских серпентинизированных гарцбургитах в отношении оливина и ортопироксена наблюдается как раз обратное явление: от энстатита не остается местами ничего, кроме псевдоморфозы, оливин же более чем на 90% находится в неизменном состоянии. Такие, так сказать, селекционные воздействия являются главнейшей и характернейшей чертой именно поствулканических процессов, при которых весьма часто наблюдается, что из двух минералов в одних случаях совершенно раз-

⁴ Такое же наблюдение имеется Delesse [720], Websky [71], Черных [102] и у многих других. Peacock [142] и Ohnesorge [104] указывают на обратные соотношения, что нельзя исключить из возможных случаев, хотя данные последнего автора, если их сравнить с таковыми же Татаринова [93], не заслуживают полного доверия. То же самое можно сказать и относительно серпофита жилочек и участков; однако здесь мною наблюдался один случай, где серпофит участков моложе серпофита жилочек.

лагается один и почти не изменяется второй, в то время как в других случаях наблюдается в отношении этих же самых минералов как раз обратное явление. Такая избирательность поствулканических процессов легко объясняется интенсивностью и сравнительно небольшой длительностью при этом протекающих химических явлений, устремляющихся селекционно, в зависимости от состава минерала и атакующих породу растворов и флюидов.

Совершенно иначе отражаются на породах в рассматриваемом отношении процессы выветривания. В этом случае вадозные растворы действуют на породу в течение целых геологических периодов, в связи с чем неизбежно постоянно меняется и концентрация этих растворов, и состав их, и в небольших размерах температура. Все это с совершенной необходимостью приводит к тому, что все минералы в породе (за исключением необычайно стойких, например кварца и т. п.), в конце-концов более или менее интенсивно изменяются, так как для каждого найдутся в смене времен и соответствующий раствор, и соответствующая концентрация, и соответствующая температура. Сверх того при таких региональных процессах каждый из минералов породы естественно изменяется по всей своей массе более или менее одинаково, в то время как при более интенсивных поствулканических явлениях, вследствие часто небольшой длительности последних, нередко даже один и тот же минерал в разных своих частях или различных зернах изменяется в резко различной степени⁵.

Существует и одно необычайно веское доказательство несупергенного происхождения серпентинита: это доказательство состоит в том, что совершенно нелегко представить себе процесс, происходящий в обстановке, близкой к земной поверхности, и тем более на этой последней, который превратил бы породу с заметным количеством закисного железа в зеленый, синий и т. п. цвета, а не ржаво-красный или желто-бурый серпентинит. Подавляющее же количество этих пород не имеет последних двух цветов. Имеются очень немногочисленные указания на красные или бурые серпентиниты, однако эти указания относятся, как можно заключить путем сопоставления данных различных авторов к серпентинитам, измененным на поверхности (например некоторые серпентиниты Англии), а не получившимся из гипербазитов. Необходимо также отметить, что в серпентинитах не так редко наблюдается поствулканический пирит и другие сульфиды.

Из всего вышесказанного вытекает единственно возможное заключение, что серпентинизация не представляет собою процесса выветривания и следовательно является процессом постмагматическим, и на основании вышеска-

⁵ Петрологи, имеющие дело с третичными породами, особенно с геологически эффузивными или гипабисальными, весьма часто встречают например зерна плагиоклазовых вкрапленников, в которых часть вещества полевошпатного кристалла совершенно замещена, в то же время как другая часть того же кристалла — притом того же состава — имеет микротиновый вид. Такое, скажем, разрушение минерала может получиться естественно только в результате интенсивного, но не длительного процесса, почему оно наблюдается в сравнительно быстро остывающих лавах или неглубоко сидящих интрузиях. Знакомый с этими явлениями на заведомо кайнозойских эффузивах петролог никогда не отнесет такую измененную породу к палеотинным представителям, например к порфирирам вместо андезитов, или во всяком случае не должен этого делать. Само собой разумеется, что при интенсивных поствулканических процессах вся порода начисто может превратиться в другую породу, например в апопорфиритовые кварциты или чистые серпентиниты.

занного мне представляется совершенно очевидным, что даже в частных случаях серпентин и серпентинит никак не могут получиться как результат действия поверхностных процессов на гипербазиты, ни тем более на другие породы.

Если неизбежен тот вывод, что по крайней мере частично все разновидности серпентинов, получающиеся в различные стадии серпентинизации породы, должны были образоваться из гелей, то из всего этого необходимо должны следовать большие колебания в оптических свойствах этих минералов (различные механические натяжения при отвердевании гелей), что особенно должно броситься в глаза благодаря небольшому двупреломлению, присущему кристаллическому веществу состава $H_2(Mg, Fe)_3Si_2O_9$. И действительно среди обычных порообразующих минералов едва ли найдутся такие, у которых оптические свойства колебались бы в столь широких пределах, как у серпентинов.

Наибольшее количество относящегося сюда материала находится в сочинениях русских авторов. Исходя из этих данных, можно утверждать — в противоположность данным всех справочников — что угол оптических осей у антигорита имеет все значения от ± 0 до $\pm 90^\circ$, меняясь иногда резко в одном и том же шлифе. То же самое, хотя и в меньшей степени, имеет место для хризотила (колебания в пределах от ± 0 до $\pm 50^\circ$), что обусловлено вероятнее всего тем обстоятельством, что в хризотилах угол оптических осей измерялся гораздо реже вследствие трудности получения соответствующих разрезов. Так как угол оптических осей находится в прямой зависимости от преломления и двупреломления, то и эти числовые характеристики должны быть подвержены значительным колебаниям. Из тех же литературных данных — двупреломление серпентинов может иметь все значения от 0 до 0,020 (несколько уменьшенная цифра Кротова). В ильчирских серпентинах наблюдаются преимущественно величины 0,600—0,010, а вообще можно сказать относительно всех серпентинов, что наиболее часто эта константа дает 0,009 $\pm$ 0,004. Что касается преломления, то кажется Friedel [61] впервые получил очень низкую цифру «около 1,50» для псевдокубического антигорита из Brewster (New York), подтвержденную затем измерениями над другими серпентинами Hamberg, Кротовым, Larsen и др.⁶

Также непостоянен у серпентинов характер главной зоны — константа иногда весьма важная для минералов. Уже Кротов указывал [58] что знак удлинения хризотилов Миасской дачи столь же часто бывает

⁶ Larsen полагает, что преломление у серпентинитов вообще ниже, чем это наблюдается в шлифах, подвергавшихся нагреванию, вследствие чего якобы теряется часть воды минерала. Этот взгляд нельзя считать верным по следующим основаниям: 1) Кротов [58] получил низкую цифру ($N_D = 1,513$) как раз для проваренного в канадском бальзаме асбеста (дер. Темясова); 2) из асбеста, над которым работал автор (Колорадо), не так-то легко удалить даже гигроскопическую воду и в 3) уже давно известны случаи (Des Cloiseaux [114], Reusch [115] и др.), когда пропитывание водою и даже спиртом, имеющими более низкий показатель преломления, чем пропитываемое ими вещество, повышает показатель преломления последнего. В связи с только что сказанным обращу внимание на то, что последние наблюдения производились как раз над твердыми коллоидами и гидрофилами и как раз у твердых коллоидов очень сильно меняется преломление даже в тех случаях, когда это не удается объяснить (Kokta [116]) изменениями в составе (см. например диапазон у опала: 1,406—1,46).

отрицательным, как и положительным. Явление изменения знака удлинения серпофита, хризотила и бастита в одном и том же шлифе и даже иногда в стыке двух индивидов, наблюдавшееся мною в ильчирских серпентинах, должно быть достаточно частым, и если это явление не отмечается также часто другими авторами, то это вероятно происходит потому, что на него просто не обращается внимание исследователя. Между тем здесь мы имеем еще одно указание на происхождение некоторых серпентинов из телевидных масс. Я обращал внимание [128] на изменчивый характер удлинения лучистых фосфоритовых образований с ясно выраженным удлинением; различный и меняющийся характер удлинения кремневых минералов также общеизвестен. Эта изменчивость в характере главной зоны не зависит, как у некоторых минералов, от ориентировки (Nm совпадает с удлинением) или от формы кристаллов и положения в них разрезов (например дистен), и должна поэтому связываться с механическими причинами, легко при этом отражающимися на свойствах минерала. Иными словами, такое непостоянство должно объясняться остаточными напряжениями в отвердевающих гелях, как это и имеет место с вышеуказанными двумя веществами, образующимися из студневидных масс, а отсюда становится понятным и необходимым такой же изменчивый характер серпентиновых минералов, если принять, что часть их — в любых разновидностях — произошла из гелей, что, как было указано, подтверждается и другими их свойствами.

Ильчирские серпентиниты, карбонатные породы („листвениты“)

Переходя теперь от минералов к самим породам, т. е. серпентинитам, следует прежде всего остановиться вкратце на ильчирских серпентинитах. Последние образуют, как и подавляющее большинство серпентинитов земного шара, линзообразное тело, вытянутое совершенно согласно с простиранием вмещающих пород с SW на NE и залегающее в северном крыле ильчирской синклинали, сложенной двумя петрографическими различными свитами, почти что точно отвечающими в своей совокупности комплексу пород, заключающих восточные центрально-альпийские серпентиниты (Weinschenk [45]). Одна из ильчирских свит состоит главным образом из кварцево-хлоритовых и зеленых сланцев с подчиненным количеством известняков, иногда углистых (в Центральном восточных Альпах известняки битуминозные), редко слегка доломитизированных; другая свита, как и в Центральном восточных Альпах, сложена преимущественно известняковыми породами с подчиненным количеством таких же, как и в первой, сланцев. Породы эти могут рассматриваться как докембрийские (Обручев [4]) с чисто петрографической точки зрения — только в виде примера редких исключений столь мало измененных пород такого возраста.

Во всем Ильчирско-мондинском районе, от Ильчирского рудника до монгольской границы на юг от последнего, породы эти столь мало изменены сами по себе, что их часто с одинаковым правом можно отнести и к глинистым и к микрокристаллическим сланцам — филлитам. К северо-востоку от Ильчирского месторождения эта свита налегает без каких бы то ни было промежуточных образований на ортогнейсы, которые можно пока рассматривать как до-

кембрий, что же касается пород, вмещающих серпентиниты, то их следует считать, как это делает Львов [7,8], но по иным соображениям, палеозойскими. Это стало особенно убедительным после того как Гокоеву [6] удалось обнаружить среди совершенно аналогичных пород *Collenia Undosa* (Walcott) сначала по среднему течению р. Буксона, а затем в самое последнее время в верховьях Горлык-Пола, левого притока р. Китоя. В последнем месте обнаружена окаменелость, аналогичная вышеуказанной, встречаемой в нижнем и среднем кембрии Иркутской губернии.

По своему происхождению, как уже указывалось, ильчирские серпентиниты являются апогарцбургитовыми, частью быть может образовавшимися также и из бедных ортопироксеном дунитов и оливинитов⁷.

Эти апогарцбургитовые серпентиниты никогда не бывают хризотилowymi, и даже разности, которые можно было бы назвать хризотило-антигоритовыми, встречаются редко, так что указания на этот счет в отношении серпентинитов Ильчира (Соболев [3]) совершенно не отвечают действительности. Ильчирские серпентиниты все антигоритовые, или почти чисто антигоритовые, или бастито-серпофито-хризотило- (редко) и брусито-антигоритовые. В связи с последней разностью необходимо указать, что данные литературы по серпентинитам, а также знакомство со многими уральскими, прибайкальскими и закавказскими (Гокча) серпентинитами создало у меня впечатление, что едва ли при достаточном числе шлифов из серпенти-

⁷ В своей заметке об ильчирском асбесте я указывал, что уже на местности можно выделить макроскопически три разновидности. Выделение одной из них — порфириковой разности — имеет то значение, что участки, ею занимаемые, бедны асбестом. И массивная и только что упомянутая разность бывают зеленоватыми и синеватыми, что опять-таки весьма часто встречается в серпентинитах. Это цветовое отличие имеет только практическое значение: в зеленых разностях асбест как-будто несколько более хрупок, оставаясь тем не менее первосортным промышленным продуктом, но повидимому имеет здесь чаще более длинное волокно. Петрографически же эти цветовые разности не отличаются ровно ничем: и структура, и состав, и минералы, первичные и вторичные, и примеси, и разновидности абсолютно тождественны и в синеватых и зеленоватых серпентинитах, только, быть может, сфероидальная отдельность встречается наряду с преобладающей неправильно-полиадрической в зеленоватых серпентинитах чаще. Различие в цвете зависит таким образом не от различия материнских пород серпентинитов, как это полагают например Аршинов и Меренков [69] для уральских серпентинитов или Hall [88] для южноафриканских. Для соседнего с исследованным первыми авторами района Высоцкий [80] показал, что и черные и зеленоватосерые серпентиниты происходят одинаково из дунитов, и хотя Аршинов и Меренков утверждают, что зеленые серпентиниты происходят из гарцбургитов, а синие из дунитов, нельзя не усомниться в этом, так как устанавливается это на основании очень неубедительных признаков структуры. Hall, наоборот, считает синие серпентиниты происшедшими «повидимому» из пород, богатых амфиболом и пироксеном, а зеленые — из дунитов. В Ильчирском месторождении синеватые серпентиниты связаны с сине-черными и черными (с синеватым оттенком) всеми переходами и в отношении цвета это по существу одни и те же разности. Причину различия в цвете следует скорее всего приписать выделению при серпентинизации магнетита, т. е. переходу части закисного железа в окисное: закисные соединения этого металла не окрашивают обычно заключающие их минералы, в то время как закисно-окисные и притом водные имеют по Курнакову [800] и Mac Carthy [814] синие цвета. Очень интересно было бы выяснить вопрос на достаточном количестве материала сравнительно очень простой химической пробой: определить титрование отношения окислов железа в синих и зеленых серпентинитах одной и той же местности, но только при соблюдении условий, уже давно указанных Mäuselius [850], т. е. не дробить очень сильно порошок породы для анализа.

нитового месторождения, заслуживающего этого названия, можно будет встретиться с случаем, где брусит — пусть в виде незначительной примеси — отсутствовал бы совершенно⁸.

Как уже указывалось, ильчирские серпентиниты явно моложе вмещающих пород и оказывают на последние отчетливо контактное воздействие, ограничивающееся впрочем, как и всюду на земном шаре, пределами только карбонатных пород. Последние в контакте с серпентинитами превращены в то, что на Урале принято называть «лиственитами» — испанцы называют их «duelo» или «doelo» (Schulz [155]).

На Урале создалась традиция в отношении «лиственитов», которые считаются иногда **только по аналогии** (Кротов [58]) апосерпентинитовыми и вообще апогипербазитовыми породами, несмотря на то, что еще Карпинский [153 и 154] писал о влиянии серпентинитов «на соседний известняк», причем, как это «часто (подчеркиваю я — В. Л.) наблюдается на Урале», «влияние это выражается превращением известняка в лиственит». Только у авторов, не связанных подобной традицией — Weinschenk [493], Angel и Martini [141], Батов [491], Кузнецов [492] и многие другие (см. подробно в моей работе) — можно встретить правильное — контактово-метасоматическое — толкование и доказательство последнего для «лиственитов» и подобных им контактовых образований.

Между тем первое, что обращает на себя внимание при апогипербазитовом толковании серпентинитов, это то обстоятельство (замеченное мною не только в гипербазитах, но и базитах), что при превращении оливинов в карбонаты последние чаще всего сказываются вовсе не магнезиально-железистыми или даже не доломитовыми, а кальцитовыми или близкими к последним разностями (см. ниже правило полярности). Уже одно это обстоятельство должно послужить поводом к критическому подходу к «лиственитам». И действительно ильчирские представители последних оказались на основании всех фактов, наблюдаемых в месторождении, не чем иным, как метасоматически-измененными в контакте с гипербазитами известняками ильчирской свиты. В самом деле, во всей юго-западной 70-км полосе серпентинитов, пройденных мною, совместно с Гекоевым в 1928 г., встречаются точно такие же макроскопически карбонатные породы, как на Ильчире, так же часто с тальком, серицитом, фукситом и иногда серпентином, и приурочены такие карбонатные породы только к выходам серпентинитов и их материнских пород. Вдали от последних — по простиранию отдельных линз полосы — карбонатных пород представлены или известняками, или в крайнем случае, несколько доломитизированными известняками, но не железисто-карбонатными породами. Если протянуть по простиранию комплекс пород, вмещающих ильчирские серпентиниты, то этот комплекс вместе с карбонатными породами попадет как раз в то место ильчирской синклинали, отдаленное от каких бы то ни было интрузивных пород, где к преобладающим хлоритовым, зеленым и другим микро-

⁸ Минерал этот легко обнаруживается в шлифе среди серпентинитов по ясно большему, чем у последних, преломлению, обусловливающему ясный же дисперсионный эффект в стыке с серпентинитами, по большему, чем обычно у последних, дупреломлению (около 0,017—0,020) и по очень быстрому растворению в соляной кислоте; от клинохлоров брусит можно отличить иногда только микрохимической пробой — по легкой растворимости в HCl.

сланцам начинает примешиваться довольно заметное количество известняковых прослоев. При этом сланцеватые породы и там и здесь (на Ильчире) в точности отвечают друг другу и по составу и по структуре, а вместо известняковых пород мульды мы в части ее, включающей ильчирские серпентиниты, будем иметь «листвениты». Петрологически такое видоизменение комплекса пород у контакта с более молодыми апогипербазитовыми серпентинитами вполне понятно и даже неизбежно, так как известняки представляют собою легко видоизменяемые (при контактовых воздействиях с привнесом) породы⁹. К этим по моему самым важным и убедительным фактам, так сказать регионально-геологического значения, указывающим на происхождение ильчирских карбонатных пород, необходимо добавить частное наблюдение по отношению к первым, касающееся отдельного выхода на участке самого месторождения. Серицит-карбонатные сланцы («листвениты») этого выхода, содержащие наряду с принесенным и первичный, обломочный, кварц и углистые вещества, находятся как раз на протяжении по простиранию углисто-известковых сланцев, обнажающихся в пределах месторождения (вдали — около 1 км, поблизости — около 75 м от главной серпентинитовой линзы) и содержащих также кластический кварц и также в незначительном количестве. Присутствие последнего и особенно углистого вещества исключает, можно сказать, совершенно всякие сомнения в том, что именно эти углисто-известковые сланцы и могли служить теми первоначальными породами, из которых получились углисто-карбонатные («листвениты»), в которых карбонат близок к доломиту, брейнегиту и еще более железистой, чем последняя, разности (см. ниже) и которые отличаются таким образом от других карбонатных пород только наличием углистого вещества. Больше того, на указанной линии одного с осадочными породами простирания (NE — около 60°) и протяжением около 2,5 км, линии, на одном конце которой находятся углистые «листвениты», на другом углисто-известковые сланцы, в расстоянии около километра от последних обнаружен типичный диопсидовый роговик в непосредственном стыке с серпентинитами главной линзы. Это единственное место в непосредственном окружении последней, где в 1915 г. (Лодочников [3]) можно было наблюдать на протяжении десятка метров совершенно ясный стык главной массы серпентинитов и окружающих пород. Наиболее же замечательные образцы различных по составу карбонатных пород были собраны в то время из глыб (остроугольных), находящихся в расстоянии десятка-другого метров от границ главной серпентинитовой массы, так что не исключена возможность, что и здесь находятся быть может подобные же роговики, отделяющие эти «листвениты» от серпентинитов. В таком случае мы имели бы здесь совершенно неоспоримое доказательство защищаемого мною способа контактово-метасоматического происхождения ильчирских «лиственитов».

Оставляя дальнейшее рассмотрение доказательств контактово-метасоматического происхождения ильчирских «лиственитов» до появления всей работы, укажу еще только на два петрографических обстоятельства. При микроскопическом изучении этих пород оказа-

⁹ В контактах гипербазитовых пород с вмещающими известняковыми породами последние обычно метаморфизуются весьма незначительно.

