

В. С. СОБОЛЕВ

**ФИЗИКО ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГМЫ  
И СВЯЗАННЫХ С НЕЙ ПРОЦЕССОВ,  
ПРОВЕДЕННЫЕ в СССР в 1957-1959 гг.**

Работы по физико-химическому изучению магмы можно разделить на три группы:

- 1) экспериментальные исследования;
- 2) теоретические исследования;
- 3) исследование горных пород и минералов с использованием физико-химических методов и с выводами, пополняющими сведения о физико-химических свойствах магмы.

Работы всех трех групп тесно переплетаются, с одной стороны, с работами по физической химии вообще, с другой стороны, с петрографо-минералогическими работами, и их отбор для списка, приведенного в настоящем очерке, часто связан с затруднениями. При этом здесь рассматриваются как работы, непосредственно относящиеся к магме и изверженным породам, так и исследования, касающиеся постмагматических растворов и процессов — метасоматоза и метаморфизма вообще, хотя основное внимание уделено самим магматическим процессам.

Экспериментальные исследования систем, освещающих те или иные стороны магматического процесса, проводились еще в незначительном масштабе. Из систем без участия летучих компонентов прежде всего отметим работы Н. А. Торопова и Ф. Я. Галахова, посвященные изучению системы  $\text{SiO}_2\text{—Al}_2\text{O}_3$  и высокоглиноземистой области ряда трехкомпонентных систем. В отличие от данных прежних исследований для муллита устанавливается конгруэнтное плавление при температуре  $1910^\circ$  и эвтектика между муллитом и корундом при температуре  $1850^\circ$  и составе  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 77,5—79%,  $\text{SiO}_2$  — 21—22,5%, а также определяется широкий интервал твердых растворов между муллитом и корундом (до  $2\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$ ) при сомнительности твердых растворов между муллитом и силлиманитом. В системе  $\text{Na}_2\text{OAl}_2\text{O}_3\text{SiO}_2$  (И. В. Лавров) выделено поле кристаллизации  $3\text{Al}_2\text{O}_3$  —  $\text{Na}_2\text{O}_3 \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$ .

И. А. Островский (19576) изучил бинарную систему фаялит—магнетит, в которой отсутствуют твердые растворы и устанавливается эвтектическая точка с составом: 33% фаялита и 17% магнетита (по весу) и температурой эвтектики  $1142^\circ$ .

Я. И. Ольшанский и З. П. Ершова изучали системы кремнезема с фторидами металлов, установив в них более широкую область распада на две несмешивающиеся жидкости, чем в соответствующих системах с окислами. Отмечено, что в системе  $\text{SiO}_2$  —  $\text{BaF}_2$  в отличие от системы  $\text{SiO}_2$  —  $\text{BaO}$  наблюдается широкий разрыв смесимости, в то время как в системе с  $\text{LiF}$ ,  $\text{NaF}$  и  $\text{AlF}_3$ , так же как при участии соответствующих окислов, область распада жидкостей отсутствует.

Из несиликатных систем некоторый интерес для петрологии представляют исследования титанатов бария и железа (Щепочкина, 1958), где удалось внести уточнения в диаграммы Грива и Уайта, а также в системе  $\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$  (О. И. Аракелян). В последней системе изучены твердые растворы, в частности растворы  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \beta\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{O} \cdot 11(\text{Al,Fe})_2\text{O}_3$ .

Из систем с участием летучих компонентов большой интерес для петрологии магматических пород представляют исследования И. А. Островского (1957а, 1958), изучавшего равновесие силикатов железа с водным паром и водородом. Установлено, что эгирин «под давлением водяного пара  $5000 \text{ кг/см}^2$  плавится инконгруэнтно, выделяя магнетит, но не гематит. Температура инконгруэнтного плавления медленно понижается с возрастанием давления от  $900^\circ$  при  $0 \text{ кг/см}^2$  до  $875^\circ$  при  $5000 \text{ кг/см}^2$ ... Для этого, чтобы вместо эгирина образовался амфибол или тем более биотит, необходима еще примесь водорода к водяному пару... Уже при небольшой примеси водорода эгирин не образуется из расплава, и, таким образом, его присутствие в изверженной породе указывает на то, что парциальная упругость водорода над расплавом была незначительной».

«Система фаялит — вода не является бинарной в связи с образованием в ней магнетита и модификаций кремнезема, с одной стороны, и водорода — с другой.

В реакции между фаялитом, магнетитом и кремнеземом, в присутствии водно-водородной газовой фазы, при  $800^\circ$  и  $4400 \text{ кг/см}^2$  равновесная упругость водорода приблизительно составляет около общего давления газовой смеси. В этих условиях даже при  $900^\circ$  не удалось расплавить фаялит под давлением  $5000 \text{ кг/см}^2$  водно-водородной газовой смеси».

«Успешными оказались синтезы гидроксильного биотита под давлением водяного пара. Особенно благоприятную роль играла добавка некоторого количества водорода. В частности, удалось синтезировать безглиноземистую слюду, чем доказана возможность полного замещения алюминия железом в четверной координации.

В реакции между биотитом, ортоклазом и магнетитом в присутствии водно-водородной газовой смеси равновесная парциальная упругость водорода при  $715^\circ$  и  $4400 \text{ кг/см}^2$  составляет около  $1/16$  общего давления».

При общем давлении  $4000 \text{ кг/см}^2$  в присутствии водорода ( $1/12$  общего давления) биотит устойчив до  $840^\circ$ , причем при распаде выделяется фаялит. Приведенные данные позволяют сделать заключение о верхней температуре кристаллизации гранитов с железистым биотитом (типа рапакиви), а также предел содержания водорода в газовой смеси (от  $1/16$  до общего давления).

Н. И. Хитаров и др. (1957б) провели интересный опыт по плавлению типичного гранита в присутствии воды. Заметное оплавление при давлении до  $4000 \text{ атм}$  удалось получить при температуре  $700^\circ$  (выдержка 5 час), что несколько выше цифры, полученной Татлом.