лось, что некоторые из них содержат несомненно-кластические альбит и кварц, иногда явно замещающие карбонатами, а местами также и серицитом. Если тем не менее количество кварца (кластического вместе с инфильтрационным) поднимается до 10% или даже до 15% по объему, то едва ли можно сомневаться, что это указывает на происхождение наших «лиственитов» именно из известняков, содержащих часто во всем описываемом районе кластические же кварцы, а иногда и альбиты. Второе обстоятельство, замеченное при изучении шлифов, пожалуй еще важнее. Оказывается, что серпентиниты содержат на периферии своих выходов совершенно такие же карбонаты, как в контактных карбонатных породах, и что эти карбонаты несомненно вовлечены в серпентиниты при интрузии гипербазитов, причем карбонат совершенно очевидно замещается антитигритом. В одном месте замечена даже прекрасная псевдоморфоза лейстовидного интитогрита по ромбоэдру карбоната (Гокоев).

Заканчивая на этом рассмотрение вопроса о происхождении ильчирских карбонатных пород¹⁰, тождественных так называемым лиственитам¹¹, должен отметить, что я не собираюсь отрицать возможности происхождения таких пород в других местах из гипербазитов, а настаиваю только на малой вероятности такого генезиса. Для меня будет совершенно достаточным, если всем вышеприведенным—я все же должен сослаться еще раз на свою реферруемую здесь работу—мне удастся убедить петрологов, что *opus probandi* должен лежать не на защитниках метасоматического происхождения карбонатных пород из известняков, а на их противниках.

Особенности состава контактово-метасоматических карбонатных пород Ильчира

Так как ильчирские карбонатные породы послужили можно сказать главной причиной моего литературного исследования по всем серпентинитам земного шара, то я позволю себе остановиться еще на двух фактах, замеченных мною при их исследовании. Последнее обнаружило, во-первых, что состав карбонатов этих пород даже в крохотном кусочке, бравшемся для исследования по иммерзионному методу, всегда различный, так что никакого химического равновесия в этих породах не наблюдается. Иногда в составе породы находятся все представители карбонатов от доломита или от брейнерита почти до чистого пистомезита. Факт этот, замеченный—повторяю—на всех исследованных образцах и потому ни в какой мере не случайный, достаточно удовлетворительно по моему объясняется тем, что мы имеем здесь дело с поствулканическими явлениями и именно в известняках. Как уже указывалось, эти явления (это особенно касается интрузий)

¹⁰ Плагаю, что для читателя должно быть понятно, что, применяя термин карбонатные породы, я имею в виду только достаточную для разбираемого случая краткость. В действительности же это кварцево-, или серицитово-, или фукситово-, или тальково- и т. д. карбонатные породы, иногда с двойным или даже тройным определительным словом (см. также ниже, через один абзац).

¹¹ Термин «лиственит», хотя он и очень давний и достаточно краткий, я ставил всюду в кавычки по той причине, что слово «лиственит» имеет очень различный смысл по содержанию понятия, им выражаемого.

не представляют собою процесса, непрерывно идущего в одном и том же направлении; процессы эти, пульсирующие с частыми возвратами к предшествующим фазам их протекания. При явлениях интенсивного замещения как в случае известняков местами происходит несомненно частая закупорка путей для метаморфизирующих растворов, благодаря чему изменение протекает то около одного центра, то около другого, и если сверх того и сами растворы по температуре, составу и давлению меняются и порода, как это надо ожидать от известняка, достаточно чувствительно и легко отзывается¹² на эту перемену,—то получаются все предпосылки для объясняемого явления. Во всяком случае факт такого разнообразия в одной и той же породе состава минералов, образующих между собою твердые растворы, для меня был совершенно неожиданным; упоминания о нем я не встречал ни в русской, ни в мировой литературе. Поэтому я и обращаю на него внимание и ставлю весьма интересную для петролога задачу изучить в этом направлении контактово-метаморфические—в том числе особенно метасоматические—известняки, доломиты, скарны и пр. Легче всего задача разрешима иммерзионным методом именно на породах, происшедших из известняков. Затем подобному же исследованию—для сравнения—следовало бы подвергнуть первично отложенные аналогичные же породы. Если допустить правильность моих рассуждений и предположений, то предлагаемая задача разрешила бы много важнейших петрологических проблем. В самом деле мне всегда представлялось достаточно странным, почему мы говорим о контактовых пятнистых (т. е. неоднородных изменениях) роговиках или вообще сланцах, а никогда не упоминаем о пятнистых кристаллических известняках. Ведь и здесь должна или по крайней мере могла проявляться пятнистость, быть может она в действительности и имеет место, только по скрытости или же нерезкости эффекта мы не можем *simplicité* ее наблюдать: пятнистость мраморов и карбонатных пород должна выражаться в пятнах, отличающихся оптически только по преломлению, различия которого в карбонатах без изменений заметить вследствие их большого двупреломления невозможно. С другой стороны, представляется странным при изучении шлифов метаморфических или метаморфизованных пород, почему так часто в последних мы в одном и том же шлифе встречаем чуть ли не в стыке друг с другом отдельные зерна эпидота, цоизита и клиноцоизита, или различных хлоритов, эпимагматических амфиболов, или наконец других минералов, образующих изоморфные смеси. В частности например, судя по вышеуказанным наблюдениям в карбонатных породах, интересно было бы проверить иммерзионным методом, насколько одинаковы составы андрадитов и геденбергитов в скарнах¹³ и параллельно гранатов и пироксенов в эклогитах. Понятно также, насколько интересны такие исследования для учения о кристаллических сланцах, которые многие авторитеты считают даже более равновесными (!) системами, чем изверженные

¹² Таким образом этот факт говорит скорее в пользу происхождения карбонатных пород из известняков, чем из серпентинитов, о легкой замещаемости которых думать конечно не приходится.

¹³ Совершенно очевидно, что и здесь при интенсивности например в непосредственных контактах и длительности процесса все первоначальные различия могут выражаться подобно тому, как это имеет место при переходе пятнистых роговиков в однородные.

горные породы, с чем ни в коем случае согласиться невозможно и по очень многим основаниям, о которых однако будет речь в следующей моей работе по Ильчирско-мондинскому району. Вышеприведенными строками я хотел только предупредить более молодых товарищей о наличии такой важной для петрологии темы, наметив только главные этапы предлагаемой задачи и предупредив сверх того, что эта по существу своему сравнительная и статистическая проблема никак не может быть решена единичными наблюдениями, на массовые же у меня самого времени не найдется.

Правило полярности магматических и постмагматических минералов

Вторым очень интересным наблюдением в связи с изучением ильчирских карбонатных пород, заставившим меня перерывать всю мировую литературу по серпентинитам, явилось следующее. Оказалось, что поствулканические процессы в связи с гипербазитами интересны не только привнесением огромного количества воды, но и многих других веществ и притом менее всего с первого взгляда ожидаемых в связи с этими породами и послуживших к образованию: серицита, фуксита, биотита, кварца, альбита и двух новых минералов¹⁴, из которых один является несомненно щелочной роговой обманкой, отличаясь от глаукофана только обратной схемой абсорбции и следовательно противоположным же знаком удлинения, вследствие чего и назван мною антиглаукофаном, другой имеет в точности все свойства турмалина, за исключением аномального и очень высокого (до 20—40°) угла оптических осей, несмотря на несомненную, оптически определенную, гексагональную сингонию и тригональный вид симметрии, почему и назван мною эйкотурмалином¹⁵.

В предыдущем абзаце я привел только «неожиданные» минералы, встречающиеся в генетической связи с серпентинитами и вообще гипербазитами, так как считаю необходимым подробно остановиться на этом интереснейшем химическом — и конечно минералогическом — явлении, постоянно наблюдающемся при изучении интрузивных (и эффузивных) пород и их воздействий на вмещающие породы, которое по этой частой его повторяемости можно назвать правилом полярности магматических и постмагматических минералов одной и той же магмы. Это правило можно формулировать следующим образом: поствулканические процессы несут с собою те элементы и окислы, которыми бедна сама порода, обусловившая эти процессы. Насколько явление это бросается в глаза исследователей, указывает то обстоятельство, что, начиная — насколько мне известно — с Weinschenk [2], его формулируют почти в одних и тех же выражениях (и интересно, что именно в связи с изучением серпентинитов и гипербазитов) и независимо друг от друга также Duparc и Pamfil [209], Лодочников (лекции студентам с 1926 г.) и Larsen [236]. В частности в моих лекциях по породообразующим минералам я приводил обычно следующие примеры.

¹⁴ Удивительно, как это до сих пор в петрографии никто не пользовался префиксом «эйко» от древнегреческого *Eikos* — подобное.

¹⁵ Если удастся отделить эти минералы от кварца и магнетита с тематитом (материала очень немного, так как коллекция привезена мною на собственные

В контакте с гранитами и гранодиоритами прилегающие породы довольно часто обогащаются биотитом, т. е. значит MgO и FeO — окислами, играющими незначительную количественную роль в химическом составе самих гранитов. С этим обстоятельством знаком почти каждый петролог, имевший случай наблюдать контакты указанных пород с глинистыми сланцами или известняками и пр.; последнее, будучи бедными окислами магния и железа, обнаруживают иногда вблизи от контакта такие количества темной слюды, что в наличии привноса не приходится сомневаться и без химического анализа. На это обстоятельство обращал внимание — правда, еще с микекитизацией — еще Becke [157], затем Erdmannsdörfer [158], Escola [160 и 675], Tem Barth [159], если не говорить о представителях французской школы, у которых такие примеры можно было бы набрать в большом количестве.

Сиениты и граниты нередко настолько обогащают контактируемые породы железными окислами, которыми они сами бедны, что получают даже железорудные месторождения. Вспомним также об андрадито-геденбергитовых скалах около этих пород и т. п. Габбро и особенно диабазы несут в породы окись натрия (альбититовые и олигоклазитовые жилы и особенно адиноли и спилситы) в довольно значительном количестве, а между тем роль этой окиси в составе самих этих пород весьма незначительна.

Эти примеры, уверен, не вызовут никаких возражений у петрологов. Сверх того я не видел ни одного, как кажется, нефелинового сиенита (общеизвестные коллекции Krantz, нефелиновые породы Богуты, северной части СССР, Зеравшана и др.), в котором не присутствовали бы поствулканические кальциты или канкринит.

В качестве примеров подобного рода соотношений между составом магмы и продуктами поствулканической деятельности последней можно привести (см. полную работу) очень характерные в рассматриваемом отношении наблюдения Schwarz и Leonard [167] над перматитами Южной Дакоты. В контактируемом слюдяном сланце количество Na_2O поднялось на 5% (с 2,1 до 7,1%), хотя в пегматитах развит главным образом калиевый полевой шпат (микролин, по авторам); затем рудник Кейстон славится своим литием в пегматите, а последний почти ничего содержащего Li_2O не внес в контактируемую породу; с другой стороны, пегматит беден P_2O_5 , а в контактовом сланце наблюдается явный привнос этого окисла, так что в результате нет прямого взаимоотношения, как выражают авторы, между составом пегматита и материалом, привнесенным в сланцы, им измененные.

Эти примеры правила полярности можно было бы продолжить, как кажется, сколько угодно. Многочисленные примеры его проявления в связи с серпентинитами и гипербазитами приведены в реферированной данной статьей работе¹⁶. В нижеследующем я кратко перечисляю все сюда относящееся с приведением также перечня минералов — почти исключительно постмагматических, — встреченных в генетической связи с серпентинитами.

средства в 1915 г.), то анализы обоих будут опубликованы, причем должен сказать относительно эйкотурмалина, что ни я сам реакцией со спиртом, ни химик ЦНИГРИ Книпович бора в минерале обнаружить не могли.

¹⁶ По этому вопросу цитировано в работе около пятисот сочинений.

Сначала о минералах полярных, частью или полностью.

Хлориты (сравнительно редко хромовые), тремолит (исключительно редко марганцевый), актинолит (редко нефрид и эденит); минералы кремнезема — кварц (реже халцедон и еще реже опал, частью супергенный, изредка кварцит) — минералы, встречающиеся с серпентинитами если не всегда, то почти всегда.

Гранаты, чаще всегоgrossуляр (нередко бесцветный), андрадит-grossуляр и частью андрадит¹⁷; эпидотовые минералы (исключительно редко тулит и натровый иоизит), кальцит (иногда вероятно супергенный; несравненно реже арагонит) — минералы, встречающиеся с серпентинитами очень часто.

Альбит, гораздо реже олигоклаз, и сюда же пожалуй более частый, чем предыдущие, диопсид (постмагматический), нередко подобно гранату бесцветный, благодаря чему диопсидо-grossуляровые породы принимались, несмотря на предупреждение об этом Sterry Hunt [169], за соссюриты или аплиты. В эту же группу или может быть скорее в следующую необходимо отнести и везувиан — минералы довольно частые.

Биотиты (флогопит, вермикулит), мусковит и фуксит — минералы частые. Темные слюды быть может следовало бы отнести к минералам довольно частым или даже, принимая во внимание слюдяные периодиты и кимберлиты¹⁸, — очень частым.

Корунд и сюда же пожалуй пренит (быть может этот минерал чаще чем другие пропускается; во всяком случае непонятно, почему он встречается реже, напр., везувиана) — минералы редкие. Щелочные амфиболы — глаукофан, псевдоглаукофан, антиглаукофан (см. выше) и крокидолит — минералы довольно редкие.

Остальные полярные минералы в генетической связи с серпентинитами следует отнести к очень редким — сюда относятся: дипир, цеолиты, нефелин, эгирин, жадеит, анальцит, диаспор (последний минерал согласно Larsen является обычным — not uncommon — в перидотитах и серпентинитах Пьемонтского плато Северной Америки, но вообще это неверно), властонит, пектолит, каолин, лавсонит и основные плагиоклазы (постмагматические), причем первые из перечисленных, дипир и цеолиты, встречаются чаще остальных.

Из постмагматических минералов, относящихся к категории ацидитофильных, т. е. свойственных породам кислым, встречаются в связи с серпентинитами и гипербазитами следующие.

Вода¹⁹, турмалин, который следует отнести к категории до-

¹⁷ Пироп никогда (?) не встречается здесь в виде поствулканического образования; в самих периодититах пироп встречается.

¹⁸ В своей работе я несколько подробно остановился на этих оригинальных и загадочных (см. работу) в некоторых отношениях породах. Так как кратко об этом не скажешь, прошу обратиться к оригиналу.

¹⁹ Вода частью в виде перегретых паров и своих элементов — протоматматична, должен еще оговориться, что вода, по-моему, минерал магматофильный вообще, а не ацидитофильный только, как принято повидимому считать; и так как серпентины едва ли отсутствуют в каком-либо перидотитовом массиве, то вода присутствует в связи с перидотитами всегда. По произведенным мною подсчетам с серпентинитами Урала связано в настоящее время около 132 км³ воды; всего вынесено уральскими гипербазитовыми магмами столько воды, что ее можно считать равной по объему более половины объема Балтийского моря, — соображения см. в реферированной работе.

вольно редких минералов в серпентинитах (очень редки хромовые турмалины), далее тумит, клиногумит, паргасит, датолит и флюрит, циркон и берилл, относящиеся к категории очень редких минералов, причем циркон и берилл встречаются повидимому чаще остальных.

Наряду с минералами полярными в серпентинитах и гипербазитах встречаются следующие постмагматические магнезиальные и железо-магнезиальные минералы²⁰; тальк — минерал если не повсеместный, то почти повсеместный в связи с серпентинитами; магнезиальные и железо-магнезиальные карбонаты²¹, в том числе доломит анкерит, бурый шпат — частью быть может супергенные, брусит — иногда несомненно супергенный — минерал сравнительно частый; серпентин — в окружающих карбонатных породах; ромбический пироксен (постмагматический) — редкий; оливин (постмагматический, иногда даже не высокогидротермальный) — очень редкий; периклаз — очень редкий.

Наконец из рудных минералов в виде постмагматических в связи с серпентинитами встречаем: магнетит, хромит²². Пирит, гематит и шпинели (последние быть может иногда гистеромагматические), далее ильменит и пирротин (иногда рутил, реже сфен и довольно редко перовскит) — минералы более редкие, чем предыдущие. Самородная медь и сернистые ее соединения, многочисленные минералы никеля, частью и редко супергенные, довольно часты²³. Платина, — можно сказать, специально гипербазитофильный элемент²⁴; то же в известной мере относится к элементам платиновой группы. Золото, наоборот, является и качественно и количественно минералом (элементом) ацидитофиль-

²⁰ Ср. кварцевые жилы, аплиты и пегматиты в связи с гранитами.

²¹ Едва ли чисто белые магнезиты — с кварцем или без него безразлично, могут быть супергенными образованиями; в водных растворах всегда имеется железо, в обычных поверхностных условиях выветривания всегда более или менее окисленное, и магнезиты, получающиеся от выветривания, должны быть бурными или во всяком случае не чисто белыми.

²² Несомненно большею частью минерал постмагматический (см. работу), встречается реже магнетита. Хром как элемент в виде окиси присутствует во всех (?) апоперидотитовых серпентинитах. Насколько часто этот элемент в химически ощутимых количествах находится в апопироксенитовых и контактовых (в известняках) серпентинитах, судить трудно; особенно интересно было бы проверить присутствие хрома — и химического и спектрографического — в этих последних контактово-метасоматических серпентинитах. К хромовым же минералам в серпентинитах относятся хромовые хлориты, диопсиды, гранаты, шпинели и очень редкий (Канада, Трансвааль, Австралия) стихтит.

²³ Медь образует иногда месторождения связанные с серпентинитами, но небольшого промышленного значения (Урал, Тоскана, Корнуэльс, Малая Азия, Новая Зеландия и др.); одно из них, впрочем повидимому довольно значительное (Малая Азия, Coulaut [629]). Замечательно, что медь встречается иногда только в связи с явлениями серпентинизации гипербазитов (Schreifer [633], Бетехтин [598]). Что касается никеля, то о нем можно сказать как об элементе то же, что было указано для хрома. Так же распространен, как и последние два элемента, марганец, обнаруживаемый химическими анализами пород; в виде же отдельных минералов встречается минералов встречается редко. Кобальт как элемент встречается несравненно реже никеля. В виде минералов встречается также очень редко.

²⁴ «Во всех магнезиальных породах и змеевиках, возникших на их месте, платина всегда должна содержаться», — пишет о платине Высоцкий в своей замечательной монографии [389, 565].

ным, но из исследований Noddack (599) можно вывести, что золото в то же время является элементом платинофильным²⁵.

Будучи вынужден за недостатком места сослаться на подробности, находящиеся в полной работе²⁶, я наконец просто перечисляю остальные элементы, обнаруживаемые в серпентинитах химически или в минералах, не упомянутых еще выше. Эти элементы следующие: фосфор, ванадий, барий, стронций (скандий), молибден, свинец, цинк, мышьяк и сурьма. Необходимо согласиться, что появление некоторых из этих элементов (о минералах ниже) в генетической связи с серпентинитами и гипербазитами представляется довольно неожиданным; укажу например на молибден, фтор и бор. Но подобного рода факты представляют как раз величайший петрологический интерес.