Н. И. Хитаров с сотрудниками (1959) провели очень интересные эксперименты по определению растворимости воды в базальтовом и гранитном расплавах. Для температуры  $900^\circ$  они нашли значительно более низкую растворимость воды в гранитном расплаве, по сравнению с данными Горансона, почти совпадающую с цифрами Джонса и Бенхема. Для базальтового расплава при тех же условиях растворимости воды еще значительно ниже. При температуре  $900^\circ$  и  $p = 3000 \text{ кг/см}^2$  она составляет только  $3,6\%$  против  $6,6-6,8\%$  для гранита. При более высоких температурах —  $1000^\circ$  — растворимость воды в гранитном и базальтовом расплавах сближается (соответственно  $5,4$  и  $5,7\%$ ), причем для гранитного расплава здесь наблюдается снижение растворимости воды по сравнению с температурой  $900^\circ$ .

Для изучения кристаллизации магмы и для представления о постмаг-

матических реакциях большой интерес представляет *PT*-проекция системы кремнезем—вода, изученная И. А. Островским и др. (1959). Некоторые особенности полученной диаграммы новы по существу. «Кривая превращения тридимит — кристобалит имеет ясно выраженный отрицательный наклон и ограничивает сверху узкое поле, в котором возможно сосуществование тридимита и расплава. Из инвариантной точки, в которой находится в равновесии кристобалит, тридимит и кварц, выходит грубая кривая равновесия кристобалит — кварц, прослеженная нами до 1360°, но, по-видимому, продолжающаяся вплоть до температуры плавления кремнезема. Таким образом, ни кристобалит, ни в особенности тридимит, не являются устойчивыми при высоком давлении. С другой стороны, при подходящих концентрационных соотношениях и при высоком давлении кварц оказывается стабильным и, вопреки прежним представлениям, может сосуществовать с расплавом при температурах свыше 1300°». Показано также, что «инвариантная точка кристобалит + тридимит + кварц лежит при 1190° и 1430  $мг/см^2$ , согласно же термодинамическим вычислениям М. А. Мозесмана и К. С. Питцера предполагалось, что она лежит приблизительно при 1420° и 660 *атм*».

Вопросам фазовых превращений кремнезема был посвящен также ряд других исследований (И. С. Кайнарский и И. Г. Орлова, Н. Н. Синельников). Особо упомянем, что Н. П. Хитаров и др. осуществили синтез коэсита в интервале давлений 26 000—38 000 *атм* при температуре 450—600°. Измерены оптические константы коэсита:  $N_g = 1,597$ ;  $N_p = 1,594$ ;  $N_g - N_p = 0,003$ ;  $2V = -61^\circ$ . Наиболее важным отличием от данных Коэса является отрицательный угол оптических осей (по Коэсу  $2V = +54^\circ$ ).

Большой интерес для представления о постмагматических газах имеет система  $H_2O - CO_2$ , изученная С. Д. Малининым и Н. И. Хитаровым до температуры 330° и давления до 600 *атм*. В области низких давлений характерно понижение растворимости углекислоты в воде. При высоких давлениях наблюдается характерный изгиб изотерм, который позволяет предполагать в дальнейшем их замыкание. Сравнивая общий характер диаграмм с диаграммой системы сера — азот, авторы подчеркивают их аналогию и отмечают, что «для подобного рода систем критическая температура менее летучего компонента является предельной температурой двухфазового состояния».

В этих же статьях приводятся данные о растворимости  $CO_2$  в водных растворах  $Cl_2$  (для диапазона давлений 100—400  $кг/см^2$  и температур 200—300°), которая в 1,5—2,5 раза меньше, чем в чистой воде, при сохранении общего характера кривых.

Для изучения постмагматических растворов интересные данные о системе  $H_2O - NaCl$  приведены в статье П. В. Клевцова и Г. Г. Леммлейна. По приблизительно определению, «следует, что для 5 и 10%-ных водных растворов хлористого натрия критическое давление — 400 и < 700—750 *атм*, соответственно». Прямая задача проведенных исследований — построение диаграмм температурных поправок к данным, полученным при гомогенизации двухфазовых включений минералов для различных давлений, которые построены соответственно для 5—15—20%-ного раствора  $NaCl$  (в предыдущих работах также для 30%-ного раствора  $NaCl$ ).

Исследованию фазовых равновесий части системы  $H_2O - SiO_2 - Na_2CO_3$  при высоких температурах и давлениях посвящена работа В. П. Бутузова и Л. В. Брятова (1957).

Помимо изучения фазовых равновесий в системах проводились также экспериментальные исследования специфического характера с целью решения тех или иных вопросов, интересных для петрологии.

В связи с развитием представления о дифференциальной подвижности компонентов, нужно упомянуть исследования В. И. Малкина и В. В. Покидышева о подвижности щелочных ионов в силикатном растворе.

Показано, что эта подвижность возрастает по мере уменьшения связи с кислородом, что в первую очередь зависит от радиуса ионов: степень связи уменьшается и подвижность увеличивается с увеличением радиуса. Однако общая закономерность нарушается при увеличении {координационного числа, которое приводит к уменьшению подвижности иона.

Л. Н. Овчинников и Л. И. Меттих (1958) поставили эксперименты, чтобы выяснить роль ассимиляции известняка при рудообразовании. При сплавлении (различных горных пород (гранит, сиенит, базальт и др.) в разных условиях отмечалось выделение металлического железа, большей частью всплывавшего вместе с газовыми пузырями. Было получено также скопление металлического железа в твердом известняке, погруженном в базальтовый расплав, в то время как расплав в этой области обеднялся железом. В дальнейшем в специальной статье Л. Н. Овчинников (1959) более подробно обсуждал значение этих экспериментов для понимания генезиса рудных минералов.

К области эксперимента могут быть отнесены также наблюдения В. В. Лапина и Н. Н. Курцовой над дифференциацией силикатных (расплавов в шлаках никелевого производства. В одном из описанных случаев остаточный расплав обогащается железом и обедняется магнием в результате кристаллизационной дифференциации, за счет выделения раннего более магнезиального (40% форстеритового компонента) оливина. Этот расплав сосредоточивается в верхней части ковша, где шлак приобретает пегматоидную структуру, и кристаллизуется более железистый оливин (32% форстеритового компонента). Второй описанный случай дифференциации связан со скоплением в нижней части печи зерен нерасплавленного весьма магнезиального оливина добавленных основных пород с образованием вязкого застойного слоя.

В статье Н. И. Хитарова (1957в) приведены экспериментальные данные о составе растворов, получающихся при обработке различных горных пород и отчасти минералов (олигоклазов) при высоких давлениях (300—2500 атм) и температурах (300—500°) водой или растворами. Отмечается ряд особенностей, в частности задержки с переходом в раствор СаО. «Объяснение этому следует, по-видимому, прежде всего искать в стойкости анортитовой составляющей плагиоклазов. Изучение взаимодействия олигоклаза и лабрадора с водой в условиях повышенных температур и давлений показало более легкое растворение основного плагиоклаза, т. е. подтвердилось известное явление из петрографической практики. Но эксперимент показывает, что при этом разрушения плагиоклаза и первую очередь освобождается альбитовая составляющая».

Рассмотрение экспериментальных исследований за истекший период мы закончим упоминанием обзора, сделанного Н. И. Хитаровым (1957а), содержащего, несмотря на малый объем, большой и интересный материал.

Обсуждение теоретических вопросов продолжалось за истекший период, прежде всего, на дискуссии по проблеме подвижных компонентов, выдвинутой Д. С. Коржинским (Александров; Коржинский, 1958а). Как известно, предложенный вывод правила фаз и новый вид потенциальных функций вызвал возражения. Отдельные дискуссионные статьи по этому вопросу публикуются и в рассматриваемый период, причем окончанием определенного этапа дискуссий можно считать сообщение Я. И. Герасимова (1959) о том, что специальная термодинамическая комиссия АН СССР, не рассматривая петрологических приложений, выдвинутых теорией, пришла к заключению о правильности математических выводов и подтвердила правильность отнесения предложенной новой функции к термодинамическим потенциалам.

Теоретическим вопросам вариантности в закрытых и открытых системах посвящена также работа В. А. Николаева (1958).

Общее значение при рассмотрении диаграмм плавкости силикатных

систем, имеет статья Д. С. Коржинского о кислотно-основном взаимодействии компонентов в силикатных расплавах. Исходя из теократических соображений и сопоставления конкретных диаграмм, автор приходит к выводу, что, учитывая кислотно-основные свойства компонентов, можно предвидеть направление котектических линий тройных систем. «Повышение основности расплава посредством растворения в нем добавочного компонента — сильного основания — приведет к повышению активности всех оснований, в особенности более сильных, и к понижению активности кислотных окислов. Это вызовет повышение температур кристаллизации оснований, в особенности более сильных и понижение их для кислотных окислов. Вследствие этого должны измениться эвтектические и котектические соотношения компонентов расплава. Именно, повышение сильных оснований и основных соединений за счет менее основных соединений, и в особенности за счет кислотных компонентов и их соединений».

Большим событием в области развития приложений идеи физической химии к петрологии и минералогии явилась монография Д. С. Коржинского о парагенетическом анализе. В этой работе автор систематически излагает уже ранее высказанные теоретические взгляды, а также делает некоторые новые общие выводы, причем разобранные примеры относятся в основном к процессам метаморфизма и особенно метасоматоза. Особого внимания заслуживает построение нового типа многопучковых диаграмм по схеме Скрейнемакерса, но отнесенных к постоянной температуре и давлению, для которых переменными величинами, откладываемыми на осях координат, являются химические потенциалы так называемых подвижных компонентов. Являясь сейчас основным методом при изучении метасоматических пород, эти диаграммы весьма полезны также и для рассмотрения процессов кристаллизации магмы, в которой подвижными компонентами, по Д. С. Коржинскому, являются щелочи.

В своей сводке автор вновь подробно анализирует такую диаграмму для парагенезисов гранитоидов, которые отвечают шестиминеральному узлу диаграмм: кварц, ортоклаз, плагиоклаз № 33, роговая обманка, биотит, диопсид. Анализ диаграммы показывает, что обычная схема кристаллизации по Боуэну отвечает лишь одному из ее полей, в то время как повышение потенциала щелочей, особенно калия, приводит к изменению типа парагенезиса. Щелочи, вытесняя кальций из плагиоклаза, вызывают появление в гранитах роговой обманки или диопсида вместо биотита. Диаграмма наглядно иллюстрирует равновесие между ортоклазом и плагиоклазом, показывая, что в этом парагенезисе основность плагиоклаза возрастает с увеличением отношения  $K_2O : Na_2O$ . Давая новый метод сопоставления парагенезисов известных пород, такая диаграмма при ее дальнейшем развитии может послужить основой для генетической классификации изверженных пород.

Непосредственным продолжением идей Д. С. Коржинского об особой роли (подвижности) щелочей в магматических системах явились исследования В. А. Жарикова, который изложил их результаты в отдельной главе своей петрологической монографии. Автор провел аналитическое исследование кривых плавкости бинарной эвтектики при изменении режима щелочей, установив при этом, «что по мере повышения величин химических потенциалов калия и натрия в магме:

- 1) эвтектическая точка (или котектическая кривая) смещается в сторону не содержащих щелочи минералов; эвтектический (или котектический) расплав обогащается не содержащими щелочи минералами; поля кристаллизации минералов, содержащих щелочи, расширяются, т. е. кристаллизация их из расплава данного состава будет происходить тем раньше, чем выше химические потенциалы калия и натрия;

- 2) температуры плавления щелочных полевых шпатов повышаются; в эвтектических отношениях с данным темноцветным минералом будут

находиться все более щелочные полевые шпаты; к установленному Д. С. Коржинским критерию щелочности добавляется второй критерий — состав полевого шпата, одновременно кристаллизовавшегося с данным темноцветным минералом.

Таким образом, изменение последовательности кристаллизации, а следовательно, структурных и парагенетических соотношений минералов, является результатом повышения химических потенциалов натрия и особенно калия при кристаллизации магмы.

Изучение показывает, что повышение щелочности связано с явлениями взаимодействия магмы с вмещающими породами, с явлениями магматического замещения (= гранитизации доломитов)».