Возвращаясь к вопросу о полярности надо прежде всего сказать, что вообще большинство постмагматических минералов в серпентинитах составляет лишь ничтожные доли процента или единицы процентов по отношению ко всей массе породы; но надо иметь в виду, что в серпентинитах зафиксировалась только часть этих поствулканических веществ. Из них наибольшее количество принадлежит несомненно воде (5—10%) и кремнистым минералам. В заметном количестве находятся иногда минералы хлоритовой и гранитовой групп; корунд скопляется иногда в таких количествах, что допускает рентабельную разработку своих месторождений, связанных большей частью с серпентинитами и их материнскими породами. Собственно полярные минералы альбит и вообще жилы ацидитов образуют большей частью ничтожные доли процента всей интрузивной массы и лишь иногда, как в Андалузии или на Тихоокеанском побережье Северной Америки, составляют вероятно уже целые проценты от всей массы серпентинитов. Если теперь принять во внимание, что все эти минералы являются гидротермальными образованиями (под последним термином я понимаю и пневматолитические минералы), и если иметь в виду характеристику последних, данную Brögger²⁷, то без боязни сделать грубую ошибку можно утверждать, что количества полярных веществ, т.е. без воды, составляют в своей совокупности в большинстве случаев от долей процента до максимум 3—5% всей массы магмы — именно расплавленной массы — серпентинитов.

Факт очень частой противоположности прото- и постмагматических веществ одной и той же изверженной породы не может, как

²⁵ Во всех исследованных Noddack минералах, где платины более 5.10—6 по- является непременно и золото (кроме некоторых метеоритов). Кроме того в связи с серпентинитами нередко появляются сравнительно большие количества кварца, и если принять во внимание специально кварцефильный характер золота, то сравнительно не очень редкое появление его в связи с серпентинитами станет в некоторой мере понятным. Наоборот, очень редко, констатирование серебра, элемента скорее нейтрального или во всяком случае менее ацидитофильного, чем золото (Ферисман [633]), и значительно менее распространенного, чем медь (Вернадский), объясняется вероятно тем, что серебро вообще мало бросается в глаза и не ищется подобно золоту. Добавлю, для избежания недоразумений, что если иметь в виду замечаемое глазом появление благородных металлов в связи с серпентинитами, то всех их надо характеризовать в этом отношении очень редкими.

²⁶ Там же, см. о супергенных минералах, а также об углеводе, метане и пр.

²⁷ Классическое по своей четкости определение знаменитого норвежского петролога, последнего из живущих учителей наших учителей, гласит: «Порода, жилы образовались магматическим путем, если отвечающий ей жидкий расплав

мне кажется, оспариваться. Weinschenk, приведя частный случай такого явления, отметил, что оно не может быть объяснено удовлетворительно (речь шла оgrossулах, связанных с серпентинитами, и Weinschenk писал, что объяснить это явление «ist nicht gut möglich»). Позднее другие авторы также констатировали только самый факт полярности магматических и постмагматических минералов, причем в общей, подобной вышеприведенной формулировке правило полярности, высказанное мною, а затем Larsen, опять-таки без объяснений. Не претендуя на всесторонний, исчерпывающий охват этого очень интересного явления, я вместе с углублением в изучение именно серпентинитов пришел к следующему заключению.

Во-первых, правило полярности проявляется не только на породах, но и на самих минералах. Уже выше я указывал, что при карбонитизации оливинов весьма часто наблюдается не магнезиальный или железо-магнезиальный карбонат, а именно кальцит или близкое к нему вещество, не легко идентифицируемое оптически, и мне представляется сомнительным, чтобы путем замещения магнезиальных силикатов могли так часто, как это указывается, получиться в апосерпентинитовых (?) «лиственитах» карбонаты, резко отличающиеся по составу от кальцита. Кроме того я ни разу не встречал при своем достаточно большом знакомстве с гранитоидами из различнейших мест земного шара, чтобы натро-калиевые полевые шпаты были переполнены в такой мере серицитом и мусковитом, как это имеет место для плагиоклазов — обстоятельство, служащее хорошим диагностическим признаком различения полевых шпатов для лиц, не приучивших свой глаз к дисперсионному эффекту. Наоборот, при серицитизации плагиоклазов ортоклаз замещается не серицитом, а минералами цоизит-эпидотовой группы или кальцитом. Не задерживаясь на других примерах, приведу на этот счет еще только замечание Розенбуша: «Исключительная редкость образования карбонатов внутри богатых кальцием плагиоклазов (в габбро — В. Л.) поразительна», — писал этот единственный в своем роде знаток горных пород. Едва ли стоит говорить о том, что и явления сосюритизации плагиоклазов достаточно часты, но это вопрос другого порядка, так же, как появление например кварцевых жил в связи с богатыми же кварцем гранитами, или явления доломитизации, брейнеритизации и т. д., известняков в связи с богатыми магнезией гипербазитами. Я говорю о правде полярности, а не о законе ее.

Если мы почти всюду замечаем полярные постмагматические

совершенно заполнил соответствующую трещину единым актом (mit einem Male), а затем отвердел в породе, вследствие охлаждения, в течение непрерывного промежутка времени. Гидротермальное же происхождение имеет порода, образовавшаяся так, что проникающий в трещину раствор отлагал минералы на ее стенках, в то время как остающийся раствор двигался далее, давая тем самым место возможному проникновению новых растворов для отложения новых минеральных слоев и т. д. до тех пор, пока вся имеющаяся трещина не оказалась заполненной». Короче говоря, магматическая порода занимает тот же или почти тот же объем, который занимала отвечающая ей магма, в то время как гидротермальное образование получилось из объемов растворов, значительно его превышающих (по объему). Следовало бы также добавить, что метасоматические продукты требуют для своего возникновения по меньшей мере такого же количества веществ, как и гидротермальные образования. Здесь в полную свою силу входит закон действия масс, регулирующий не только выпадение веществ из растворов при понижении температуры, но и растворение новых веществ, вовлекаемых — в зависимости от количества растворителей — в процессе взаимодействия.

минералы, то это зависит прежде всего от того, что их легче всего констатировать именно вследствие их, так сказать, противоположности, полярности. Доказать постмагматичность кварца или биотита в самом граните очень трудно и часто вообще невозможно, хотя, по глубочайшему моему убеждению, они в нем всегда имеются (Лодочников [128]), в то время как эпидот или кальцит в ортоклазовом полевоом шпате сразу обращает на себя внимание. Кроме того постмагматические минералы представляют собою в огромном большинстве случаев соединения, выпавшие путем обменного разложения. Отложение их происходит не непосредственно вследствие насыщения ими несущих их растворов (см. примечание на стр. 135), а по причине взаимодействия между химически различными, т. е., можно сказать, полярными веществами. Это обстоятельство и делает понятным, почему незначительное количество веществ в поствулканических агентах может тем не менее оставить конкретные доказательства своего присутствия в виде полярных минералов. Отсюда также становится понятным, что главная трудность вопроса лежит не в самом факте полярности веществ, а в способе их распределения²⁸.

Как бы ни протекали условия дифференциации первоначального субстрата — вовсе кстати сказать не однородного, как это видно из распределения вещества на солнце, — из которого затем образовались различные магмы и породы, мы не должны себе представлять, что дифференциация должна идти до конца: было бы по моему совершенно непонятно, если бы в перидотитах отсутствовали полностью главные химические составные части полярных к ним пород гранитов, или в гранитах совершенно отсутствовала бы окись магния. Но в таком случае, если отбросить утрированно простое представление о магме некоторых видных петрологов и иметь в виду, что во время ее охлаждения должны протекать и протекают сложнейшие реакции и не только между различными фазами, но и в однородно-жидкой фазе с самого начала и почти до конца существования последней, то легко понять, что в зависимости от физико-химической обстановки, обусловленной геологической историей развития магмы в поствулканических остатках последней могут сосредоточиться самые различные соединения, дающие в конце концов интересные нас минералы. Нечего и говорить, что как раз небольшое количество полярных минералов должно говорить за позднее их происхождение, если вещества, их образующие, не обладают резко отличающимися химическими свойствами. Только последние могли бы, в противовес закону действия масс, вырвать для обладающих ими веществ известные окислы, в борьбе за которые — борьбе, меняющейся вследствие геолого-физико-химических причин на протяжении всей истории преобразования магмы в породу, —

²⁸ Если бы мы прибавили все эти вещества вместе взятые к общей массе данной изверженной породы и заставили их закристаллизоваться в последней, распределив их равномерно, то ни по химическому анализу такой материнской породы, ни по ее минералогическому составу мы не получили бы другой породы (конечно при одинаковых условиях ее кристаллизации в обоих случаях). Это — в большинстве случаев. В частных же случаях серицитизации, окварцевания или адинолизации, таким путем могла бы получиться совершенно другая порода.

в последней получают те или иные минералы. Словом, как мне кажется, ни само появление полярных минералов, ни источник материала, из которого они образуются в том количестве, как это мы обычно наблюдаем, не представляет никакой трудности для объяснения.

Вся трудность состоит в объяснении наблюдаемого распределения, т. е. концентрации этого небольшого по сравнению с массой всей породы количества полярного вещества в определенных участках этой породы. Но трудность эта совершенно понятна: решение поставленного вопроса есть в то же время и решение проблемы о месторождениях полезных ископаемых — задачи слишком обширной, чтобы за решение ее позволительно было бы браться ученому, ни с какой стороны не считающему себя специалистом в этой области. Как петролог, я считаю позволительным указать, что едва ли такая концентрация возможна — или во всяком случае едва ли легко объяснима — путем протоматматического процесса, и что изучение петрологии и минералогии серпентинитов как раз показывает, где легче всего искать причины таких концентраций: это наиболее могущественные и длительные из всех нам известных на земле переносящих и перераспределяющих вещество, преобразующих и видоизменяющих породы процессов — процессы постмагматические, гидротермальные (в том числе так называемые пневмоматматические). Укажу например на гидротермальные процессы колоссальной интенсивности и метаморфизирующей силы в Киргизской степи, где явления силификации имеют, можно сказать, региональный характер (Русаков [660], Наковник [661] и др.). Замечательно при этом, что, несмотря на указанные масштабы и интенсивность процесса, иногда сохраняются такие участки, — как это я наблюдал в коллекции Наковника и других, — где по шлифам можно сказать, из порфирита ли или из туфа произошла почти чистая кварцевая порода. Быть может только вследствие совпадения собственных мыслей мне кажется, что едва ли я, будучи не специалистом, ошибусь, сказав, что тенденции современного ученого о полезных ископаемых клонятся повидимому к тому, чтобы перевести многие процессы рудонакопления, принимавшиеся ранее за магматические, к явлениям гистеромагматическим (Spurr, Заварицкий — относительно хромитов и платины) или даже к постмагматическим (Карпинский — о том же).

Несостоятельность гравитационной теории дифференциации магмы

Если остановиться на серпентинитах и гипербазитах, очень странным покажется на первый взгляд то обстоятельство, что мы среди постмагматических или, еще того хуже, гистеромагматических минералов встречаем, как видели выше, с одной стороны, платину, магнетит, хромит, а с другой — воду в большом количестве и даже метан; с одной стороны, тяжелые гранаты и магнезиальные минералы, с другой — наиболее легкие альбит и кварц и т. д., и т. п. Можно ли, спрашивается, считать, что гравитативно-кристаллизационная гипотеза имеет хоть сколько-нибудь общее значение при такой пестрой картине в чередовании самых различных по удельному весу минералов в последние стадии кристаллизации и различных магм и одной и той же перидотитовой магмы? Ведь и вещество породы, и вещество пост-

вулканических продуктов, и вещество, распылившееся и исчезнувшее из поля нашего зрения — все это ранее было сосредоточено в первоначальной субстанции огненно-жидкой магмы, источнике всех этих продуктов. Можно возразить, что такая постановка вопроса может возникнуть только при утрированно-простом представлении о течении процессов в магме. Такая постановка между прочим предполагает, что количество воды в магме столь ничтожно, что его можно назвать «следами» (Bowen [469]). Однако в любой породе такой воды содержится не менее полупроцента, обычно же более процента и конечно в магме ее было много больше, особенно если обратиться к магме серпентинизированных перидотитов, в которой, как мы видели выше, должно было заключаться 5—10% воды.

Предположим только на мгновение, что перидотиты и особенно дуниты и оливиниты действительно представляют собою, как это полагают сторонники гравитативной дифференциации, собрание осевших из базальтовой магмы кристаллов. Не говоря уже о том, что большое количество газов и паров препятствовало бы всякой гравитации²⁹, можно задаться вопросом, каким же образом эти минералы (для дунитов — один минерал, для гарцбургитов — оливин и ортопироксен) увлекли с собой из базальтовой магмы до 5—10% воды, метан и другие газы (сернистый газ, бор, иногда сосредоточивающийся в заметном количестве (Тоскана), фтор и др.)? Более того, если на мгновение согласиться и с этим невозможным допущением, то спрашивается, сколько же паров и газов должно было заключаться в самой базальтовой магме, если выделившиеся из нее вначале минералы, в числе их главным образом оливин, составляющий максимум 10—20% всей магмы по весу³⁰, мог увлечь за собой скажем только 5%, если взять низший предел — по весу паров и газов. Ведь в таком случае, даже предполагая, что оливины увлекли за собою все пропорционально причитающееся им по весу количество воды, мы должны были бы принять, что в базальтовой магме должно было заключаться соответственно 33—20% воды по весу! Я думаю продолжать опровергать эту гипотезу не имеет смысла, так как на основании всего вышеприведенного можно совершенно смело утверждать, что дуниты и перидотиты никак не могли образоваться из базальта помощью опускания вниз из его магмы оливинов и пироксенов и дать таким путем (! — В. Л.) накопление последних в колоссальные иногда массы горных пород (Урал, Пьемонтское плато Северной Америки). Я очень рад сказать, что наконец и наш первоклассный полевой петролог А. Н. Заварицкий [568] отказался от приложения этой гипотезы к проблеме происхождения дунитов. Но если гравитационно-кристаллизационная гипотеза не приложима даже для объяснения происхождения перидотитов и дунитов, т. е. пород, почти постоянно встречающихся с габбро и диабазами, то для какого употребления, спрашивается, она остается нужной?

²⁹ Это наблюдается, как я указывал в своей статье об анортозитах [468], даже в опытах с очищенным лабораторным материалом глазного защитника гравитационной гипотезы Bowena.

³⁰ В «первичном», т. е. исходном для всех пород базальте Daly [390] всего около 5% (грубо, на-глаз) оливина по весу. В исландских базальтах такого же нормативного оливина до 10% по весу.

Ряд других соображений по поводу этой гипотезы читатель найдет в моей полной работе, здесь же остановлюсь еще только на одном обстоятельстве, касающемся гипербазитов и серпентинитов. Если все породы происходят из одной базальтовой магмы, то каждой породе, более богатой SiO_2 , чем базальт, должна быть комплементарна относительно базальта другая, более бедная кремнекислотой, чем базальт, и притом непременно в определенном к первой количестве. Ведь обе они вместе взятые и должны составить исходный «первичный» базальт. Задача легко решается на предложенной мною [698] диаграмме.

Исходим из средних мировых анализов гранита и базальта и задаемся средним содержанием 38% SiO_2 , наблюдаемым в перидотитах (по Daly [390]). Простым построением на указанной диаграмме можно сейчас же получить, что комплементарной граниту относительно базальта будет порода, ближе всего лежащая к щелочному пироксениту, но все же довольно-таки уклоняющаяся от него по составу. Если бы мы даже получили породу, точно отвечающую этому щелочному пироксениту, то этого все-таки было бы еще мало: необходимо было бы удовлетворить одновременно и второму следствию комплементарности — о количестве этой породы. Оказывается такого щелочного пироксенита должно было быть в 1,2 раза [1] больше, чем всех наблюдаемых гранитов (пусть по Daly только посткембрийских). Если задаваться количеством SiO_2 большим, чем взятые выше 38%, то количество таких пород должно быть еще большим, чем в первом случае. Если принять для SiO_2 34%, отвечающих среднему дуниту, то получается порода, слишком сильно отличающаяся от земных, оставляя даже в стороне тот факт, что она должна была бы быть также распространена, как и граниты, и т. д. Таким образом, предполагая, что граниты — пусть только пост-кембрийские — образовались из базальтов путем гравитационной дифференциации, мы получаем, как видно из предыдущего, соотношения решительно противоречащие распространенности горных пород на земной поверхности. Я остановился на этом обстоятельстве только потому, что Bowen, защитник и воскреситель гравитативно-кристаллизационной гипотезы, неоднократно указывает в своих сочинениях (см. например в моей работе об анортозитах [468]), что не важно, наблюдаются ли в природе случаи, где ясно видна такая гравитация, и понятна она или нет для ее противников, — от гипотезы требуется только, чтобы она подтверждала следствия, из нее непосредственно вытекающие. Мы только что видели, каковы должны быть эти следствия в самом главном вопросе, касающемся распространенности главнейших пород на земной поверхности. Возможно возражение, что такие соотношения, которые вытекают из приведенных выше расчетов, существуют на самом деле, но что для пород, получившихся от гравитационного скопления кристаллов, нельзя ожидать, что они будут обнажаться с той же частотой, что и граниты. Не говоря уже о том, что это рассуждение вводит новое предположение, новую гипотезу, оно совершенно очевидно является уничтожающим для гипотезы обстоятельством в смысле предполагаемого ее соответствия наблюдаемым фактам. Однако и это еще не все. Допустим еще раз на мгновение, что гравитативно-кристаллизационная гипотеза действи-

тельно имеет место, и что породы образуются из базальтовой магмы. В таком случае возможны только два предположения: 1) или процесс, обуславливающий дифференциацию, неумолимо идет до конца или 2) процессу могут мешать известные факторы: присутствие газов и паров, перепутывающих опускание тех или иных минералов, быстрое охлаждение, останавливающее процесс, закон действия масс, приводящий к образованию вначале более легких минералов, и т. п. В первом случае — почти невероятном — мы должны получить всегда конечный продукт, каковым по Vogt [699] является вовсе не обыкновенный гранит, а гранит альбитовый, т. е. порода, как известно, достаточно редкая, если даже не сомневаться в том, что альбит в ней первичен. Во втором случае — единственно вероятном — мы должны были бы получить, как совершенно неизбежное следствие, что от базальта по направлению к граниту должны располагаться все более и более редкие породы, т. е. в ряду диорит — кварцевый диорит — гранодиорит — гранит: последняя порода должна была бы быть наиболее редкой, что опять совершенно противоположно наблюдаемому в природе соотношению.

Таким образом фактов, которые бы отвечали дифференциации по удельному весу или еще того менее фракционированию³¹, — мы в действительности не наблюдаем. Гипотеза оказывается совершенно неприложимой к гипербазитам и находится в самом явном противоречии с фактами самого общего порядка, относящимися к известной нам в грубых чертах относительной распространенности тех или иных горных пород на земной поверхности³².

Предыдущее чисто отрицательное заключение не будет иметь достаточно положительного результата, если послужит сторонникам гравитационно- и фракционно-кристаллизационной гипотез стимулом к отысканию более убедительных доказательств приложимости этих гипотез, хотя бы в каждом отдельном случае разбора природных соотношений. С другой стороны, я был бы совершенно удовлетворен, если бы это отрицательное заключение хоть сколько-нибудь помешало увеличению числа сторонников указываемых гипотез — сторонников, в числе которых находится, к сожалению, много видных петрологов, естественно дающих своим авторитетом на начинающих (и не только начинающих) ученых.

Что касается моей собственной точки зрения на этот счет, то, приглашая интересующегося читателя обратиться к моей полной работе, я должен сказать, что вопроса о дифференциации в той его постановке, которая теперь существует, для меня нет, и по моему его еще не скоро можно будет поставить, так как необходимых для этого наблюдений имеется, можно сказать, ничтожное количество. Я говорю о фактах, действительно констатированных, причем необходимо добавить, что количественных учетов на каждой отдельной местности почти совсем нет. Первопричиной же всех изменений в первоначально единой и однородной магме, если последняя как таковая когда-либо существовала, является несомненно изменение температуры и — что еще гораздо важнее — наличие во всех магмах достаточного количе-

³¹ Под этим термином разумеется отжим твердых кристаллов из жидкой магмы — гипотеза, гораздо менее понятная, чем гравитационная и привлекаемая теперь на помощь последней, как лучше *testimonium pauperitatis* гравитационной. О фракционировании см. в подробной работе.