Сопоставляя и анализируя физико-химические данные по граничным тройным системам и материалам петрографии, В. С. Соболев (1959) делает попытку дать общую картину кристаллизации четверной системы: кремнезем — нефелин — кальсилит — анортит. Показано, что в системе должна быть одна невариантная перитектическая точка, в которой в равновесии с расплавом находятся четыре минерала: лейцит, нефелин (с содержанием 20% калиевого компонента), санидин (с содержанием 75% калиевого компонента), плагиоклаз №50. Последний является предельным составом плагиоклаза, который возможен в парагенезисах с лейцитом. Перитектическая точка лежит близко к соответствующей точке минимума на граничной тройной системе:  $\text{SiO}_2$  —  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  —  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ . Подчеркнуто, что температурный перепад вдоль кривых кристаллизации от точки анортит — санидин — лейцит до точки минимума санидин — нефелин, что отвечает выпадению всего ряда плагиоклазов совместно с калинатровыми полевыми шпатами, весьма незначителен, порядка нескольких десятков градусов, что несомненно затрудняет экспериментальное изучение данной системы. Рассмотрены также области трех- и двухминеральных парагенезисов внутри системы.

Ряд общих проблем применения термодинамики к рассмотрению петрологических процессов, в том числе и проблема образования магмы, рассматривается в статье В. А. Николаева (1957). Вопросы, связанные с образованием магмы в свете экспериментальных данных, освещены также в статье Н. И. Хитарова (1958а). Специально проблеме образования гранитной магмы и гранитов посвящены статьи Н. И. Хитарова (1957б), Ю. И. Половинкиной (1957) и В. В. Тихомирова (1958). Общий обзор современных петрологических теорий и гипотез в области образования магматических пород сделан В. С. Соболевым (1957а).

В. С. Соболев в специальной статье рассматривает физико-химические условия кристаллизации при действии ориентированного давления. В том случае, если ориентированное давление действительно является самостоятельным фактором физико-химического равновесия и приводит к образованию новой фазы, одно из главных условий — закопомерная ориентировка кристаллов новой устойчивой фазы. Автор отмечает, что указанному условию не удовлетворяет ни один из так называемых «стресс-минералов», в том числе и дистен, т. е. их образование не связано с особой ролью ориентированного давления.

Базируясь на данных по распределению редких элементов и изотопов кислорода, серы и углерода в породах земной коры и метеоритах, а также на специально проведенных экспериментах — так называемой зонной плавке силикатной фракции хондритов и других силикатов, — А. П. Виноградов (1959) обсуждает очень важные проблемы, связанные с развитием земной коры и космических тел.

Подчеркивая различия, выявленные между горными породами и метеоритами, в частности гораздо более широкий диапазон изменения изотопных отношений в горных породах, автор приходит к выводу о различиях в их происхождении.

Процесс образования горных пород земной коры он рассматривает как результат зонной плавки мантии, в результате которой могло быть выплавлено до 6% вещества, если состав мантия принять близким к дуниту.

Что касается образования метеоритов, то здесь, по мнению автора, происходят два различных процесса. Хондриты, с его точки зрения, образовались «из капелек силикатов и Fe посредством агломерации».

Ахондриты образуются из хондритов, но процесс идет «на телах малого размера, вследствие чего отсутствуют достаточные количества легколетучих соединений и, наоборот, даже происходит их потеря».

«Образование полевошпатовых ахондритов напоминает механизм, который приводит к перерождению динасового кирпича, употребляемого для футеровки мартеновских печей, под действием высокой температуры и длительного времени. В динасе образуются зоны разного состава, и в переходной зоне происходит накопление  $Al_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $TiO_2$ , что по составу напоминает полевошпатовые ахондриты.

В итоге я могу сказать, что дифференциация силикатных веществ больших и малых тел связана с системой  $MgO - SiO_2$  и распределением разных элементов между фазами  $Mg_2SiO_4$ ,  $MgSiO_3$ ,  $SiO_2$  при очень различных условиях».

Для рассмотрения физико-химических закономерностей постмагматических процессов большое значение имеют работы Д. С. Норманнского о режиме кислотности послемагматических растворов (1957) и кислотно-щелочной дифференциации (1958в).

Согласно развиваемому представлению, «при кристаллизации магмы и особенно при последующей конденсации или уплотнении надкритических послемагматических растворов происходит резкое повышение их кислотности. При этом в силу предполагаемого «кислотно-фильтрационного эффекта» кислотные компоненты в потоке просачиваются через породы восходящих водных растворов и поднимаются быстрое основной массы водного раствора».

Соответственно послемагматические процессы разделяются «на три главных типа: 1) процессы стадии возрастающей кислотности, вызванные возрастанием кислотности растворов в самой среде пород данного состава... 2) процессы кислотной стадии, вызванные втеканием кислых растворов в породы более основного состава... 3) процессы стадии понижающейся кислотности, вызванные фильтрационным удалением из раствора части кислотных компонентов».

В результате «прохождение волны кислотности приводит к объемному выщелачиванию оснований породы и к последующему концентрированному их осаждению в виде прожилков или жил в выщелоченной породе, с некоторым общим перемещением вещества в направлении потока растворов. В то время как порода между жилками будет обеднена основаниями, в жилках имеет место значительная концентрация оснований. Это явление может быть названо гидротермальной кислотно-щелочной дифференциацией (термин гидротермальная здесь применяется в широком смысле, так как имеются в виду не только собственно жидкие, но и надкритические водные растворы)».

В основных породах процесс идет несколько иначе, чем в кислых, но и здесь имеет место «в частности, пирротинное и титано-магнетитовое оруденение в габброидах и гиербазитах и образование карбонатитов в щелочных массивах может рассматриваться как проявление кислотной стадии послемагматического процесса в среде основных и щелочных пород».

К физико-химической интерпретации постмагматических процессов относится еще несколько статей.

И. А. Островский (1957а), исходя из данных, приведенных Боуэном

и Татлом для системы  $H_2O \cdot MgO \cdot SiO_2$ , рассматривает теоретически возможные варианты пересечения кривых и инвариантных точек.

Влияние вмещающих пород на процессы рудообразования рассматриваются в статье А. Г. Бетехтина (1957), а влияние на формирование интрузивных пород и постмагматических образований — в статье М. Г. Руб (1957).