³² О гипотезе переплавления см. в полной работе.

ства газов и паров, в чем, относительно ацидитов, как кажется, никто не сомневается и не может сомневаться, о том же, что эти газы и пары играют существенную роль в базитах и гипербазитах, показано в моей полной работе. Оба эти условия создают совершенно неизбежно то, что при малейшем различии температуры в разных частях магмы, т. е. при зарождении самого небольшого температурного потенциала, начнутся потоки вещества, весьма облегчаемые и обусловленные наличием газов и паров и приводящие к неизбежной дифференциации даже в весьма жидкой еще магме³³.

Всем вышеприведенным с небольшими исключениями и совершенно необходимыми дополнениями ограничивалось содержание моего доклада в НИТО ЦНИГРИ³⁴. В своей полной работе я останавливаюсь еще на вопросе о происхождении серпентинов и серпентинитов (особенно последних), — вопросе очень важном с точки зрения развития петрологических идей и методов работы. Излагать его кратко не имеет по моему никакого смысла — это настоящая история развития методов петрологической (полевой) и петрографической (камеральной) работы. Поэтому в отношении серпентинитов я ограничусь только одним, по моему, важным замечанием, относящимся к весьма распространенному заблуждению. Дело вкратце состоит в следующем: написав формулу превращения оливина, энстатита и т. д. в серпентин, огромное большинство авторов не замечает того, что в этой формуле заключаются только несомненные (начальные и конечные) и предполагаемые активные продукты, но ни в какой мере не ход самого процесса. Поэтому-то при переходе к последнему и получается ошибка, вытекающая конечно из вышеуказанной презумпции, смешивающей совершенно различные вещи: на основании написанной формулы, молчаливо идентифицируя ее с происшедшим, часто весьма сложным процессом, заключают об объемах всех действующих масс, по объемам в написанной формуле. Очевидно *simpliciter* одно из другого вовсе не следует, откуда совершенно ясно, что об изменении объема при серпентинизации можно судить только в каждом отдельном конкретном случае на основании геологических наблюдений³⁵, если они могут этому помочь. Еще знаменитый Zirkel писал, что сомнительно, чтобы при превращении оливина в серпентин происходило изменение в объеме, так как под микроскопом отделенные серпентином остатки оливина остаются в совершенно той же общей ориентировке; то же самое повторял и Weinschenk. Если только что приведенную аргументацию можно еще оспаривать, то следующая, по моему обладает математической убедительностью, так как с геометрией спорить не приходится: какое, спрашивается, имеем мы право говорить об изменении объема оливина при превращении его в серпентин, если часто — даже в псевдоморфозах заполнения, а не гомоморфных — сохраняются углы между гранями бывшего кристалла

³³ Пример с газовой магмой можно наблюдать на солнце, где согласно новейшим исследованиям (Эпик [702], Klüber [571]) имеется например несколько слоев (отмечается пять), состоящих преимущественно из паров кальция, разделенных слоями раскаленного водорода, приблизительно в двадцать раз (!) более легкого, чем кальций.

³⁴ По просьбе редакции я откладываю до другого раза изложение доложенных здесь и приведенных в работе соображений, говорящих решительно против десилификационной гипотезы, теснейшим образом связанной с серпентинитами и гипербазитами.

оливина и притом в такой мере, что еще в 1835 г. Quenstedt [1137] даже численно мог идентифицировать на полной серпентиновой псевдоморфозе до полутора десятка граней оливина (Snarum в Норвегии). С другой стороны, имеются случаи заметного увеличения в объеме оливиновых зерен даже при далеко неполной их серпентинизации: еще Bonney [715], а затем Judd (816) обращали внимание на действительно часто наблюдающееся явление сильного растрескивания плагиоклазов вокруг серпентинизированных оливинов. Брекчии трения в серпентинитовых телах также явление нередкое. Остановливаясь на этом обстоятельстве не только для устранения частых, как указывалось, заблуждений, но и для того, чтобы указать (см. подробнее в моей работе), что в вопросе о происхождении асбеста мы также не можем связывать себя «объемными» соображениями, и что несомненно асбест может образоваться не только замещением, но и выполнением открытых трещин и притом в обоих случаях, как я стараюсь показать в полной работе, из гелеобразных масс, необходимо в большей или меньшей степени стягивающихся (отсюда помощь для образования из геля именно волокон) при своем усыхании. При такой концепции многие черты в строении, образовании, распространении, длине волокна и пр. асбестов приводятся в стройное, друг от друга зависимое и гармоничное целое.

Ленинград, Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт

(Рукопись поступила 9 апреля 1933 г.)

³⁵ Это же, понятно, касается вообще всех случаев метаморфического процесса, в том числе и кристаллических сланцев, о чем я надеюсь написать в другом месте.

Serpentines and Serpentinities and the Petrological Problems Connected with them

(Summary)

Wartan N. Lodochnikov

The present paper embodies two reports made by the author before the Scientific and Engineering Society attached to the Central Scientific Institute of Geology and Prospecting (formerly U. S. S. R. Geological Survey), in Leningrad. The two reports contain the material embodied in the author's voluminous work being at present under way to publication in the Memoirs of the aforementioned Institute. (with about of 1200 quantations)

The author suggests the name of serpentinites for the rock consisting almost exclusively of minerals of the serpentine group. The lack of a special name for this rock, which often leads to all kinds of misunderstandings, has been commented upon by King and Rowney (64)¹, Lacroix (53), Johannsen (56) and others. Such a special term is quite as necessary as those of quartzite, kaolinite, pyroxenite, etc.

On the other hand, there is such a profusion of names for minor varieties of serpentine that their use has become unexpedient, may be also unnecessary. The author believes that, at least for a petrologist, special terms are necessary for the following varieties only. 1. Chrysotile, which is microscopically and thereby also macroscopically the fine-fibrous variety of serpentine. 2. Asbestos, which is the industrially useful variety of chrysotile. For the hornblende asbestos, for shortness as well as for its discrimination from the serpentine-asbestos proper, there exists the name of amiant. 3. Antigorite of definite and homogeneous structure, differing from the last two. 4. Bastite: homoaxial serpentine pseudomorph after pyroxenes. 5. The term serpopphite (serpentinophite) suggested by the author as a substitute for the term ophite, the inexpediency of which has been pointed out by Riess (386) and Hintze (67). Serpopphite represents the macroscopically compact or nearly compact varieties of serpentines of all colors with heterogenous structure, and resinous or waxy luster, which Malachow (101)—very appropriately—names as enamel-like. Microscopically the serpopphites are either textureless or possess an indefinite texture variable within but small microscopic areas. For the naming of minor varieties within these large groups descriptive words may be used, and the author suggests the term microantigorite for the antigorite varieties, the size of which amounts to one-two hundredths or thousandths of one millimeter, and abnormal lath-like antigorite for the mineral with abnormal interference colors—but less pronounced than in chlorites. This antigorite, which is the latest product of serpentinization, is almost invariably produced as the result of replacement of carbonates.

With serpopphites the author deals at a some length. These being present in serpentinites in a considerable quantity, frequently give the whole rock a panidiomorphic texture in which separate units are represented by areas, isometric in form but of widely different fabrics: these areas may be either textureless and non-polarizing, or showing polarizing patches, or again resembling microfelsite, checked microcline (in

¹ The numbers in parenthesis show the №№ of citations in the main authors work.

oblique sections of the latter) or fibrous partite etc. If we take into consideration the fact that such widely different textures within adjacent small microscopic areas are produced during the serpentinization not of some conglomerate, but of dunite orthopyroxene-olivine and—as in the case of the Ilchirsk occurrence—of harzburgite, we must arrive at the conclusion that it is dependent neither of composition or of physico-chemical condition of rock formation but of purely mechanical conditions namely of solidification accompanying the drying up of gels. If now we take into account the gradual transitions from serpophite to other varieties of serpentines mentioned above, we may be sure that not only serpophites themselves have derived from gels but also antigorites (these perhaps only partly), most assuredly chrysotiles and consequently, asbestos as well.

This explains the sharp variations observed in the optical properties of serpentines, so prominent because of the small values of refraction and double refraction, characterizing the compound $H_4(Mg, Fe)_3Si_2O_9$. Indeed, among the rock-forming minerals there could be scarcely found others in which these properties vary as widely. Upon this subject there is a great number of data in the foreign and especially in the Russian literature. According to these data the angle of optical axes varies between $\pm 0^\circ$ and $\pm 90^\circ$ for antigorites and between $\pm 0^\circ$ and $\pm 50^\circ$ for chrysotiles. The latter more restricted range is due to the fact that the angle $2V$ of chrysotiles has been measured much more rarely. The double refraction varies between 0 and 0,020 (Krotow [58] mentions the figure 0,024) while most frequently the range is 0,090,004. The refraction is also highly variable and not unfrequently drops to values lower than those for Canada balsam, but is never higher than 1.570.

The author draws a comparison between this wide range (1500—1570) with that for opals (1406—1460), he points out the analogous variable properties of rock forming opals in thin sections and also the fact, that, similar to the siliceous, phosphate and other minerals formed of gels, the sign of elongation of serpentines is also extremely variable—not only in one and the same piece of rock, but frequent also in the adjacent areas in one and the same thin section. All this may be easily explained if the gel-character of probably most serpentines is accepted.

While dealing with the course taken by the process of serpentinization of hyperbasites, the author draws attention to the following: 1. Frequent localization of the process. 2. Frequent returns to the preceding phases of its development (quite often the order of the formation of varieties of serpentine in one part of the deposit shows a sequence different from that in another part of the same deposit). 3. To the fact that at some places, and most frequently, olivine is the most easily serpentinized mineral, in other places the same is true of orthopyroxene. All this quite definitely shows that serpentinization could not be a manifestation of the process of weathering or any other surface process implying. 1. Regional character of alterations. 2. Continuity in one definite direction. 3. Absence of selection, that is, the invariable destruction of the less stable mineral, e. g. olivine first and then only, always in the same succession, of others (e. g. orthopyroxene). From this it may be concluded that serpentinization is a postmagmatic process.

Similar to nearly all the serpentinites of the world, the Ilchir serpentinites lie conformably, within the containing rocks and strike N—E in

two belts of more or less thick and large lenses but broken by intervals of containing rocks. The south-western belt has been followed 75 km in its extension while the other, north-east from the former, to the extent of 35 kilometers (Gokoew [6]). The Ilchir ones are apoperidotite serpentinites (mainly apoharzburgite, partly apodunite and apoolivinite) and often from porphyritic varieties (in the Ilchir these contain hardly any asbestos). All the serpentinites are of green and bluish color, so common for this kind of rocks; the colored varieties differ only in color and are undoubtedly derived from the same rock.

Most of the Ilchir serpentinites are represented by massive varieties the schistose varieties have been found only at the edges of the serpentinite lens. All these varieties belong to the antigorite serpentinites, while the chrysotile ones are not merely absent but even the chrysotile varieties with appreciable amounts of chrysotile within the basic mass of antigorite rocks are rarely met with. Some brucite-antigorite varieties were observed at some points of the area. The author being familiar with the ural and transcaucasian serpentinites and the literature on this question came to the conclusion that if one had a sufficient number of thin sections obtained from a serpentine deposit deserving this name, it would be hardly possible to meet with a case of a complete absence of brucite. The Ilchir serpentinites are surely younger than the containing them series of sedimentary rocks represented by quartzchlorite and green schists with subordinate limestones, sometimes carbonaceous and resembling in this respect the series containing serpentinites of the Central Alps (Weinschenk 45). The other series, on the contrary, is mainly represented by limestones with subordinate quartz-chloritic rocks and green schists. All these rocks may probably be referred to the cambrian sediments and strike in the south-eastern direction.

The more recent age of the serpentinites is shown by the disturbances caused by them within the containing rocks as well as by contact action on the limestones of the above mentioned series, which have been turned into the so called listvenites in the Ilchir, as well as in many other Ural deposits. The listvenites are limestones altered by contact metamorphism. Contrary to most authors describing them, these rocks are not carbonized hyperbasites.

The investigation of these carbonaceous rocks has disclosed a hitherto unknown fact, observed in all the samples subjected to investigation: it became evident that in a very little specimen taken for the determination of the composition of the carbonate by means of immersion method, carbonates of unlike composition may be observed, now beginning with dolomite and ending with mesitite and again, beginning with breunerite and ending with nearly pure pistomesite. The author explains this phenomenon by (1) pulsation of postvolcanic processes (2), by the character of rocks undergoing alteration, in our case these limestones actively absorbing the postvolcanic products, and (3) by feeble intensity and short duration of the postvolcanic processes themselves. A stress is laid upon the interest presented by the continuation of such investigations with the purpose of throwing some light upon processes of metamorphism in the broad sense of the term.

The further interesting observation in connection with the contact metasomatism which had produced these carbonate rocks, is that the postvolcanic processes, accompanying the intrusion of hyperbasites, have introduced various products besides the huge volumes of water which

has serpentinized the hyperbasite; these products have formed various minerals which hardly could be expected to exist in association with these rocks, namely sericite, biotite, quartz, albite and two new minerals, which so far have been characterized only optically. One of these possesses all the properties of glaucophane, except for the somewhat higher refraction and the negative character of the main zone, which led to naming this mineral antiglaucophane; the other mineral to which the name of eicotourmaline has been appropriated, is very like tourmaline (tetragonal system), differs from the latter by a highly abnormal angle of optical axes (up to -40°) and shows no reaction for boron.

While studying the problem of the postvolcanic products of the Ilchirsk serpentinites the author in his original work, discusses in detail all the literature existing on this subject (about 500 papers are cited); he arrives at the conclusion that the rule of polarity of magmatic and postmagmatic minerals, which has been stated in lectures delivered by him in 1926, is clearly observed in serpentinites (hyperbasites) and that the same rule, though not named as such, has been in one or another form mentioned (and always in connection with the study of serpentinites) by E. Weinchenk [2], Duparc and Pamfil [209] and, in a more general form, by Larsen [236]. This rule is as follows: the postvolcanic processes carry out these elements and oxides which play a second-rate rôle in the rocks they are connected. Having given the examples of enrichment by magnesia (biotites) in the vicinity of granites (Becke [157], Erdmannsdörffer [158], Eskola [160] and [675] Tom Barth [159], the representatives of the French school), by iron oxides in the vicinity of syenites and granites (the well known ore deposits), by sodium in connection with gabbro and diabases (albitites, adinols, spilositites, albitization), by calcium in connection with nepheline rocks (calcite, cancrinite), having also mentioned the interesting observations by Schwarz and Leonard [167], the author discusses in detail the partly or wholly polar products and minerals in connection with hyperbasites and serpentinites². Here belong chlorites, actinolites and silica minerals occurring nearly if not always, in genetic association with serpentinites; grossularites (sometimes colorless), andradite-grossularites and partly andradites (but never (?) postvolcanic pyropes), epidote minerals and calcite are very common albite and more often diopside (sometimes colorless). (Serry Hunt [62], vesuvianite are fairly frequent; biotites, muscovite and fuxite are common; the dark varieties of mica should be referred to very common minerals bearing in mind micaeous peridotites and kimberlites³. Corundum and prehnite (the latter is often omitted) are uncommon; alkali amphiboles: glaucophane, pseudoglaucophane, antiglaucophane and crocidolite are rather uncommon; dipyr, zeolites, nepheline, aegerine, jadeite, analcime, diaspore, wollastonite, pectolite, kaolin, lawsonite and basic plagioclases (postvolcanic) are very rare. The author proceeds to enumerate all the minerals and elements occurring as postmagmatic products in genetic association with serpentinites, treating in detail the subject on water, which, according to the author, is generally a magmatophile mineral (about 132 cubic kilometers of water are now associated with the Ural serpentinites) and that of aciditofile minerals—

² The author points out that the polar substances in most cases constitute altogether from fractions of one per cent to certainly not over 3–5 per cent of the whole mass of the magma, the largest amount falling to the share of silica.

³ The author treats these last interesting rocks in detail in the main work.

tourmaline, humite, fluorite, molybdenite etc. As to these minerals the author points out that for the determination of the magmatic provinces it would be of much greater interest to determine rare elements in some of the rocks rather than to carry out in full their analyses without these elements; this point had been discussed by E. S. Fedoroff [1899, 457] and more recently by F. U. Lewinson-Lessing [458]. Without pretending to have fully embraced phenomenon under discussion, the author suggests the following interpretation of the rule of polarity (wide difference). 1. This rule may be observed not only in rocks but also in minerals; soda-potash feldspars never contain sericite and muscovite in abundance any way similar to that in plagioclases, while it would seem that the reverse ought to be the case⁴. Olivines are often replaced by non-magnesia carbonates, namely by calcite, etc. The polar (widely different), minerals are easily detected because of their contrast, that is polarity. It is extremely difficult, may be even impossible, to prove the postmagmatic origin of quartz or biotite in granite, although the author firmly believes (Lodochnikow [128]), that they are invariably present in granites, while epidote and calcite are always in evidence when present in soda-potash feldspar. The deposition of postmagmatic polar substances does not take place directly due to saturation of the solutions carrying them but because of the interaction between chemically different, i. e. polar, substances. This explains why a small amount of polar substances present in the postvolcanic products may nevertheless leave evidence of its presence in the form of polar mineral. 2. Whatever be the conditions under which the differentiation of the original substratum had been taking place, the substratum of which magmas and then rocks were subsequently formed, we can not conceive the idea that such differentiation could be completed without leaving some magnesia in granites or some traces of the chief components of granites within the peridotites. Therefore, if we reject the too simple conception of some petrologists concerning magma and consider that during its cooling period some extremely complex reactions must have been taking place and not merely between different phases, but also within the homogenous liquid phase from the very beginning of the existence of the latter and up to the very end, then we shall come to the conclusion that—dependent on the physico-chemical conditions imposed by the geological history of the development of magma—widely different compounds may be segregated within the postvolcanic residues of this magma which will eventually produce the minerals under discussion. It goes without saying that the small quantity of polar minerals is in itself an argument in favor of their later origin, unless the substances from which they are formed possess any sharply different chemical properties. Nothing but the latter could, in counterbalance of the law of mass action, abstract certain oxides for the substances possessing them; in the struggle for these oxides varying in consequence of the geological physical and chemical causes throughout the period of transformation of magma into rock different minerals are produced within the latter. 3. As to the concentration of small quantities of polar minerals, sometimes in large masses, within the bodies of magmatic rocks, such concentrations take place by means of the most powerful and prolonged

⁴ The greatest authority on rocks, Rossenbusch says: „The great rarity of formation of carbonates within plagioclases rich in calcium (in gabbro) is indeed surprising“.

of known processes, which transport and distribute substances, change and alter the rocks,—that is the postmagmatic processes.

Further on, the author takes up the subject of gravitational and crystallization differentiation, showing that the latter could not be satisfactorily applied to serpentized peridotites. The peridotite magmas (not rocks) must have contained 5—10 per cent water. If these rocks had derived from basalts, how could it happen that 10—20 per cent (maximum) of olivine contained in these basalts (see basalt, Daly [390] or iceland basalts, etc.), have abstracted from the basalt as much as 5 per cent (by weight) of gases and vapors for the subsequent formation of dunite from basalt? If such were the case, and even if the olivines had abstracted the whole quantity of water contained in basalts and fallen, so to speak, to the lot of these olivines, even then we should have admitted that 33—20 per cent (by weight) of water had been originally contained in the basalt magma. It is obvious that for the serpentized dunites and peridotites—and these rocks vastly predominate among hyperbasites—the gravitational and crystallization hypothesis is not applicable. And if this hypothesis is not applicable to the predominating peridotites we may well ask what may its use be? Without discussing in any detail other facts contradicting this hypothesis and expounded in his main work, the author points out that the hypothesis not only fails to explain the main of the well known facts, that of the distribution of various rocks within the earth's crust, but is directly contradictory to it. If the basalt magmas had truly been the progenitors of all other rocks, then every rock containing SiO_2 in a larger quantity than basalt must have been complemented by another rock poorer in SiO_2 , and moreover, in fixed proportion with respect to the former. On the diagram suggested by the author (Lodochnikow 698) it may be easily shown that neither of these facts are to be observed within the earth's crust. Nevertheless, Bowen [469 and 680], who has resuscitated and defended the hypothesis persists in believing in its being conformable with the relations observed in nature. The author points out that neither of the most probable consequences that one may draw out from crystallization hypothesis, on the basis of the theory of probability, fail to satisfy the known facts on the rocks find confirmation in nature.

In his original work the author treats also the subject of the origin of serpentinites and asbestos. It appears that if the origin of the latter from helium be surmised all the facts observed in the asbestos deposits may be brought into one harmonious and mutually dependable whole⁵.

⁵ One may find also in the main work a full discussion of the hypothesis of desiccation.

Новый метод сопоставления и отождествления угольных пластов

Проф. Ю. А. Жемчужников

Несмотря на то, что геологи в своей повседневной работе постоянно пользуются различными методами сопоставления пластов, «методика индентификации» с принципиальной стороны и по сейчас является мало разработанной и критически просмотренной. Однако в последнее время появляется ряд работ, по которым можно видеть развитие палеонтологических методов сопоставления, с одной стороны, и зарождение новых петрографических методов — с другой. Если мы обратимся к истории этой методики, то перед нами отчетливее выступят основные тенденции ее развития на современном этапе. Вспомним, что основатели стратиграфической науки Кювье, инж. Смит, Леайль и др. доказали, что для каждого стратиграфического горизонта характерны исключительно ему свойственные виды животных или так называемые руководящие ископаемые (лейтфоссилии). И до последних лет этот принцип корреляции по единичным руководящим окаменелостям продолжает служить первым приближенным методом определения возраста для более крупных геологических подразделений (система, отдел).

Вскоре однако выяснилось, что в целях более дробного подразделения отложений ограничиваться такими единичными формами нельзя. Они имеют или столь широкое геологическое распространение, что перекрывают несколько ярусов или зон, т. е. мелких подразделений времени, и потому для каждого из них не могут считаться «руководящими», или, напротив, видовые формы в некоторых быстро эволюционирующих группах столь быстро сменяют друг друга, что не переживают и всей длительности одной зоны. В этом случае по предложению Оппеля, Ваагена и других было решено характеризовать «зону» как самое дробное стратиграфическое подразделение, учитываемое по фаунистическим признакам двумя «руководящими» формами. Одна видовая форма своим появлением определяет начало или зоны века отложения осадков, вторая своим исчезновением — конец ее.

Дальнейшие исследования, произведенные различными геологами на обширных площадях, хотя и подтвердили общую последовательность сменяющихся фаун и возможность зонального подразделения, но в то же время показали и сложность этого вопроса. Оказывается фауна и в пределах одной зоны (если судить по литологическому признаку) не остается постоянной по простиранию, отчасти и постепенно сменяя свой состав, так что начало первой видовой формы и конец второй являются лишь условными границами и могут не отвечать изменению облика всей фауны.

В новейших палеонтологических работах все чаще и чаще начинают для определения возраста пород прибегать вместо метода «руководящих ископаемых» к методу стратиграфического анализа всей фауны в целом. Этот анализ, проводимый разными авторами несколько различно, хотя и не выражается в каких-либо точных формулах, но имеет все большую и большую тенденцию к статистическому учету форм различного стратиграфического значения; при этом конечно не забывается относительный «удельный вес» отдельных видов. Из состава изучаемой фауны исключаются, во-первых, представители, встречающиеся в предыдущих и последующих подразделениях, т. е. длительные формы, как не дающие точного определения времени. Затем выкидываются также новые, местные видовые формы, не дающие возможности сравнения, т. е. тоже индифферентные в смысле возраста. В остальном составе выделяются те элементы фауны, которые встречаются и в более нижних слоях сравниваемых разрезов, но исчезают кверху. Они тянут возрастное определение книзу. Напротив те, что встречаются только выше, указывают скорее на более юный возраст. Наконец возможны случаи и очень ограниченного распространения исключительно свойственных данной зоне видовых форм. Произведя анализ всей фауны изучаемого горизонта с учетом относительного значения и количества отдельных видовых форм и сравнивая с различными членами уже изученных разрезов, можно с той или иной степенью вероятности определить возраст данного слоя. Этот метод является таким образом комплексным и отчасти статистическим.

Так, постепенно усложняясь, но зато делаясь более точным и отвечающим совокупности всех условий, эволюционирует методика палеонтологической корреляции пластов.

Но в самое последнее время, в особенности благодаря потребности в стратиграфическом разделении нефтеносных горизонтов, получил развитие новый метод микро-палеонтологического анализа. Сущность его состоит в том, что для каждого горизонта определяются все видовые формы микроорганизмов (фораминифер, радиолярий, диатомовых водорослей и т. д.) и учитываются их количества, которые наносятся на особые таблицы. Отдельные горизонты могут отличаться как наличием особых специфических форм, так чаще явным преобладанием некоторых форм, присутствующих в других горизонтах единично или в небольшом числе. Наконец при отсутствии этих ярко выраженных признаков общий комплекс видового состава может иметь характерную физиономию. Здесь количественные различия создают качественную характеристику. Критерий доставляет статистика.

Весьма любопытно, что возникший одновременно с этим микро-палеонтологическим методом метод микро-петрографический почти ничем не отличается от него с методической стороны. В последнем случае производят механический анализ изучаемой породы (песка), определяют в ней наличие тех или иных более или менее редких минералов, подсчитывают их количества (на пробу) и составляют такие же таблицы «частоты» для всех минералов и для разных стратиграфических горизонтов. Производится тот же статистический анализ на основании всей совокупности минералогического состава. Одним словом, здесь наблюдается полная аналогия.

Приблизительно такой же метод принят для так называемого «пыльцевого анализа», который имеет большое значение в стратигра-

фии торфяных болот и для третичных буроугольных месторождений Германии.

Заканчивая этот обзор, можно формулировать следующие основные тенденции развития методики в корреляции геологических слоев на основании органических остатков.

1. Наблюдается постепенный отход от метода единичных «руководящих окаменелостей» к комплексному анализу всей фауны (и флоры) в целом.

2. Этот анализ по существу является статистическим с учетом значения и удельного веса различных составляющих элементов.

3. Новейший этап характеризуется быстрым развитием микро-палеонтологической корреляции в противовес предшествующему периоду, где единственным материалом служили микроскопические ископаемые.

4. В своей методике микро-палеонтологическое сопоставление пластов еще более явно переходит на статистические методы, чем сближается с методами микро-петрографическими.

Новые методы идентификации на современном уровне стратиграфической науки должны учитывать все эти тенденции.

Сопоставление угольных пластов зиждется на многочисленных методах, в том числе и палеонтологических. Сводка их составит предмет особой статьи. Сейчас я остановлюсь лишь на одном новом методе идентификации угольных пластов, по существу микро-палеонтологическом, т. е. основанном на изучении микроскопических остатков ископаемых растений, базируясь на последних достижениях угольной петрографии. Хотя он еще не может считаться вполне разработанным, но уже обнаруживает все современные тенденции, указанные выше.

Петрография угля в отличие от петрографии изверженных и кластических пород имеет порообразующими элементами не минералы, а форменные растительные остатки. Таковыми являются прозрачные (в проходящем свете в тонком шлифе) тела в виде спор, водорослей, кутикул, смоляных телец и стеблевые ткани в виде полупрозрачного структурного витрена или непрозрачного фюзена. Кроме этого в угле присутствует и аморфная, так называемая «основная масса», которая заполняет пространство между сохранившимися формами растительными остатками. Основная масса то преобладает в угле, то вытесняется обилием форменных элементов, что и придает различным углям их характерный облик.

Споры, кутикулы и тому подобные микроскопические фрагменты, находясь в угле иногда в огромном количестве, по существу отвечают микроорганизмам фаунистическим (фораминиферам и пр.), и потому совершенно естественно возникает мысль использовать их для параллелизации пластов.

Сразу можно себе отдать отчет в том, что наилучшим, т. е. наиболее удобным, элементом для этой цели оказываются оболочки спор. Они разделяются на макроспоры¹, достигающие размера до 1 мм и более, и микроспоры, обычно менее 0,2 мм. Споры представляют собой мешки более или менее шаровидной формы с различной

¹ См. например статью С. В. Ергельской и Ю. А. Жемчужникова в «Вестнике Всесоюзного геологоразведочного объединения» № 3—4, 1932.

структурой и часто с тремя рубцами по линиям разрезания. При сплющивании макроспоры образуют складки, нередко отвечающие рубцам, а иногда отражающие их первоначальное сонахождение в тетрадах по (4 споры). Поэтому в разрезе горизонтального шлифа редко можно получить горизонтальную проекцию полной макроспоры, а чаще сечение захватывает толстую часть ее. Напротив, микроспоры, у которых внутренняя полость по отношению к общему объему и толщине оболочки не столь велика, и в сплюсненном состоянии более или менее сохраняют свою форму. Поэтому наблюдения микроспоры в горизонтальном шлифе позволяют всегда восстановить особенности ее формы и в случае надобности установить ее вид. Общим и лучшим способом для изучения спор является так называемая мацерация, т. е. выделение спорных оболочек путем химического разложения облекающих их гуминовых веществ.

Сопоставим те преимущества, которые представляют макро- и микроспоры для стратиграфических целей.

Первой важной особенностью является их большая стойкость по отношению к процессу углефикации и искусственным химическим реагентам. Оболочка споры по новейшим исследованиям состоит из трех слоев; наружный, или экзоспорий состоит из особой эластической ткани; внутренний, эндоспорий (или интина) — из целлюлозы и вещества ткани споронина и поэтому редко сохраняется; наконец третий слой, который лежит снаружи и еще реже сохраняется в ископаемом состоянии, называется периспорием.

Таким образом геологическое значение имеет только экзоспорий (экзины спор), о котором в дальнейшем и будет идти речь, когда мы будем говорить о спорах.

Сохранность и связанная с ней возможность выделения спор мацерацией уменьшается по мере увеличения углефикации. Поэтому мацерация практически применима помимо бурых углей еще для каменных пламенных, газово-пламенных, и газовых углей, но не более метаморфизованных. В этом состоит одна из особенностей спор. Благодаря ей для известного круга углей возможно получать изолированные споры и рассматривать их со стороны поверхности, а не в сечениях, как это приходится делать в шлифах, отчего могут получаться неправильные представления.

Надо учитывать также, что споры встречаются в углях массами, а потому допускают количественное изучение, т. е. применение статистического метода. Выделенные споры легко могут быть подсчитаны. Эта возможность статистического подсчета для каждого вида имеет существенное значение для методики параллелизации угольных пластов.

В методическом отношении существенно также, что в матовом угле изучаемого пласта споры встречаются в любом куске, а следовательно, не нужно выискивать специальные места, а можно брать любые образцы матового угля и изучая применять законы больших чисел.

Наконец не менее важно и то, что споры (в противоположность кутикуле и т. п.) являются замкнутыми и цельными образованиями, имеющими характерную и разнообразную структуру. Поэтому они доставляют многочисленные диагностические признаки, позволяющие расчленение на «виды», как основы для стратиграфического деления.

Следует отметить, что для естественной классификации спор до настоящего времени накопилось весьма мало материала. Приуроченность их к тем или иным группам ископаемых растений за немногими исключениями вовсе не доказана. Это является весьма важной очередной задачей палеоботаники и микроскопического изучения углей, но требует большой проработки современного и ископаемого материала.

Потребности стратиграфической корреляции вызывают необходимость в искусственной классификации спор, основанной на чисто морфологических признаках, о чем подробнее будет сказано ниже.

Перечисленные выше особенности спор делают их прекрасными «руководящими» ископаемыми, особенно для карбоновых углей. Дело в том, что матовые угли каменноугольного возраста почти всегда в изобилии содержат споры [2, 4]. В этом отношении наблюдается постоянство как в углях Аппалачского бассейна САСШ, так и в Рурском, Ахенском и других бассейнах Германии, а также в углях Франции, Бельгии, Англии и Польши (в Силезии). У нас то же явление наблюдается в Днепровом, Подмосковном, Кизеловском и Карагандинском угольных бассейнах, т. е. также в углях карбонового возраста.

Поэтому метод стратиграфического определения пластов на основании спор может иметь наибольшее значение для палеозойских углей.

Если бы мы уже имели естественную классификацию спор, т. е. знали бы точно, каким растительным видам соответствуют те или иные виды спор, то «спорный анализ» мог бы дать более или менее точное определение абсолютного возраста пластов. Пока же мы должны довольствоваться возможностью определения относительного возраста и сравнением пластов, относящихся к одной толще. Главная задача будет состоять в том, чтобы сопоставлять и идентифицировать пласты угля, тождественность которых хотя и вероятна, но не установлена. Указанные выше особенности ископаемого спорного материала ведут к установке соответственной методики, которую мы сейчас и рассмотрим.

Методика параллелизации пластов. Краткая история развития этого нового метода корреляции пластов является отражением хода развития методов стратиграфической корреляции вообще. Первая попытка установления тождества пластов относится к 1923 г., когда Р. Тиссен [3] в Америке, изучая макроспоры угольных пластов Пенсильвании, обнаружил характерную «руководящую» споры, встречающуюся только в Питтсбургском пласте и притом в большом количестве. Он назвал ее «питтсбургской спорой». Таким образом подобно первому этапу развития стратиграфии Тиссен выдвигал метод «руководящего» вида. Статья Тиссена не нашла должного отклика и была почти забыта, когда Т. Ланге в 1927 г. вновь поднял этот вопрос на материале из верхнесилезских углей. Ланге [4] расклассифицировал встречающиеся в изучаемых им углях макроспоры на несколько групп... К одной группе он отнес гладкие споры, экзина (экзоспорий) которых не имеет никаких выростков и бугорков; ко второй группе — бугорчатые споры; к третьей — споры с щупальцеобразными придатками. Все эти споры вместе составляют подразделение так называемых α -спор. Кроме того Ланге выделяет β -споры, которые снабжены летательными приспособлениями в виде оторочки или крылатки по экватору тела споры.

После работы Ланге опять проходит несколько лет, пока мы снова находим исследования спор как руководящих ископаемых. Такие

работы ведутся в Польше, в Англии и в Германии. В Польше этим занимается Церндт, перу которого принадлежит несколько работ (5—8).

Церндт (7) исследовал материал из 45 пластов различных стратиграфических горизонтов польских каменноугольных бассейнов. Исследование велось весьма систематично и было изучено около 900 проб, из которых макроспоры оказались в 167 пробах. Они изолировались при помощи мацерации, разделялись по типам и подсчитывались. Всего подсчитано около 80 000 спор. На основании подсчета была составлена таблица с показанием частоты нахождения каждого вида спор в соответственных пластах (значки: много, среднее, мало, следы).

Из этой таблицы, которую мы не приводим, можно было сделать следующие выводы.

1. Некоторые споры встречаются везде.
2. Другие только в одном пласте (редко) или в двух пластах.
3. Некоторые виды найдены только в одном и том же горизонте (Krystina).
4. Про иные можно сказать, что они не распространяются ниже определенных слоев.
5. Другие макроспоры не встречаются выше известного стратиграфического уровня.
6. Полного различия в составе спор не проявляется.

Из этого следует сделать основное заключение, что метод одной «лейтспоры» может иметь лишь ограниченное значение. Гораздо более обоснованным является изучение всей совокупности спор, но при этом, по мнению Церндта, при помощи спорного анализа можно установить только принадлежность данного пласта к крупному комплексу слоев (7, стр. 181). Во всяком случае делается очевидным, что макроспоры оказываются новым и очень важным руководящим ископаемым.

Церндт применил этот метод и для пластов, стратиграфическое положение которых было неясно. Так теньчинский пласт шахты Боле-слав с 1913 г. относился к слоям Randgruppe. Петрашек в 1928 г. высказался за принадлежность его к более высоким горизонтам. На основании состава макроспор выяснилось, что он принадлежит его к слоям Randgruppe не может быть и речи, и подтвердился взгляд Петрашека, так как было установлено, что этот пласт лежит над пластом Серша-Тшебиня.

В другой работе Штаха и Церндта (8) авторы производили изучение макроспор в различных угольных пластах Рурского бассейна. Они численно определили споровой состав в каждом пласте по каждому виду и сопоставляли его в виде таблицы на стр. 156.

Эта таблица показывает, что состав спор в отношении форм и числа их представителей различен. Некоторые виды (№№ 3, 6, 9, 10 и 11) свойственны только пламенным углям и потому являются руководящими. Но ряд форм (№№ 4, 5) встречаются лишь в группах газовых и газопламенных углей, другие (№№ 1, 2) в газопламенных и пламенных. Они могут поэтому дать твердое указание на стратиграфическое положение в общем комплексе.

С другой стороны, руководящим признаком являются и численные показатели (частота). Например вид 1 встречен в большом количестве только в первом пласте, а в других горизонтах лишь в единичных экземплярах.

Стратиграфические подразделения	№ пласта	P. Triletes										
		Laevigati—гладкие						Apiculati—бугорчатые		Zonales—с летучками		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Пламенные угли	1	67	18	14								
	7	3	1				6	21	2	46	6 000	500
Газовопламенные угли	24	6	13		260	1			37			
	33											
Газовые угли	35				61	9			197			
									2			

Примечание к табл. №№ 1—11 указывают различные виды спор. Точки отвечают единичным экземплярам.

Английские работы по изучению спор в целях стратиграфических, начатые с 1925 г., дают уже ряд ценных достижений (9—14). Они имеют и большое методическое значение, так как раскрывают степень постоянства и характер распределения макроспор в пласте по вертикальному и горизонтальному направлению.

Прежде всего относительно количества различных видов и характера диагностических признаков.

Kidston (16) и Reinsch (17) относили все споры к одному лишь роду Triletes, различая в нем три группы в зависимости от орнаментации: laevigati—гладкие, apiculati—с бугорками и zonales—снабженные летучками по экватору споры.

В английских работах (9, 10, 12—14) мы встречаем сначала 5, а потом и 6 групп, которые здесь и приведем.

- I. Макроспоры с гладкими стенками.
- II. Гладкостенные споры с бородакообразными выростками.
- III. Споры с бугорчатыми отростками.
- IV. » » длинными пальцеобразными отростками.
- V. » » игольчатыми отростками.
- VI. » » летучками.

Очевидно I и II группы английских авторов приблизительно отвечают гр. laevigati, III, IV и V гр. — apiculati и VI гр. — zonales. Дальнейшее расчленение в зависимости от формы и сечения бугорков и отростков, толщины стенок по некоторым другим признакам дало около 30 видовых форм. В дальнейшем выяснилось однако, что толщина стенок, кроме крайних и особых случаев, не может служить диагностическим признаком. Этот признак случайный, зависящий в значительной степени от направления среза шлифа и потому несущественный. Остальные признаки орнаментации оказались стойкими и легко поддающимися определению в вертикальных шлифах, по которым вели изучение Миос Эванс (10) и другие английские исследователи.

Прежде всего на опыте пласта Паркгейт (Parkgate) в Йоркшире был поставлен вопрос, могут ли быть найдены лейтспоры. Такая руководящая макроспора помимо своего характерного вида и исключитель-

ного нахождения в данном и только в данном пласте должна встречаться в нем в настолько большом количестве, чтобы было достаточно шансов обнаружить ее в каждом взятом для изучения куске (Slater, 14). Оказалось, что в этом смысле ни одна спор не может служить для поставленной цели, так как многие из них были приурочены к от-



Рис. 1

дельным частям пласта по простиранию, другие, встречаясь в изобилии в одних пачках или слоях пласта, лишь изредка попадались в других. Кроме того, изучение других пластов обнаружило в них наличие тех же спор.