Роль комплексных соединений в эндогенных растворах обсуждается А. А. Беусом (1958).

Н. П. Ермаков (1957) останавливается за общим значением исследований включений в минералах, а в статье В. А. Калужного (1958а) приводятся кривые гомогенизации водных растворов при разной степени заполнения включений и дается простой метод их построения.

К третьей группе мы отнесли работы, в которых приводятся результаты петрографо-минералогических исследований, при интерпретации которых достаточно широко используются данные физической химии и которые сами в свою очередь могут обогащать наши знания о физико-химических закономерностях в магматических и постмагматических процессах.

М. Н. Годлевский (1959б) описывает генезис норильских медно-никелевых руд с точки зрения расслоения магмы на силикатный и сульфидный расплав (ликвация). Кристаллизацию сульфидного расплава он рассматривает па основе системы  $CuS-NiS-FeS$ , полемизируя с Н. С. Зонтовым (1958), допуская, однако, и существование остаточных водных растворов, кристаллизация которых иллюстрируется системой  $Cu_2S-Na_2S-H_2O$ .

В. И. Лебединский и Кокэ-Минь (1958) описывают типичные каплеобразные сферолиты из кислых стекловатых лав Калгана, трактуя их также как пример ликвации.

Примеры кристаллизационной дифференциации приводятся многими авторами, описывающими сибирские траппы (Годлевский, 1958, 1959а; Годлевский и Баталиев, 1958; Лебедев, 1957, 1958; Масайтис, 1957, 1958а и 1958б), причем всюду отмечается большое значение изменения состава фемических минералов, а также рассматриваются некоторые вопросы их парагенезисом. О парагенезисах фемических минералов гранитоидов говорится в работе Г. М. Гнатива и О. И. Матковского, щелочных пород — в работе Б. И. Злобина (1959), а общая проблема значения желюзистости фемических минералов обсуждается в статье Л. И. Шабынина (1958б) и отчасти в статье В. И. Лебедева (1959).

Ряд работ был посвящен оптике так называемых высокотемпературных плагиоклазов (Марфунин, 1957, 1958), а в статье А. Н. Заварицкого с соавторами даны диаграммы для определения состава высокотемпературных плагиоклазов на Федоровском столике в общепринятой форме: диаграмма на одном квадранте по типу В. В. Никитина и диаграмма для непосредственного определения на пятиосном столике (без нанесения кристаллооптических и кристаллографических элементов на проекцию) по А. Н. Заварицкому.

Описывая лейцитовые базальты горы Гаусс в Антарктике, Вялов и Соболев (1958), детально изучив ксенолиты гранитных пород в лавах, приходят к заключению о их температурах. Образование широких каемок стекла на границе кварца с микроклином показывает, что температура была значительно выше эвтектической ( $1030^\circ$ ) и, очевидно, достигала  $1150^\circ$ , как о том свидетельствует начальное расплавление кислого плагиоклаза. В то же время она не достигала  $1200^\circ$ , так как микроклин сам по себе совершенно не разложен. Указанная температура значительно ниже цифры, полученной по диаграмме системы анортит — лейцит — кремнезем ( $1300^\circ$ ), что связано, вероятно, с присутствием железистых компонентов и воды.



Общие вопросы происхождения ультраосновных пород с обсуждением физико-химических закономерностей рассматриваются в монографии Г. В. Пинуса и соавторов (1958).

В ряде работ затрагивается вопрос о величине давления при образовании магматических и метаморфических пород.

В. П. Костюк (1958) описывает новые примеры кислых эффузивных пород с порфировыми вкрапленниками альмандина, имеющими, несомненно, первичное происхождение.

А. П. Бобриевич и В. С. Соболев (1957), описывая интересный пример эклогитизации гиперстеновых кристаллических сланцев (из ксенолитов в кимберлитах), делают попытку построить схематическую диаграмму для железисто-магнезиальных гранатов. Нижний предел давления при образовании эклогита определяется в  $1500^{\circ}$   $1700$  атм.

А. П. Бобриевич и др. (1959) описывают редкий случай алмазоносного эклогита (также ксенолит в кимберлитах), образованно которого происходило при гораздо более высоких давлениях, выше  $40\ 000$  атм, и рассматривают проблему существования глубинных эклогитов.

В статье А. П. Бобриевича и др. (1957) описывается также первая находка муассанита земного происхождения, обнаруженного в кимберлитах и в ксенолитах гранатового перидотита в этом кимберлите; по-видимому, муассанит образуется также при высоких давлениях.

Во многих статьях рассматриваются специфические проблемы, связанные с развитием теории гранитизации и реоморфизма. Речь идет не только об обычном калиевом метасоматозе при образовании гранитов, но по-новому ставится и проблема происхождения иных, казалось бы, несомненно магматических пород. Так, Н. И. Юдин (1957, 1959) считает, что как энстатиты, так и дупиты хребта Борус возникают при метасоматозе серпентинизированных гипербазитов.

К аналогичному представлению о генезисе полосчатых дунитов западной полосы пшербазитов Урала приходит Г. М. Виноградская.

О метасоматическом происхождении щелочных пород типа ийолитов-мельтейгитов пишут Л. С. Бородин (1957, 1958<sub>б</sub>) и В. А. Кононова (1957, 1958). Однако дело обычно сводится лишь к описанию и общей трактовке явлений, без детального рассмотрения физико-химических процессов, что, как известно, характерно и для самой проблемы гранитизации.

Во многих работах трактуется проблема метасоматического происхождения пегматитов. Но и здесь почти не затрагиваются физико-химические закономерности, и мы ограничимся ссылкой на обобщающую статью В. Д. Никитина (1959). Следует, однако, отметить, что далеко не все исследователи согласны с представлением о мета-соматическом образовании графической структуры пегматитов, они приводят доказательства их магматической природы (Гурьева, 1957).

За истекший период во многих исследованиях разбирались вопросы распределения редких элементов изверженных горных пород, этой проблеме был посвящен специальный симпозиум (А. И. Гинзбург и др.). Собранный материал, несомненно, имеет большую ценность, но трактуется обычно лишь в аспекте геохимии. Поэтому в данном обзоре мы ограничимся упоминанием проблемы, поместив в список литературы лишь статьи наиболее общего характера (Л. Ф. Борисенко, Л. А. Борисенко, П. Т. Воскресенская, В. В. Ляхович, А. С. Павленко и др.).

Выше мы уже отметили значение теоретических обобщений Д. С. Коржинского для изучения метасоматических процессов. За истекший период появилось большое количество работ (В. Ф. Барабанов, И. Н. Говоров, В. А. Жариков, Л. Д. Куршакова, М. А. Лицарев, А. А. Маракушев, 1957, 1958а и 1958б; Н. И. Наковник, Г. Е. Нарвайт, А. С. Павленко, А. Д. Ракчеев, В. И. Рехарский, И. Ф. Романович, Р. И. Сироштан и

Н. И. Половко, И. С. Усенко, П. М. Хренов, Л. И. Шабынин, 1958а, 1958б), в которых детально анализируются физико-химические условия процессов метасоматоза, часто с построением многопучковых диаграмм, а также дискутируются поднятые проблемы.

Богатый фактический материал, освещающий физико-химические изменения современных термальных вод и связанного с ними метасоматоза, приводится в монографии (1959) и статьях С. И. Набоко. Здесь кислотность растворов возрастает за счет окисления сероводорода кислородом воздуха, и выщелачивание доходит до крайней ступени с образованием типичных опалолитов. Подобные случаи зональности сольфатарно-измененных пород приводит также М. М. Василевский (1958).

Прекрасным примером вертикальной метасоматической зональности, связанной с тем же явлением окисления сероводорода в палеовулканической области является каолино-алунитовое месторождение Берегово (Закарпатская область), к детальному описанию которого возвращается М. Ю. Фиггкин (1958).

Мы закончим наш краткий обзор работами, которые связаны с исследованием не самих минералов, а сохранившихся в них растворов, которые непосредственно направлены на изучение физико-химических условий минералообразования. Как и обычно, большая часть работ этого направления (И. В. Банщикова, С. Н. Венедиктов, Г. Г. Грушкин, О. Д. Долгов, Н. П. Ермаков и Вл. А. Калюжный, Н. П. Ермаков и др., 1957; Г. А. Киевленко, Л. Н. Колтун, 1957, 1958; В. Ф. Лесняк, А. В. Пизнюр, Л. С. Пузанов, Э. Н. Пушкина и Г. Я. Яковлева, М. М. Сливко) относится к определению температуры образования минералов как методом непосредственного наблюдения гомогенизации включений, так и термозвуковым методом, пригодным при изучении непрозрачных минералов.

Отдельные статьи имеют методический характер. Здесь нужно упомянуть исследования В. А. Калюжного, который доказывает полную герметичность включений в кварце, опровергая данные Скиннера, ставившего под сомнение законность применяемых методов вообще. Лоскутов дает новый метод определения показателя преломления растворов во включениях, что имеет значение для суждения об их концентрации.

Вместе с тем имеются исследования, которые ставят перед собой задачу определить давления при минералообразовании, что дает в свою очередь возможность уточнить соответствующую температуру. Так, например, применяя разработанные ранее методы сопоставления температур гомогенизации включений углекислоты и воды, а также учитывая содержание NaCl в растворе (по температуре замерзания раствора и температуре растворения NaCl), П. В. Клевцов и Г. Г. Леммлейн дают для кварца из месторождения Южного Урала температуры образования 470—550° и давление — 2000—2500 атм.

Еще более важно развитие исследований составов минералообразующих растворов (А. Е. Лисицын и С. В. Малинко, И. Н. Маслова, М. А. Умова и др., Н. И. Хитаров и др., 1957в). Наряду с данными химических исследований растворов и газов здесь нужно особо остановиться на изучении минералов «узников» и прямых методов определения рН для растворов включений.

Наличие во включениях различных мельчайших кристаллов, обычно находящихся в равновесии с раствором и исчезающих при нагревании, давно было известно в минералогии. Однако о минералах этих включений были скудные данные и по существу строго установлены были только кристаллы NaCl.

В работах В. А. Калюжного (1958б, 1958в) впервые дается богатый материал по минералогии этих включений для топазов Вольни. Кроме галита и сильвина здесь были установлены эльпасолит, караколит, криолит, кварц,

типлеит, а в виде твердых включений в кварце — эвклаз, флюорит, топаз и фенакит.

Кроме того, изучены многие другие включения, которые, однако, не могли быть определены по имеющимся кристаллооптическим и химическим данным.

Выше мы уже останавливались на теоретических работах, посвященных проблеме кислотности и щелочности постмагматических растворов. Суждение о величине рН при минералообразовании обычно составляется по водной суспензии (Е. Е. Костылева и Т. К. Сухушина) минералов. Однако более обнадеживающей кажется возможность прямо определить рН в растворе мельчайших включений, доказанная В. А. Калужным (1957). Еще не приводя в опубликованной статье детального описания метода, автор дает интересные числовые данные, которые, в частности, доказывают кислый характер растворов из включений некоторых кварцев из пегматитов и особенно из топазов.