Далее важно было выяснить пределы тех различий, которые можно наблюдать в составе спор отдельных членов разреза одного пласта. Оказалось, что гладкостенные споры более или менее одинаково распространены в различных частях пласта. Выяснилось также, что некоторые виды, и притом наиболее характерные, приурочены только к «твердым» матовым углям и не встречаются в блестящих «мягких».

Лучше всего изучить вертикальное постоянство состава можно было на пласте Бэрнслей (Barnsley) (12, 13). Последний (рис. 1) сложен из двух пачек «мягких» углей — одной в кровле, другой в почве — и промежуточной пачки «твердого» угля. Твердый уголь в свою очередь разделяется отчетливо на 3 отдела: матовый или «твердый» верхний, «твердый» нижний и слой блестящего угля между ними, известного под названием «черный лист»; при этом строение пласта сохраняет свое постоянство и свою мощность на большой площади. В самом верху пласта наблюдается тонкий прослой матового угля.

При изучении спор пласта Бэрнслей пользовались не только вертикальными шлифами, но и мацерацией. При этом обнаружилось все те же виды спор, что и в пласте Паркгейт и еще два вида (№№ 29 и 30).

2 Их число после было сокращено до 15 видов.

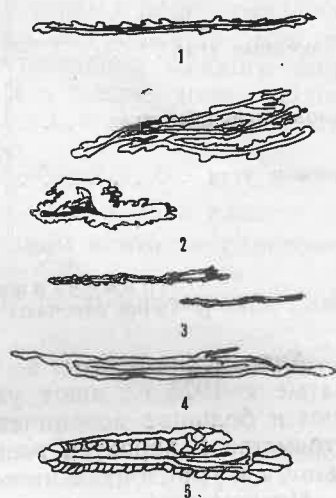


рис. 2

1. Тип 11—умеренные толстостенные с мясистыми бугорками, х 60. 2. Тип 11—толстостенные с мясистыми бугорками, х 60. 3. Тип 15—тонкостенные с небольшими округленными бугорками. 4. Тип 29—умеренно-толстостенные с кольцеобразной летучкой, х 66. 5—умеренно толстостенные с тесно прижатыми короткими и толстыми выростками, х 66.

Кроме того можно было констатировать, что вид 15 (рис. 2) отсутствует в «твердом» угле, т. е. в середине пласта, в небольшом количестве попадает в обеих пачках «мягкого», но массами обнаруживается лишь в упомянутом прослойке у кровли. Вид 29 проходит насквозь через весь пласт, а вид 30 обнаруживается только в твердом угле. В блестящем угле «черный лист» неизменно встречается в скоплении спор вида № 11, которые в остальном пласте находятся лишь спорадически. Поэтому для идентификации может быть достаточно вместо многочисленных проб из пласта ограничиться изучением типичных образцов из крупных подразделений (и пачек) пласта на присутствие определенных видов спор. Этот метод до известной степени приложим и для исследования кернов из бутовых скважин.

Изучение третьего пласта Silkstone показало масштаб возможных отличий в разных пластах. Этот пласт состоит из верхней пачки «твердого» угля и нижней — блестящего. В каждой пачке наблюдается большое постоянство состава в разных слоях и в разных точках. Распространение отдельных видов спор не сходно с двумя предыдущими пластами. Так вид 11 вообще отсутствует в пласте Silkstone, вид 15 здесь мало развит в противоположность остальным двум пластам; вид 30 также отсутствует, как и в пласте Паркгейт и т. д. Часть видов оказывается общими для всех.

В отношении горизонтального распространения на всех пластах было доказано относительное постоянство спорного состава. Однако с изменением пропорции матового угля постепенно накапливаются и изменения в распространении спор.

В результате всех этих изысканий была сделана попытка сопоставления пластов (15), точная стратиграфическая связь которых оставалась до того времени спорной. До последнего времени считали, что пласт Arley в Ланкашире представляет тот же самый горизонт, что и пласт Silkstone в Йоркшире. Произведенное изучение спор и применение изложенного метода сопоставления доказали неосновательность такого взгляда и большую вероятность параллелизации его не с пластом Silkstone, а с пластом Better Bed Западного Йоркшира. Диаграммы распределения спор на основании проб из многочисленных точек обнаружили, по данным Эдди (Miss Gladys Eddy), сильный контраст в развитии спор в пластах Arley и Silkstone главным образом в количественном отношении. У кровли первого констатируется скопление спор № 11, а в кровле второго спор № 20. Статистический подход вскрывает напротив большое сходство с пластом Better Bed. Следует при этом отметить, что по утверждению Gl. Finn (Eddy) (10, 15) различные пласты Йоркшира раскрывают до такой степени различный состав спор, что он дает надежное средство для идентификации пластов в различных угольных месторождениях и для различий одного пласта от другого.

Все эти работы велись рядом исследователей под руководством Слетера в лаборатории в Шеффилде. Подобные же работы производятся и у Ломакса в его палеоботанической лаборатории Ланкашира и Чешира.

В Германии споровой состав некоторых пластов кроме Штаха и Церндта изучал и Р. Потонье (18). В методическом отношении он не дает ничего особенно нового. Впрочем следует отметить, что в противоположность всем другим авторам Потонье изучал микроспоры, выделяя их мацерацией.

Обзор предшествующих работ дает уже достаточный материал для оценки не только общего значения, но и некоторых деталей приведенного метода. Прежде всего можно констатировать, что все без исключения работы по изучению спор с целью корреляции пластов относились только к угольным пластам карбонового возраста. Это легко объясняется тем давно известным фактом, что матовые угли каменноугольной системы по преимуществу состоят из спор. Последнее в свою очередь стоит в несомненной связи с расцветом споровых растений в конце палеозоя (палеофита).

Естественно, что русские работы должны прежде всего быть направлены на угли Донецкого бассейна, Подмосковного бассейна, Урала и Караганды, т. е. на угли каменноугольного же возраста. Условия каждого бассейна дадут различные возможности в смысле выявления тех или иных закономерностей и одни исследования будут дополнением для других. Поэтому в кабинете петрографии угля ЦНИГРИ уже начинается изучение пластов Караганды, Кизеловского района и Подмосковного бассейна с указанной точки зрения.

Вопросы методики при этих первых попытках утверждения метода корреляции угольных пластов на основании спор имеют первенствующее значение и потому требуют критического обсуждения.

Рассмотрение сделанной работы позволяет сделать некоторые заключения. Все цитируемые авторы изучали преимущественно макроспоры, игнорируя гораздо более многочисленные микроспоры. Вспомним, что англичане пользовались при этом вертикальными шлифами, дающими не всегда правильное представление о первоначальной форме макроспор, и только отчасти мацерацией. Горизонтальные шлифы совершенно не годятся для макроспор, так как обычно режут только отдельную ее часть, да и то нередко смятую, что не дает никакой возможности видовой идентификации спор.

А почему бы не перенести этот метод и на микроспоры? Последние дают не меньшее разнообразие видовых форм, но встречаются гораздо чаще и в большей массе, благодаря чему применение статистического метода дает еще более точные результаты. По опыту Кабинета петрографии угля ЦНИГРИ микроспоры очень хорошо выделяются при мацерации многих углей даже тогда, когда макроспоры уничтожаются действием растворителей. Далее горизонтальные шлифы для микроспор, имеющих размеры, близкие к толщине шлифа, дают довольно полное представление о внешней форме микроспор.

Таким образом на очередь ставится проблема провести параллельное изучение макро- и микроспор и сравнить преимущество того и другого метода сопоставления пластов.

Вторая проблема, которая для нас тесно связана с первой, состоит в исследовательской работе по мацерации с целью выработки таких методов, которые давали бы полную сохранность макроспор во всех случаях.

Дальнейшие успехи идентификации угольных пластов по спорам, как правильно утверждают Штах и Церндт (8), тесно связаны с мацерацией. Этот метод остается научно далеко не разработанным и пока представляется лишь в виде весьма грубой кухни.

Совершенно неправильно представлять себе действие химических реагентов в мацерации и в частности сильных окислителей, как исключительно действующих на ульминовую (гуминовую) часть угля и вовсе не разрушающих кутиновые и спорониевые элементы. Каждый

окислитель действует и на те и на другие, хотя и далеко не в одинаковой степени: сначала на гумины, а потом и на споры. Стойкость спор против реагентов значительно переоценена и можно привести ряд примеров их легкой разрушаемости. Р. Потонье (19) в 1931 г. отметил на чувствительность пыльцы к сильно окисляющим средствам. В свою очередь Церндт (8) указывает на свои опыты, подтверждающие легкую разрушаемость макроспор при кипячении в концентрированной HNO_3 , едком калии и хромовой кислоте.

Наконец опыты Цетше (20) доказали растворимость кутикулы Породендрона из подмосковных углей в дымящейся азотной кислоте. При комнатной температуре кутикула полностью растворялась в течение 30 часов.

Для каждой степени углефикации сопротивление составных частей угля разлагающему действию кислот и щелочей будет разным. Чтобы добиться разложения гуминовой части угля и сохранить спорониевые элементы неразложенными, нужно путем систематических опытов найти оптимальные концентрации кислоты и щелочи и наиболее подходящее время пребывания угля в них для получения наилучших результатов для каждой степени углефикации. Это большое поле для научно-исследовательской работы. Нужно иметь только в виду, что бурые угли, содержащие более или менее значительное количество свободных гуминовых кислот (растворимых в щелочах), легко разлагаются не только едким кали (KOH) или содовым раствором (Na_2CO_3) но и более слабыми щелочами, как аммиак (NH_3). Так для извлечения микроспор из подмосковного угля достаточно, как показали работы С. Н. Наумовой, обрабатывать его слабым аммиачным раствором, не прибегая к более сильно действующему средству KOH или тем более к кислотам, которые несомненно будут разрушающим образом действовать и на оболочки спор на данной стадии углефикации.

Каменные угли обычно не содержат растворимых в щелочах гуминовых кислот, но заключают в себе нерастворимые гуминовые вещества. Если обрабатывать их сильными кислотами, как дымящая азотная кислота, хромовая кислота и др., то гуминовые вещества окисляются и при окислении образуют гуминовые кислоты или близкие к ним вещества. Поэтому последние могут быть затем извлечены щелочами. Последующая обработка каменного угля посредством KOH имеет тот же смысл, что и непосредственное воздействие щелочью на бурый уголь.

Английские исследователи (14, 15) в последнее время для выделения макроспор с успехом применяли следующий метод, а затем подвергаются действию крепкого спиртового раствора поташа при нагревании. Предварительная обработка ведется разбавленной перекисью водорода, которая разрушает связывающие споры вещества. В результате макроспоры остаются выделенными с ненарушенной орнаментацией. Здесь опять-таки большое поле для экспериментирования. По данным Штаха (8) и др. мацерация диафанолом рапид также сохраняет макроспоры ненарушенными, так как действует мягко и медленно.

Вопросы видовой идентификации макро- и микроспор не требуют пояснений, но следует отметить большую общность польских, немецких и шотландских форм, установленную Церндтом (7), Штахом и

Церидтом (8) и др., а также относительно небольшое число этих форм (до 30—40 видов).

Что касается методики построения диаграмм, то она мало чем отличается, как это показано выше, от методики стратиграфического анализа микрофауны. Только в редких случаях в пласте существуют исключительно свойственные ему руководящие споры («лейтспоры»). Обычно же приходится базироваться на частоте нахождения некоторых видов и на общей совокупности их, прослеживая верхний или нижний пределы распространения различных форм особенно в большом количестве. Количеством общих форм и частотой их определяется степень вероятности тождества двух сравниваемых пластов, идентификация которых стоит под вопросом.

Само собой разумеется, что применение этого метода потребует на первых порах тщательного изучения видового состава макро- и микро-спор и составления атласа спор из каждого бассейна.

Такое микропалеоботаническое изучение спор начато в кабинете петрографии угля ЦНИГРИ с Подмосковского бассейна и будет перенесено на другие. Попутно придется вести и сравнительно ботаническое изучение современных спор папоротников, плауновых и хвощевых растений, родственных углеобразователям каменноугольного периода. Это важно в целях отнесения ископаемых спор к той или иной группе растений, что конечно должно отражаться и на свойствах угля.

Заключение

Остается сказать несколько слов о том значении, которое имеет этот метод сопоставления пластов в теоретическом и практическом отношении. В условиях нашего строительства, в особенности в таких на-пример новых угольных бассейнах, как Караганда, где много угольных пластов, вопросы идентификации пластов при разведке в некоторых случаях приобретают сугубо важное значение. Изучение состава спор каждого пласта позволит в дальнейшем по зернам на основании спор совершенно точно определить принадлежность к тому или иному пласту даже в условиях тектонических нарушений, препятствующих применению других методов идентификации. А это конечно значительно удешевит разведочные работы, так как даст правильное направление им и избавит от многих дополнительных разведочных скважин.

Этот метод уменьшает также необходимую глубину и число глубоких скважин и длину разведочных канав, часто ведущихся в целях более надежного сопоставления пластов, так как пласт угля будет определяться сам по себе, а не совокупностью с другими выше или ниже лежащими. Трудно даже предвидеть всю ту пользу и экономию в расходах по разведке и по другим отраслям горного дела, которую может дать этот точный и надежный метод идентификации пластов. Но он требует предварительной методической разработки и знания спорного состава уже вскрытых пластов, изученных в нескольких точках. Однако эти затраты очень быстро окупятся экономией в разведочных работах, как это общепризнано в нефтяном деле, где давно уже практикуются сходные микрофаунистические методы корреляции пластов.

С теоретической точки зрения изучение спорного состава, а попутно и других продуктов мацерации (кутикула, фюзенированные ткани и т. п.) также даст очень многое. Проблема изучения матовых

углей, более богатых спорами, чем блестящие, значительно подвинется в изучении. Споры как углеобразователи, определяющие собою свойства и качества углей, естественно также подвергнутся изучению. Очень интересно наблюдение Whittle, высказанное им в дискуссии по докладу Gl. Finn (15). Whittle утверждает, что в одной части копи, где уголь был хорошего качества и где макроспоры были в изобилии, ископаемые растительные остатки принадлежали к лепидодендронам. Напротив там, где качество угля было низкое, обнаружилась бедность спорами, а растительные отпечатки относились главным образом к сигилляриям.

Эти наблюдения и общеприложимость их требуют проверки, но заслуживает внимания самая возможность установления подобных закономерностей и ряда других.

Новый метод корреляции угольных пластов на основании угольной петрографии несомненно получит большое развитие в связи с гигантским развертыванием угольной промышленности и тесно связанным с ним ростом разведочных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Potonié, R. Zur Mikroskopie der Braunkohlen. Braunkohle 1931, № 16, S. 325—333.
2. Bode, H. Der Wert der Kohlenphotographie für die Alterbestimmung der Kohlen. Glückauf 1929, № 20.
3. Thiessen, R. a. Staud, J. Correlation of coal beds in the mononhanelia formation of Ohio. Coal Min. Investigations under Auspice of Carnegie Institute of Techn. U. S. Bureau of Mines. Bull. 9, 1923.
4. Lange, Th. Die Bedeutung der Sporen für die Stratigraphie der Karbon. Zeitschrift d. Oberschlesisch. Berg- und Hüttenmänn Vereins zu Kotowize, 1927, S. 319—346.
5. Zerndt, J. Petrographische badania wegla z pokladu „Isabella“ w Trzetini. Przegląd Górniczo-Hutniczy t. XXII, № 1, str. 5 1930.
6. Zerndt, J. Megasporen aus einem Flözin Libiaz (Stephanien). Bull. Acad. Polon. des Sciences et Lettres. Serie B. I, p. 39—70, 1930.
7. Zerndt, J. Megasporen als Leitfossilien des produktiven Carbons. Bull. Acad. Polon. des Sciences et Lettres. Serie A. 165—183, 1931.
8. Stach und Zerndt. Die Spores in den Flamm-, Gasflamm- und Cackohlen des Ruhrkarbons. Glückauf, 1931, № 35, S. 1118—1124.
9. Wray, D., Slater, L. and Eddy, Gl. E. The correlation of the arly Mine of Lancashire with the better bed coal of Yorkchire. Summary of Progress of the Geol. Survey of Great Britain, 1930, Pt. II, p. I—17. Stationary office 1931.
10. Slater, L., Evans, M. a. Fddy, Gl. The significance of spores in the correlation of coal seams. Part I. The Parkgate Seams South. Yorkchire Aren. Dert. of Scient and Industr. Research. The Research Survey. Paper № 17. H. M. Stationary office, 1930.
11. Spores and the correlation of coal seam. The Parkgate a seam Guardian Colliery, 1930, № 3639, p. 1132—33. Краткое изложение предыдущей работы.
12. The significance of spores in the correlation of coal seamr. Guardian Colliery, 1932, № 3738, p. 335—36. Краткое изложение предыдущей работы.
13. Slater, L. a. Eddy, Gl. E. The significance of spor in the correlation of coal seams. P. II and III. Physical and Chemical of the National Coal Resources № 23. H. M. Stational office, 1932.
14. Slater, L. Microscopic study of coal seams and their correlation. Guardian Colliery 1932, apr. 29, p. 8:2—24.
15. Finn, Gl. S. The microstructure of bituminous Coal Gardian Colliery, March II, 1932, p. 529.
16. Bennie, J. a. Kidston, R. On the occurence of spores in the carboniferous formation of Scotland. Proceed. Royal Society of Edinburg, 1886; № 9.
17. Reinsch, P. F. Neue Untersuchungen über die Mikrostruktur d. Steinkohle. Leipzig, 1881.

18. Potonie, R. Nporenformen aus den Flözen Agir und Bismark des Ruhrgebietes. Neues Jahrbuch etc. 67 Beilage-Band. Abt. B. H. 3. S. 438—454; 60 Abt. in Taf. 1932.

19. Potonie, R. Zur Mikroskopie der Braunkohlen. Braunkohle 1931, № 16, S. 325—333.

20. Zetsche u. Kälin. Untersuchungen über Membran d. Sporen und Pollen VII. Eine Methode zur Isolierung des Polymer-bitumens (spor membranen, Kutikulen u. s. w.) aus Kohlen. Braunkohle 1932, № 20, S. 345—351 u. № 21, S. 366—367.

Ленинград, Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт

(Рукопись поступила 2 февраля 1933 г.)

The New Method of Correlation and Identification of Coal Seams

(Summary)

Prof. G. A. Gemchujnikow

A method of correlation of coal seams according to the results of investigation and statistic calculation of different species of micro- and macrospores is there set forth on the basis of modern methods of correlation. In the correlation based on the microfauna and still more when the microfauna is used, there is a trend towards the substitution of separate guide fossils by a quantitative calculation of the whole complex of the fauna.

On the same method the so called „pollen analysis“ of peat and also the micropetrographic analysis of friable rocks (guiding rare minerals) are based. Thus, the „spore analysis“ of dull coals is nothing, but a logical introduction of an already existing method of stratigraphical correlation into the field of parallelisation of coal seams.

The department of coal petrography of the Central Scientific for Geology and Prospecting is now undertaking an extensive application of this method to coals of different fields.

Сера в углях Донецкого бассейна

Е. О. Погребницкий

Одной из наименее желательных примесей в ископаемых углях является сера. При сжигании угля значительная часть содержащейся в нем серы переходит в дымовые газы в виде сернистого газа и серного ангидрида. И сернистый газ и серный ангидрид разрушают железные части котельной установки, на которых конденсируется вода, способствуют разрушению огнеупорной обмуровки, загрязняют и отравляют воздух, где расположено много топок.

При коксовании некоторая часть серы, содержащейся в угле, улетучивается, но большая ее часть остается в коксе.

Сера в коксе резко отзывается на производительности доменной печи. При литейном деле она снижает качество продукции и зачастую ведет к браку. Производство качественных металлов безусловно требует малосернистого топлива. Совершенно понятно поэтому, что содержанию серы в угле уделяют обычно особенное внимание.

В связи с развитием качественной металлургии на юге СССР особый интерес представляет выявление ресурсов малосернистых углей в Донецком бассейне. С этой целью Топливным кабинетом ЦНИГРИ под моим руководством в 1931—1932 гг. была проведена небольшая углехимическая работа. Для того чтобы разрешить поставленную нам задачу, необходимо было выявить связь между геологией Донецкого бассейна и содержанием серы в его углях, так как это единственный путь, который позволяет сделать некоторый прогноз о распространении малосернистых углей в бассейне и дать указания к их разведке и определению их запасов.

Детальные геологические исследования в Донецком бассейне имеют почти полувековую давность. В результате геологической съемки бассейна, проведенной б. Геолкомом, затем ГГРУ и Союзгеоразведкой, установлена высокая степени точности синонимика пластов как по отдельным районам, так и по всему бассейну. Поэтому все данные по изучению состава и качества углей могут быть весьма точно привязаны к определенным геологическим горизонтам и таким образом систематизированы и увязаны с геологическим строением всего бассейна.

К сожалению изучение вещества углей Донецкого бассейна, в частности их химии, значительно отстало от геологии.

Лишь в 1913 г. по инициативе руководителя геологических работ в Донбассе геолога Л. И. Лутугина были поставлены специальные работы по изучению геохимии углей Донецкого бассейна, которые имели целью изучение химических свойств и качеств углей бассейна в зависимости от геологических факторов. Работы эти почти в самом их начале были прерваны во время империалистической войны. Результаты

этих работ опубликованы пока в отношении только двух районов Донбасса¹.

Строго выдержанная методичность и систематичность указанных работ как со стороны набора проб, так и их химического анализа, строгая увязка этих химических исследований с геологией всего Донецкого бассейна и тех районов, в которых были набраны пробы, тщательность и максимальная объективность геологических наблюдений делают эти работы основными и наиболее полными из всего, что мы знаем по химизму углей Донецкого бассейна. Все это обязывало нас взять материал, приведенный в этих работах, за исходный для наших исследований.

Указанные работы в общем подтверждают сложившееся представление о большом содержании серы в углях Донецкого бассейна. Так для Алмазно-марьевского района мы имеем среднее содержание серы в 3,2% при минимальном в 0,26% и максимальном 9,19%. Для центрального района среднее содержание серы 2,80% при минимальном содержании 0,78% и максимальном — 6,79%.

Как видно, при общем высоком среднем содержании серы угли Донецкого бассейна характеризуются еще чрезвычайным колебанием максимумов и минимумов содержания серы.

Мефферт приходит к следующим выводам в отношении содержания серы.

Содержание серы не может быть связано ни с каким другим свойством угля. Отсутствие какой-нибудь зависимости между органическим составом угля и общим содержанием серы можно считать установленным фактом. Известное соотношение существует лишь между общим содержанием серы и содержанием золы; большему содержанию золы отвечает большее содержание серы и наоборот, малозольнистые угли являются наиболее чистыми в отношении серы.

Однако и эта единственная закономерность в распределении серы в углях, которая наметилась в результате работ у Мефферта, выводится им из средних чисел содержания серы в углях различной зольности и она не может быть подтверждена, когда мы обращаемся к рассмотрению содержания серы в отдельных пластах. В первой же работе («Угли Центрального района») дается ряд таблиц, в которых приводятся данные об изменении состава углей по простиранию пластов (стр. 217, 218, 219, 220, табл. 45). Из рассмотрения этих таблиц становится очевидным отсутствие всякой явной зависимости между содержанием золы и серы в углях для каждого пласта, взятого в отдельности.

На возможности связи содержания серы в изучаемых им углях с геологическими факторами Мефферт не останавливается. Между тем соответствующая группировка приведенных в обеих работах данных химических анализов в отношении содержания серы позволяет связать содержание серы в угле с определенными стратиграфическими горизонтами.

¹ Б. Ф. Мефферт. Ископаемые угли Донбасса, вып. 1 — «Угли Центрального района», Харьков 1915 и Б. Ф. Мефферт и В. С. Крым. Ископаемые угли Донецкого бассейна, вып. 2 — «Угли Алмазно-марьевского района», Ленинград 1926. Очевидно, что эти работы, охватившие материал по углехимии Донбасса лишь в отношении двух, хотя бы и из наиболее крупных районов, не могут характеризовать угли всего бассейна.

Если взять материалы Мефферта, касающиеся Алмазно-Марьевского района, и отобрать из всех проанализированных там 314 проб углей пробы с содержанием серы менее 2%, то окажется, что таких проб будет 58. Если взять содержание серы меньше 1½%, то будет 45 проб, меньше 1% — 25 проб. Пробы с содержанием серы менее 2% распределяются между отдельными пластами района следующим образом:

Пласт K_3 имеет 17 проб из 20 с содержанием серы меньше 2%, взятых по этому пласту во всем районе,

Пласт I_3 имеет 16 проб из 26.

Пласт h_{11} — 5 из 17

Пласт I_7 — 2 из 8

Пласт K_7 — 3 из 15.

Остальные пласты имеют только единичные пробы с содержанием серы меньше 2%, хотя количество проб из этих пластов в районе весьма велико и в общем не меньше, чем для каждого из приведенных нием серы менее 2% из 23 анализов этого пласта:

Если взять пробы с содержанием серы меньше 1%, то связь количества серы с определенным стратиграфическим горизонтом проявляется еще более выпукло: из всех 25 проб, имеющих содержание серы менее 1%, 15 приходится на пласт I_3 и 7 на пласт K_3 . Ниже мы приводим таблицу содержания серы в пробах по пласту I_3 и по пласту K_3 в Алмазном районе.

Из приведенных таблиц совершенно очевидна приуроченность малого содержания серы к определенным пластам, а в этих пластах к определенным территориально ограниченными площадям. Особенно это характерно для пласта I_3 . Так, по вышеприведенной таблице мы совершенно отчетливо можем провести границу с содержанием серы в угле пласта Алмазного I_3 менее 2%. Малое содержание серы в этом пласте приурочено к площади Криворожского и Кадиевского, Ирминского и Голубовского рудоуправлений. К северу от Голубовки, к западу от линии Голубовка — Ирмино и к юго-западу от линии Кадиевка — Криворожье мы будем иметь содержание серы в пласте I_3 выше 2%, внутри же указанного контура мы повсеместно имеем содержание серы в пласте I_3 ниже 2%. Район Кадиевки и Криворожья выделяется как площадь с содержанием серы в угле пласта I_3 даже менее 1%.

Пласт K_3 в отношении содержания серы более постоянен во всем Алмазном районе, хотя возможно, что дифференциация для этого пласта по отдельным площадям не может быть точно установлена ввиду меньшей разведанности и меньшего охвата эксплуатационными работами этого пласта в районе.

Подобную же зависимость мы получим, если обратимся к материалам, данным в работе Мефферта в отношении углей Центрального района.

Здесь из общего количества 162 проб 41 падает на пробы с содержанием серы менее 2%, причем на пласт m_2 падает 14 проб с содержанием серы менее 2% из 23 анализов этого пласта:

На пласт I_7 — 4 пробы из 6 анализов

„ „ K_3 — 4 „ „ 8 „

„ „ m_5 — 3 „ „ 6 „

Таким образом и для этого района мы имеем ярко выраженную приуроченность малого содержания серы к определенным стратигра-

Наименование рудника	№ шахты	№ пробы	Содержание серы
Пласт I₃			
Брянский	6	302	0,93
"	12	304	3,20
"	Лозовая—Павловка	272	3,14
Криворожский	2	236	0,71
"	2	212	1,78
"	2	208	0,79
"	2	238	0,26
"	1	193	1,03
"	1	230	0,96
Кадиевский	1	202	0,71
"	1	206	0,88
"	1	186	0,87
"	5	172	0,92
"	1	187	0,85
"	1	206	0,78
"	1	199	0,28
Ирминский	2	140	3,18
"	Центральная	129	5,23
"	"	141	6,43
Петро-марьевский	—	112	3,48
Первомайский	Крупская	95	3,56
Голубовский	22	132	0,84
"	77	107	0,92
Золотой	8	67	3,45
Марьевский	—	61	2,76
Мирно-долинский	4	25	2,68
Пласт k₃			
Криворожский	4	251	0,82
"	4	286	1,16
Каменский	5	217	2,28
"	5	188	0,95
"	5	190	0,84
"	5	192	1,08
Орлово-еленевский	—	285	0,75
"	5	240	1,24
"	5	273	0,57
"	5	250	0,88
Кадиевский	1	163	1,25
"	1	222	2,64
Максимовский	18	157	2,73
"	18	173	1,21
"	18	177	1,23
"	18	194	1,01
"	18	178	1,22
Ирминский	Центральная	179	1,09
"	"	181	1,12
Голубовско-марьевский	35	102	1,27

фическим горизонтам, причем здесь наиболее ярко выделяется пласт m₂.

Пласт m₂			
Наименование рудника	№ шахты	№ пробы	Содержание серы в %
Горловский	2	2	0,78
"	5	6	0,85
Калининский	1	19	2,46
"	1	20	2,15
"	1	22	2,78
"	1	23	3,65
"	1	24	3,31
"	Новая	134	3,62
"	1	135	3,15
"	1	146	2,96
Ауэрбаха	—	33	0,78
Дзержинского	Щербиновка	40	1,41
"	"	41	2,55
"	"	42	1,08
"	"	43	0,97
"	Неленовская	49	1,26
"	"	50	0,92
Североникитовский	—	52	1,67
"	—	55	1,34
"	—	63	1,27
Им. Рыкова	б. Веровка	71	1,72
"	"	105	1,73
"	б. Бунге	75	2,01

Подобно тому как раньше было показано для Алмазно-марьевского района в отношении пласта I₃, так для Центрального района в отношении пласта m₂ выступает совершенно отчетливо изменение содержания серы от территориального положения места взятия пробы в районе. Отчетливо можно видеть значительное увеличение содержания серы в восточных участках района (рудник Калининский, рудник б. Бунге), уменьшение содержания серы в середине района (рудник Горловско-ауэрбаховский) и некоторое увеличение содержания серы на крайнем западе (шахта Щербиновка). Если провести линию от станции Никитовки на рудник б. Бунге, то к западу от нее уголь пласта m₂ повсюду будет с содержанием серы меньше 2%, а к востоку от этой линии больше 2%.

Таким образом из сопоставления указанных материалов, вполне сравнимых как по методике химического анализа углей, так и по методике взятия проб, бесспорно можно наметить следующие два основных положения:

1) содержание серы в углях связано с определенным стратиграфическим горизонтом,

2) количество содержания серы в угле каждого отдельного пласта связано с некоторой территориально ограниченной площадью; каждый такой контур в одном и том же пласте можно наметить с предельными колебаниями содержания серы в 1%.

Эти выводы относятся, как уже сказано, лишь к углям двух (правда, крупных) районов Донбасса. Между тем перед нами стояла

задача выяснить запасы малосернистого топлива во всем Донецком бассейне как в отношении каменных углей, так и антрацитов. Необходимо было проверить правильность наших выводов на материале, относящемся к другим районам Донбасса, и выделить там таким образом благонадежные в отношении содержания серы пласты углей и в этих пластах оконтурить площади, наиболее благоприятные в этом отношении.

У нас нехватало времени и средств, чтобы провести необходимое для этой цели детальное и систематическое опробование углей и антрацитов по всему бассейну. Было решено, беря за отправную точку намеченные выше выводы, на основании имеющихся на местах (в рудоуправлениях, шахтах, на заводах и т. д.) и опубликованных в печати данных о содержании серы в углях и антрацитах Донбасса, предварительно наметить наиболее интересные с нашей точки зрения (малосернистые) пласты углей и антрацитов и оконтурить в этих пластах соответствующие наиболее благоприятные для нас площади, с тем, чтобы затем рядом контрольных проб проверить и подтвердить наши выводы.

В объединении «Уголь» по отдельным его рудоуправлениям и шахтам, в заводских и шахтных химических лабораториях, в геолого-разведочных управлениях и т. д. был собран весьма обширный материал (более 4 000 определений содержания серы в углях и антрацитах Донбасса).

Кроме того в отношении районов распространения спекающихся углей были полностью использованы материалы изданной Гипрококсом работы «Материалы к вопросу о снабжении коксовых установок спекающимися углями и шихтой Донецкого бассейна» (химические анализы, около 700 проб).

Весь этот весьма обширный материал как по методике опробования, так и по методике выполнения анализов далеко не равноценен.

Сюда входят пластовые пробы, взятые геологами разведочных управлений Донбасса, пробы Механобра, результаты опробования, проведенные Харьковской химической лабораторией Института угля, Донецким горным институтом в г. Сталине и др.

Конечно в смысле чистоты и строгости в отношении возможных выводов этот довольно разнокалиберный материал не может быть ни в какой степени сравним с тем материалом, которым мы пользовались для Центрального и Алмазно-марьевского районов.

Однако и этот материал, будучи систематизирован по отдельным угольным пластам, по районам, а в некоторых районах по отдельным рудничным площадям, подчеркивает ту же закономерность, которая указана была выше для углей Центрального и Алмазно-марьевского района, т. е. ту же связь содержания серы с определенным угольным пластом (стратиграфическим горизонтом) и для каждого горизонта с определенными территориально ограниченными площадями.

На основании этих материалов по отдельным районам как антрацитовым, так и угольным мог быть выделен целый ряд угольных пластов с малосернистыми углями, т. е. с содержанием серы менее 2%.

Например для районов в качестве малосернистых могут быть указаны:

пласт h_3 — мандрыкинский, пласты h_4^1 и h_4^2 — уразовские, пласт h_6^1 — смоляниновский, пласт h_{10} — ливенский, пласт l_4 — косовый, пласт l_7 — александровский.

Для Чистяковского района: пласт h_3 — ремовский h_5 и пласт — гвльштейновский. Для Боково-хрустального района были выделены: пласт l_2^1 — хрустальский и пласт k_5 — боковский.

Для Должанско-ровенского района: пласты k_5 и k_4^2 (1-й и 2-й должанские).

Для Шахтинского района: пласты k_5 — власовский и грушевский нижний и верхний k_{5B} и k_5H .

Для Гришинского района: пласты m_2 и m_4^1 .

Кроме того на основании этого материала с совершенной очевидностью может быть установлено еще одно интересное положение: по всем районам северной окраины Донецкого бассейна мы совершенно не имеем углей с содержанием серы меньше 2%. Граница, отделяющая возможное распространение углей с содержанием серы меньше 2%, проходит примерно от Голубовки на ст. Родаково, ст. Лутугино, далее на восток по р. Каменке к Белой Калитве. Лисичанский, Марьевский, Славяно-сербский, Краснодонской, Сорокинский и часть Белокалитвенского не содержат малосернистых углей.

Для проверки областей распространения малосернистых углей по отдельным наиболее благонадежным в этом отношении пластам нами были взяты контрольные пластовые пробы. Определения содержания серы в этих пробах были произведены в лаборатории Химии угля ЦНИГРИ.

Результаты опробования, произведенного нами, полностью подтверждают ту же картину связи содержания серы с некоторыми территориальными зонами в определенных пластах. Практическое значение этой эмпирически установленной закономерности совершенно очевидно. Оконтуривая зоны распространения малосернистых углей в определенных пластах, мы можем подойти к определению запасов определенного (в отношении содержания серы) сорта горючего.

Необходимо отметить, что представление об углях Донбасса как об углях многосернистых должно быть пересмотрено. Концентрируя добычу на некоторых площадях определенных пластов, и в Донецком бассейне можно развить добычу весьма чистых (меньше 1%) в отношении содержания серы углей и антрацита. Здесь нет необходимости останавливаться на тех практических выводах, которые мы сделали в этом вопросе по отношению к Донецкому бассейну.

Соответствующие практические выводы и расчеты приводятся в моем полном отчете о работах партии и переданы для использования в промышленности.

Цель настоящей заметки обратить внимание широких кругов специалистов-геологов и химиков на теоретическую, проблемную, сторону вопроса.

Из рассмотрения всего изложенного материала чисто эмпирически можно сделать следующие основные выводы, касающиеся содержания серы в углях Донецкого бассейна.

1. Содержание серы в углях Донецкого бассейна находится в основном в прямой связи с определенным стратиграфическим горизонтом, т. е. только определенные угольные пласты могут характеризоваться определенным большим или меньшим содержанием серы.

в угле. Из всей массы пластов, разрабатываемых в Донецком бассейне, мы можем выделить малосернистые угли только в единичных пластах, как например: l_3 , l_2 , m_2 , h_6^1 , h_3 и др.²

2. Содержание серы в угле, будучи связано с тем или другим стратиграфическим горизонтом, колеблется в этом горизонте по некоторым территориальным зонам (см. например колебания содержания серы в пласте l_3 в Алмазном районе, m_2 в Центральном, l_4 и h_6^1 в Сталинском районе).

3. Может быть выделен целый ряд районов, в которых совершенно не встречается малосернистых углей (северная окраина Донецкого бассейна).

4. Содержание серы не может быть связано с составом органической массы угля или степенью углефикации.

При всем практическом значении этих выводов они явно недостаточны. Эти выводы в сущности — лишь констатация фактов. Необходимость вскрытия более глубокой, внутренней, генетической связи между содержанием серы в угле и другими геологическими факторами совершенно очевидна. Только в плоскости разрешения этой задачи лежит возможность решения практически весьма важного вопроса прогноза в отношении одного из важнейших факторов качественной оценки угольных месторождений — в отношении содержания серы в угле.

Мне кажется, что произведенные нами (весьма неполные и недостаточные) исследования позволяют однако наметить пути дальнейших работ для разрешения этой проблемы.

Как известно, в угле различают обычно три вида серы: 1) пиритную или сульфидную, 2) сульфатную и 3) органическую.

Сульфидная сера встречается или в виде пирита, марказита, пирротина, магнитножелезного колчедана или в соединении со свинцом, медью, никелем.

Сульфатная сера представляется по большей части в виде сернокислого кальция (гипса).

Природа органических сернистых соединений, встречающихся в ископаемых углях, неизвестна.

Различные гипотезы относительно первоисточника серы в углях можно свести в основном к двум предположениям:

1. Сера попала в уголь в виде неорганических соединений извне.

2. Сера находилась до процесса обугливания в материнском веществе угля.

Первое предположение основывается на возможности выделения серы в виде сернистого железа сернокислого кальция и органических сернистых соединений из сернокислых водных растворов путем химических и биохимических процессов.

Второе предположение (органическая теория происхождения серы в угле) основывается на возможности происхождения серы в углях

² Этот сам по себе весьма интересный вывод, как рабочая гипотеза, все же основывается пока на недостаточном количестве фактов. Возможно, что малосернистыми окажутся отдельные участки и в других пластах и центр тяжести будет не в стратиграфии, а в фациальных условиях. Это вполне увязывается и с соображениями автора о причинах неравномерного распределения серы. Следует вполне присоединиться к мысли автора о необходимости дальнейшей проработки этого вопроса, особенно в связи с намеченным составлением углехимических карт.

из разложения растительных и животных белков материнского вещества угля. В последнем случае максимальное содержание серы должны были бы иметь сапропелиты. Во всяком случае содержание серы должно было бы быть в прямой связи с составом органической массы угля. Для Донецкого бассейна, как сказано выше, такой связи нет. Некоторыми исследователями (де Лафе) были высказаны предположения, что растения каменноугольного периода содержали больше серы, нежели растения настоящего периода, чем и объясняется высокое содержание серы в ископаемых углях. Конечно некоторая часть серы попала в уголь и этим путем. Однако при таком объяснении непонятно, почему более молодые (например третичные) угли имеют высокое содержание серы. И совсем уж трудно предположить, чтобы флора, послужившая исходным материалом для углей Донецкого бассейна, могла столь резко изменяться в отношении содержания серы, как мы это видим на углях бассейна. Приведенные выше данные об изменчивости содержания серы по территориальным зонам в пласте l_3 в Алмазном районе говорят о незначительных в общем размерах этих зон (площадь любой из них измеряется несколькими км²).