Дальнейшее развитие методов всестороннего изучения включений минералообразующих растворов и остатков расплава в минералах несомненно пополнит наши знания о физико-химических условиях минералообразования.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Александров И. В. О выводах Д. С. Коржинского, связанных с правилом фаз. «Геохимия», 1958, № 3.
- Аникин И. Н. Искусственное получение кристаллов шеелита. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 86, вып. 4, 1957.
- Аракелян О. И. О твердых растворах системы  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии. М., 1958.
- Банщикова И. В. Некоторые особенности генезиса месторождения Кара-Оба, выявленные посредством микротермометрического анализа. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. II, вып. 2, 1958.
- Барабанов В. Ф. К вопросу о поведении полевых шпатов при грейзенизации. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 87, № 4, 1958а.
- Барабанов В. Ф. К вопросу о роли давления при процессах минералообразования в кварц-вольфрамитовых жилах. Докл. АН СССР, т. 120, № 2, 1958б.
- Бетехтин А. Г. Роль вмещающей среды в процессах эндогенного рудообразования. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 86, вып. 2, 1957.
- Беус А. А. Роль комплексных соединений в переносе и концентрации редких элементов в эндогенных растворах. «Геохимия», 1958, № 4.
- Бобривич А. П. и Соболев В. С. Эклогитизация пироксеновых кристаллических сланцев архейского комплекса. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 86, вып. 1, 1957.
- Бобривич А. П., Калужный Вл. А. и Смирнов Г. И. Муассанит в кимберлитах Восточно-Сибирской платформы. Докл. АН СССР, т. 115, № 6, 1957.
- Бобривич А. П., Смирнов Г. И. и Соболев В. С. Ксенолит эклогита с алмазами. Докл. АН СССР, т. 126, № 3, 1959.
- Борисенко Л. Ф. О распределении скандия в изверженных породах на примере некоторых массивов Советского Союза. «Геохимия», 1959, № 7.
- Борисенко Л. А. Распределение галлия в горных породах Советского Союза. «Геохимия», 1959, № 1.
- Бородин Л. С. О типах карбонатитовых месторождений и их связи с массивами ультраосновных щелочных пород. Изв. АН СССР, серия геол., № 5, 1957.
- Бородин Л. С. К химизму процессов эгиринизации и нефелинизации пироксена при образовании метасоматических нефелино-пироксеновых пород (ийолитов). «Геохимия», 1958а, № 5.
- Бородин Л. С. О процессах нефелинизации и эгиринизации пироксенитов в связи с проблемой генезиса щелочных пород типа ийолитов-мельтейгитов. Изв. АН СССР, серия геол., № 6, 1958б.
- Брон В. А. О влиянии кристаллохимических свойств добавок на спекание высокоогнеупорных оксидов в твердой фазе. Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии. 1958.
- Брон В. А. Диаграмма плавкости системы  $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии. М., 1958.
- Бутузов В. П. и Брятов Л. В. Исследование фазовых равновесий части системы  $\text{H}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Na}_2\text{CO}_3$  при высоких температурах и давлениях. Изд-во АН СССР. Кристаллография, т. 2, вып. 5. 1957.

- Василевский М. М. Зональность и рудная минерализация сольфатарно-измененных пород Быстринского района Камчатки. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 87, вып. 3, 1958.
- Вахрушев В. А. О происхождении диоритовых порфириров района Таштагол в Горной Шории. Изв. АН СССР, серия геол., № 10, 1957.
- Венедиктов С. Н. Термометрические исследования жильного кварца и кристаллов горного хрусталя из кварцевых жил Джезказган-Улутасульского района. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. II, вып. 2, 1958.
- Виноградов А. П., Донцова Е. И., Чупахия М. С. Изотопный состав кислород-рода изверженных пород и метеоритов. «Геохимия», 1958, № 3.
- Виноградов А. П. Метеориты и земная кора. Изв. АН СССР, серия геол., № 10, 1959.
- Виноградская Г. М. О генезисе полосчатых дунито-перидотитов Западной полосы гипербазитов Урала. Всесоюз. научно-исслед. геол. ин-т, Петрограф. сб. № 2, 1957.
- Власов Г. М., Василевский М. М. Генезис и взаимоотношения вторичных кварцитов и пропилитов Среднего Камчатского хребта. Проблемы вулканизма. Ереван, 1959.
- Воскресенская Н. Т. К геохимии таллия и рубидия в изверженных породах. «Геохимия», 1959, № 6.
- Вялов О. С., Соболев В. С. Гора Гаусс в Антарктике. Изв. высших учебных заведений. «Геология и разведка», 1958, № 2.
- Галахов Ф. Я. Изучение глиноземистой области тройных алюмосиликатных систем. Сообщ. 1. Системы  $FeO-Al_2O_3-SiO_2$  и  $MnO-Al_2O_3-SiO_2$ . Изв. АН СССР, отд. хим. наук, № 5, 1957.
- Галахов Ф. Я. Изучение глиноземистой области тройных алюмосиликатных систем. Сообщ. 2. Система  $BeO-Al_2O_3-SiO_2$ . Изв. АН СССР, отд. хим. наук, № 9, 1957.
- Галахов Ф. Я. Изучение глиноземистой области тройных алюмосиликатных систем. Сообщ. 3. Система  $TiO_2-Al_2O_3-SiO_2$ . Изв. АН СССР, отд. хим. наук, № 5, 1958.
- Герасимов Я. И. О термодинамических потенциалах системы с вполне подвижными компонентами, предлагаемых Д. С. Коржинским. «Геохимия», 1959, № 5.
- Гинзбург А. И., Фельдман Л. Г., Ставров О. Д. Редкие элементы в изверженных горных породах (к итогам симпозиума по геохимии редких элементов в связи с проблемой петрогенезиса). «Сов. геол.», 1958, № 4.
- Гнатив Г. М., Матковский О. И. О биотитах гранитоидов Западной Волыни. Минерал. сб. Львовск. геол. об-ва, № 12, 1958.
- Говоров И. Н. Метасоматическая зональность десиликации при грейзенизации известняков. Докл. АН СССР, т. 119, № 3, 1958.
- Годлевский М. Н. Об особенностях развития траппового магматизма на северо-западе Сибирской платформы. Докл. АН СССР, т. 123, № 2, 1958.
- Годлевский М. Н. Траппы и рудоносные интрузии Норильского района. Госгеолтехиздат, 1959а.
- Годлевский М. Н. К вопросу о генезисе медно-никелевых сульфидных месторождений на Сибирской платформе. «Геология рудных месторождений», 1959б, № 2.
- Годлевский М. Н. и Баталеев А. Д. Фемические минералы дифференцированных трапповых интрузий Норильского района. Минерал. сб. Львовск. геол. об-ва, № 12, 1958.
- Грушкин Г. Г. Об изменении физико-химических факторов равновесия при минералообразовании на флюоритовом месторождении Аурахмат. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. II, вып. 2, 1958.
- Гурьева Э. Я. О некоторых графических сростаниях кварца с полевыми шпатами в пегматитах Мамского района. Труды Ин-та геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии, вып. 10, 1957.
- Дмитриев С. Д. Структуры гранитных пегматитов Прибайкалья и некоторые особенности их формирования. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 87, вып. 2, 1958.
- Долгов Ю. А. Включения сетчатых кварцев в пегматитах Волыни и данные термозвукового анализа. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. 1, вып. 2, 1957.
- Евзикова Н. З. К вопросу об изменении формы кристаллов минералов в процессе их роста. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 87, вып. 6, 1958.
- Еремеев В. П. О калиевом метасоматозе в гранитах Юго-Восточной Тувы. Изв. АН СССР, серия геол., № 10, 1959.
- Ермаков Н. П. Значение исследований включений в минералах для теории рудообразования и учения о минералообразующей среде. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. I, вып. 2, 1957.