Повидимому приходится считать, что основная масса серы попала в уголь извне в виде неорганических соединений. Очевидно это могло иметь место во время отложения угольного пласта из вод того бассейна, в котором отлагался пласт, и в дальнейшем из циркулирующих в пласте подземных вод.

В первом случае различие в содержании серы в угле определяется различием фациальных условий отложения пласта, что в свою очередь должно быть связано с различием в условиях залегания и строения пласта, структуре угля, слагающего пласт, и характере боковых пород.

Во втором случае изменчивость по содержанию серы в углях разных пластов и на разных участках одного и того же пласта надо искать в разнице условий циркуляции подземных вод, в разнице их химического состава, в различии условий для химических реакций, необходимых для того, чтобы сера из соединений растворенных в воде выделилась в угольном пласте.

Условия фильтрации подземных вод, поскольку они определяют тектонику района, водопроницаемостью пласта и боковых пород, надо признать в общем одинаковыми для целых групп близлежащих пластов как с малосернистыми, так и многосернистыми углями.

Химический состав подземных вод в Донецком бассейне, циркулирующих в различных горизонтах даже близко лежащих друг от друга или в различных участках одного и того же пласта, резко отличается, и это обстоятельство могло бы вполне обеспечить изменения содержания серы в углях Донбасса. Однако с этой точки зрения очень трудно объяснить повышенное содержание серы в углях северной окраины Донбасса: в отношении химического состава подземных вод в настоящее время никакой существенной разницы между северной окраиной Донбасса и остальными его районами нет.

Условия для химических реакций как в малосернистых, так и многосернистых пластах, недалеко отстоящих друг от друга, поскольку они определяются давлением и температурой, надо считать в общем одинаковыми.

В связи с этим интересно было бы осветить вопрос, который теперь разрабатывается в отношении нефтяных месторождений (работа Т. Л. Гинзбурга-Карагичевой): о деятельности серобактерий в угольных пластах после перекрытия их отложениями кровли и о возможности их деятельности до настоящего времени. Различием бактерий, населявших угольные пласты, территорией распространения отдельных колоний бактерий и продолжительностью периода их деятельности можно было бы вполне удовлетворительно объяснить изменения в содержании серы в ископаемых углях. К сожалению, насколько мне известно, этот вопрос недостаточно затронут исследованиями и в литературе мало освещен.

Резюмируя вышесказанное, можно сказать, что решение поставленной задачи о внутренней, генетической, связи содержания серы в ископаемых углях с другими геологическими факторами требует решения ряда вопросов, в первую очередь связанных с изучением фациальных условий отложения угольных пластов, во вторую очередь с изучением режима подземных вод и возможных биохимических процессов в угольных пластах.

Для решения этой задачи необходимо связать изучение изменений содержания серы и видов, в которых встречается сера в углях, с целым рядом систематических специально поставленных геологических наблюдений:

- 1) над изменением структуры и условий залегания угольных пластов и углей;
- 2) над составом и строением боковых пород;
- 3) над составом и путями фильтрации подземных вод.

Отдельно стоит вопрос о постановке исследований в отношении возможности биохимических процессов и связанных с ними изменениях содержания серы в угольных пластах в настоящее время.

На очереди сегодняшнего дня стоит вопрос о широких углехимических работах в Донбассе и других угленосных районах. Естественно, что столь важный вопрос, как вопрос о сере в ископаемых углях, при этих работах не должен быть забыт. Но так как этот вопрос является пожалуй наиболее отставшим из комплекса всех вопросов, связанных с изучением вещества угля, мне казалось своевременным поднять дискуссию в отношении методологии и направления геологических исследований, которые необходимы для разрешения проблемы серы в ископаемых углях.

Ленинград, Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт

(Рукопись поступила 3 февраля 1933 г.)

Sulphur in the Coals of the Donez Basin

(Summary)

E. O. Pogrebitzky

The careful study of the data on the sulphur content of the coals of the Donez basin has led the author to the following empirical conclusions.

1. The sulphur content in the coals of the Donez basin is directly connected with well defined stratigraphic horizons i. e. some definite coal seams can be characterized by a definite higher or lower sulphur content.
2. The sulphur content in some of these stratigraphic horizons varies according to several local zones.

3. A whole series of districts can be distinguished which shows no coal poor in sulphur (northern border of Donez basin).

4. The sulphur content cannot be connected with the composition of the organic matter of coal and the degree of its carbonization.

Investigating the probable sources of sulphur in coals on the evidence furnished by material from Donez basin, the author comes to the following conclusion. On the whole sulphur, which is present in the coal seams as sulphides, is derived from aqueous solutions of the basin, in which the coal seam has been deposited, from underground waters, or as a result of chemical and biochemical processes.

When extensive investigations in coal-chemistry on the Donez basin and on other coal-fields are carried out, the revealing of internal connections between the sulphur content of coals and other geological factors may proceed along the lines of collecting and observing such geological facts as:

1. Structure of coal seams and coals.
2. Position of coal seams.
3. Composition and structure of accompanying evidence of rocks.

Separately the author raises the question of the necessity of an investigation on biochemical processes which may take place at present time in coal seams.

К ГЕОХИМИИ БОРА. Zur Geochemie des Bors. V. Goldschmidt u. Cl. Peters. Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. „Math.-Phys. Kl.“, 1932, S. 402—407, 528—545).

Недостаток в исследованиях по геохимии бора связан с отсутствием хорошо разработанных аналитических методов. Обычно применяемые в спектральном анализе угольные электроды сами по себе дают линии бора (2497, 733 и 2496, 778); прокаливание при 2700° в печи Таммана — в струе азота — не удаляет бор. По этому для исследования были применены медные электроды, совершенно не содержащие бора.

Для сравнения были приготовлены смеси SiO_2 , Al_2O_3 и H_3BO_3 с содержанием B_2O_3 — 1%, 0,1%, 0,01%, 0,001% и 0,0001%.

Исследованию были подвергнуты многочисленные горные породы как магматические, так и осадочные.

Смеси, составленные из 14 гранитов, а также из 11 габбро, показали весьма незначительное содержание B_2O_3 (0,001%). Ряд породообразующих минералов — авгит, биотит и др. также оказались не богаты бором, так же как и железные руды магматического происхождения (0,0005%). Зато железные руды, принадлежащие к морским осадкам, отличались повышенным количеством от 0,05 до 0,1% B_2O_3 , между тем как озерные руды либо совершенно не заключали бора, либо содержали только 0,001—0,0005%. Таким образом является весьма правдоподобным считать накопление бора в морских рудах, связанным с солями морской воды. Незначительное содержание В, которое было установлено для чистурских марганцевых руд, связано с солоноватоводным характером отложений, вмещающих эти руды. Глаукоциты, как и можно было ожидать, также оказались богаты бором (0,05%). Заметно обогащены бором и морские глинистые осадки (0,05—0,1%), при этом более древние отложения заключали бора больше (0,5%), чем молодые (0,3%). Чтобы установить, связано ли повышенное количество бора с морской водой, или же с увеличением количества глинозема, были исследованы глинистые продукты выветривания, т. е. осадки не морского происхождения — боксит и каолин, и действительно эти минералы показали совсем небольшое количество бора (0,0005%). Содержание B_2O_3 , определенное в солях морской воды и достигающее 0,1%, вполне объясняет возможность известного обогащения глинистых морских отложений бором.

Из более ранних исследований было известно высокое содержание бора в тканях морских ракообразных. Авторам показалось весьма интересным подвергнуть исследованию ряд морских водорослей — в них оказалось до 1% B_2O_3 , считая на золу. Затем были взяты современные кораллы (0,05—0,1%); в палеозойских кораллах содержание B_2O_3 оказалось совсем незначительным (выщелачивание?). Кремневые губки также выделялись по содержанию B_2O_3 (0,5%).

Для известняков среднее содержание близко к 0,001% B_2O_3 , в то время как для доломита из цехштейна Sonderhausen — 0,1% (повышенная соленость).

Высокое содержание бора было обнаружено также в золе наземных растений (горох — 0,5%, бук — 0,5%); интересно, что порядок чисел близок к величинам, полученным для морских водорослей. В золе нектара тропической нимфеи оказался 1% B_2O_3 . Очевидно, что бор в растении выполняет какую-то вполне определенную функцию. Содержание бора и в золе ископаемых углей высокое: антрацит — 0,1%, силезский уголь Neutode — 1%, ньюкестль — 1% и т. д.

Исследование почв показало, что имеется вполне определенная связь с материнской породой. Почвы на гранитах и базальтах оказались беднее бором, чем почвы, образовавшиеся на морских осадочных породах.

Произведенные исследования дают следующие соотношения Al_2O_3 : B_2O_3 (по весу):

в магматических породах	$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{B}_2\text{O}_3}$	15 000—30 000
„ глинистых продуктах выветривания		35 000—120 000
„ морских глинистых осадках (палеозой) . . .		150
„ современных глинистых осадках		500
„ морских железных рудах		30

Таким образом становится совершенно очевидной приуроченность бора к морским отложениям. Можно даже предполагать, что источником бора для турмалина в контактах глинистых пород не обязательно является принос его из гранита — он может происходить и из материала осадочной толщи, подвергшейся известной перегруппировке и давшей местное обогащение бором. Итак, бор может быть отнесен к талассофильным элементам, т. е. к руководящим элементам морских осадков.

В. Зильберминц

О РАСПРОСТРАНЕНИИ ГЕРМАНИЯ В УГЛЯХ И ПРОДУКТАХ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ. Ueber das Vorkommen des Germaniums in Steinkohlen u. Steinkohlen Produkten. (V. M. Goldschmidt. Nachr. v. d. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen. „Math.-Phys. Kl.“, 1931, 1).

Германий, обладая четным и относительно небольшим порядковым числом, не должен быть редок. Исходя из близости радиусов 4-валентного Si и 4-валентного Ge, можно думать, что он содержится в силикатах. А так как GeO_2 сильнее растворим в воде, то в циркулирующих водных растворах для него должно переходить в осадок под влиянием восстановительных процессов или путем адсорбции и таким образом может концентрироваться в углистых породах. При сжигании угля сернистый германий летит и оседает в саже дымовых труб. Спектроскопическое исследование показало, что в образцах угля содержится до 0,001% Ge и даже в одном случае — 0,01%. В золах же установлено 0,01, 0,1 и даже 0,6%. В золе сажи труб оказалось много As и до 0,1% Ge. Наконец в смоле, полученной из угля, германий также был обнаружен.

Гольдшмидт считает возможным техническое извлечение Ge из углистых пород.

В. Зильберминц

РУКОВОДЯЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ГЕОХИМИИ Geochemische Leit-Elemente (V. M. Goldschmidt. Die Naturwissenschaften, 1932, 20 S 948)

Подобно тому как геолог, находя определенные окаменелости, делает заключение относительно возраста и условий образования осадочной породы, геохимик может также судить об истории возникновения какой-либо породы, поскольку в ней содержится элемент, накопление которого связано с вполне определенными условиями; в некоторых же случаях, когда речь идет о накоплении таких элементов, как уран, свинец и гелий, может быть определен даже и возраст. Если принять во внимание давно уже установленную связь никеля и хрома с основными изверженными породами, то присутствие этих элементов в кристаллических сланцах в количестве, превышающем 0,5%, может указывать на магматическое происхождение материала породы.

Элементы платиновой и палладиевой группы, большей частью характерные для основных изверженных пород, не могут однако считаться руководящими только для них, так как накопления этих элементов известны и в месторождениях, связанных с кислыми породами (пегматитах и пневматолитах). Эти же элементы, как известно, обычно присутствуют и в разнообразных метеоритах. Поэтому можно задуматься о нахождении их в марганцевых конкрециях глубоко-водных отложений, как о показателе степени участия материала метеоритов (космической пыли) в этих отложениях.

Скандий, который раньше считался руководящим элементом гранитов, в главной своей массе оказывается связан с основными породами. Точно так же и бор, который до сих пор считался характерным для кислых пород, по новейшим исследованиям встречается в магматических породах лишь в очень незначительных количествах (порядка 0,0005—0,001% B_2O_3), в то время как в морских осадках, особенно в глинистых, его оказывается много больше (до 0,1% B_2O_3). Бор находят также и в морских железных рудах. Таким образом этот элемент можно считать руководящим для морских осадков. Интересно, что более молодые морские глины содержат бора меньше, чем палеозойские глинистые сланцы; таким образом можно думать о постепенном обеднении морской воды бором. В скелетных частях многих морских организмов бор также дает концентрацию (например во многих кораллах), но в известняках количество бора много ниже, чем в глинистых сланцах.

С точки зрения распределения элементов между сушей и морем можно говорить о талассофильных и талассоксенофильных элементах. К первым принадлежат Cl, Br, I, S (в виде SO_4), J, Na, ко вторым — такие как Al, Fe, Th. Среди талассофильных можно различать элементы, количество которых в морской воде в течение геологического времени увеличивается (Na), затем такие, для которых оно уменьшается (Br), и наконец такие, для которых существует состояние равновесия (Ca).

В. Зильберминц

План выпуска
литературы во II квартале 1933 г. по Геолразведиздату (Москва)

1. Гринли и Вильямс. Методы геологической съемки. Перевод с английского Дыбовской (под редакцией Милановского).
2. Рейборн К. и Мильнер. Разведка аллювиальных месторождений. (Перевод с английского А. Н. Лепешкиной).
3. Ньюхауз. Отношение рудных месторождений к складчатым породам.
4. Бауэн Н. Л. Эволюция изверженных пород. (Перевод с английского, под редакцией проф. Лучицкого.)
5. Спёрр, Линдгрэн и Фогт. Рудные магмы. (Перевод с английского.) Книга из серии «Новые идеи в учении о рудных месторождениях», под редакцией проф. И. Ф. Григорьева, серия III, вып. IV.
6. Шорт. Микроскопическое определение рудных минералов. (Перевод А. И. Яковлева).
7. Ниггли. Рудные месторождения магматического происхождения. (Перевод А. Яковлева).
8. Берг. Геохимия.
9. Бахурин, Вейберг и Павлинов. Курс магнитной разведки.
10. Шахов. Критерии возрастных соотношений рудообразующих минералов.
11. Свитальский. Курс рудных месторождений.
12. Криштофович. Палеоботаника.

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

Сдано в производ. 10/VI 1933 г. Подписано к печати 28/VII 1933 г. Печати. лист. 51/2.
Бумага 74x105. Знаков в п. л. 52 000. Заказ изд. № 756. Уполн. Главлита № В-56.095.

Типография Профиздата. Москва, Крутицкий вал, 18. Заказ № 688. Тираж 1.500.

Соболев Д. Н. „Проблемы геологии территории Большого Днепра“
„ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ“ 1933 г., № 5, стр. 93
В статье автор кратко останавливается на задачах геологии в решении проблем Большого Днепра.

Л и н и я о т р е з а

Муратов М. В. „Задачи военной геологии“
„ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ“ 1933 г., № 5, стр. 101
Автор указывает наиболее актуальные задачи геолога в прифронтовой полосе применительно к трем группам работ: 1) руководство и консультация при проведении земляных работ (окопы, минные галереи и т. п.), 2) проведение поисков воды, строительных материалов и других полезных ископаемых, 3) составление геологических карт, сводок и дача консультаций по вопросам геологического строения районов. В заключение автор подчеркивает большую роль геологов в военных операциях мерами из империалистической войны.

Л и н и я о т р е з а

Марковский А. П. „К вопросу о распространении нижнего силура в Средней Азии“
„ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ“ 1933 г., № 5, стр. 113
В противовес существующим предположениям о распространении нижнего силура в южных и северных дугах Средней Азии и отсутствия его в центральных дугах автор приводит данные присутствия фаунистически охарактеризованного нижнего силура в пределах центральных дуг (Алтайская система).

Л и н и я о т р е з а

Лодочников В. Н. „Серпентины и серпентиниты и связанные с ними петрологические вопросы“
„ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ“ 1933 г., № 5, стр. 119
В статье отмечается неудовлетворительность номенклатуры минералов группы серпентинов и предлагается более простая: для серпентинов (змеевиков) горных пород автор рекомендует пользоваться новым термином „серпентинит“. В отношении генезиса серпентинов-минералов автор приводит большой фактический материал для доказательства их происхождения из гелей. В связи с вопросом о генезисе серпентинитов затрачивается ряд вопросов общей петрологии.

Л и н и я о т р е з а

Жемчужников Ю. А., проф. „Новый метод сопоставления и отождествления угольных пластов“
„ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ“ 1933 г., № 5, стр. 151
Автор предлагает новый палеонтологический (микро-палеофитологический) метод сопоставления и отождествления пластов угля, основываясь на изучении статистического подсчета различных видов макро- и микроспор данного угольного бассейна.

Л и н и я о т р е з а

Погребницкий Е. О. „Сера в углях Донецкого бассейна“
„ПРОБЛЕМЫ СОВЕТСКОЙ ГЕОЛОГИИ“ 1933 г., № 5, стр. 165

Согласно автору, содержание серы в углях Донбасса находится в связи с определенными стратиграфическими горизонтами; количество серы колеблется в данном горизонте по некоторым территориальным зонам. Выделяются районы, в которых совершенно не встречается малосернистых углей (северная окраина Донбасса).

Sobolew D. N. „Geological Problems of the Grand Dniepr Territory“

„PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY“ 1933, № 5, p. 93

In this article the author deals briefly with the geological problems connected with the construction of the Dniepr system.

Cut through this line

Mooratow M. W. „The Problems of Military Geology“

„PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY“ 1933, № 5, p. 101

The author expounds the most actual problems a geologist has to deal with in the region of warfare, in connection with three kinds of work. 1. Superintending and conducting the digging of trenches, mine galleries etc. 2. Prospecting for water, building materials and other minerals. 3. Drawing up geological maps, reports on geological features of the land and giving consultation on the problems of geological structure of separate districts. In conclusion the author emphasizes the prominent role of geologists in the war practice, supporting his statement by examples taken from the world war.

Cut through this line

Markovsky A. P. „On the Problem of Distribution of the Lower Silurian in Central Asia“

„PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY“ 1933, № 5, p. 118

Contrary to the existing belief on the distribution of the lower silurian in the southern arcs of Central Asia and its absence in the central arcs, the author puts forth the data on the presence of fossiliferous lower silurian within the central arcs (the Altai system).

Cut through this line

Lodochnikow Wartan. N. „Serpentines and Serpentinities and the Petrological Problems Connected with them“

„PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY“ 1933, № 5, p. 145

The article points out the inadequacy of the nomenclature for the minerals belonging to the serpentine group and suggests a simpler one; for serpentines (rocks) the author suggests a new term „serpentinite“. As to the genesis of the serpentine minerals, numerous data are presented by the author, proving their derivation from gels. In conjunction with the problem of genesis of serpentines, a whole series of problems of petrology in general is expounded. The author lays a certain emphasis on the inadequacy of the gravitation and crystallization theory of differentiation of magma.

Cut through this line

Gemchujnikow G. A., Prof. „The New Method of Correlation and Identification of Coal Seams“

„PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY“ 1933, № 5, p. 164

The author suggests a new paleontologie (micro-paleophytologie) method of correlation and identification of coal seams, on the basis of statistical calculation of different species of macro- and microspores of the coal fields under discussion.

Pogrebitzky E. O. „Sulphur in the Coals of Donez Basin“

„PROBLEMS OF SOVIET GEOLOGY“ 1933, № 5, p. 174

According to the author, the sulphur content in the coals of Donez basin is closely connected with certain stratigraphic horizons. Within the given horizon the sulphur content varies in certain zones. Coals containing but small amounts of sulphur are totally absent in some districts, e. g. the northern margin of Donez basin.

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.