- Ермаков Н. П. и Калюжный Вл. А. О возможности выявления истинных температур минералообразующих растворов. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. 1, вып. 2, 1957.
- Ермаков Н. П., Калюжный Вл. А. и Мязь Н. И. Результаты минерало-термических исследований некоторых кристаллов мориона с Вольни. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. 1, вып. 2, 1957.
- Ершова З. П. и Ольшанский Н. И. Равновесие несмешивающихся жидкостей в системах типа  $MgF_2-MgO-SiO_2$ . «Геохимия», 1957, № 3.
- Ершова З. П. Равновесие несмешивающихся жидкостей в системах типа  $MgF_2-Al_2O_3-SiO_2$ . «Геохимия», 1957, № 4
- Жариков В. А. Геология и метасоматические явления скарново-полиметаллических месторождений Западного Карамазара. Труды Ин-та геологии грудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии, вып. 14, 1959.
- Заварицкий А. Н., Соболев В. С., Кваша Л. Г., Костюк В. П., Бобричевич А. П. Новые диаграммы для определения состава высокотемпературных плагиоклазов. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 87, вып. 5, 1958.
- Злобин Б. И. Парагенезис темноватных минералов щелочных пород в связи с новым выражением коэффициента апгаитности. «Геохимия», 1959, № 5.
- Зонтов И. С. Закономерности дифференциации медно-никелевых сульфидных расплавов. «Сов. геол.», 1958, № 6.
- Иванов Б. В. Химико-минералогические изменения каолинового огнеупора в процессе службы в стекловаренных печах. Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии, 1958.
- Казицын Ю. В. Метод молекулярных объемов и его применение при изучении измененных пород. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 87, вып. 2, 1958.
- Кайнарский И. С. и Орлова И. Г. Взаимосвязь физико-химических свойств равновесных расплавов с тримитизацией кварца. Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии. М., 1958.
- Калюжный Вл. А. К результатам определения рН растворов жидких включений. «Геохимия», 1957, № 1.
- Калюжный Вл. А. Кривые гомогенизации и минералогической термометрии и их построение. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. II, вып. 2, 1958а.
- Калюжный Вл. А. К вопросу о герметичности жидких включений. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. II, вып. 2, 1958б.
- Калюжный Вл. А. К изучению состава минералов «узников» многофазовых включений. Минерал. сб. Львовск. геол. об-ва, № 12. 1958в.
- Киевленко Е. Я. Опыт изучения жидких включений в исландском шпате месторождений Сибирской платформы. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. II, вып. 2, 1958.
- Клевцов П. В. и Леммлейн Г. Г. Определение условий образования кварца с Южного Урала по жидким включениям  $CO_2$  и водного раствора солей. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 87, вып. 2, 1958.
- Клевцов П. В. и Леммлейн Г. Г. Поправки на давление к температурам гомогенизации водных растворов NaCl. Докл. АН СССР, т. 28, № 6, 1959.
- Колтун Л. И. Применение минералотермометрического анализа для изучения генезиса некоторых золоторудных месторождений Урала. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. I, вып. 2, 1957.
- Колтун Л. И. Особенности генезиса золоторудного месторождения Лебедино. выявленные по включениям в минералах. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. II, вып. 2, 1958.
- Комаров П. В. О связи образования магнезиальных скарнов с гранитизацией. Изв. АН СССР, серия геол., № 5, 1959.
- Кононова В. А. Уртит-ийолитовые интрузии Тувы и роль метасоматических процессов при их формировании. Изв. АН СССР, серия геол., № 5, 1957.
- Кононова В. А. О нефелинизации пироксенитов и мраморов. Изв. АН СССР, серия геол., № 6, 1958.
- Коржинский Д. С. Режим кислотности послемагматических растворов. Изд. АН СССР, серия геол., № 12, 1957а.
- Коржинский Д. С. Физико-химические основы анализа парагенезисов минералов. Изд-во АН СССР, 1957б.
- Коржинский Д. С. Экстремальные состояния в системах с вполне подвижными компонентами. Ж. физ. хим., т. 32, вып. 7, 1958а.
- Коржинский Д. С. О числе факторов состояния систем. Ответ И. В. Александрову. «Геохимия», 1958б, № 5.
- Коржинский Д. С. Гидротермальная кислото-щелочная дифференциация. Докл. АН СССР, т. 122, № 2, 1958в.
- Коржинский Д. С. Кислотно-основное взаимодействие компонентов в силикатных расплавах по направлению котектических линий. Докл. АН СССР, т. 128, № 2, 1959.

- Костылева Е. Е. и Сухушина Т. К. Значение рН суспензии рудного кварца. «Геохимия», 1957, № 7.
- Костюк В. П. Минералогическая характеристика магматического граната в вулканиках Закарпатья. Минерал. сб. Львовск. геол. об-ва, № 12, 1958.
- Куршакова Л. Д. Метаморфические преобразования рудовмещающих спилитов Бурибаевского медиоколчеданного месторождения на Южном Урале. Изв. АН СССР, серия геол., № 8, 1958.
- Лавров И. В. Исследование глиноземистой части системы  $\text{Na}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ . Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии. М., 1958.
- Лазько Е. М. К характеристике кварцобразующих растворов. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. I, вып. 2, 1957.
- Лапин В. В., Курцева Н. Н. Дифференциация силикатных расплавов в производственных условиях и их геологическое значение. Изв. АН СССР, серия геол., № 5, 1958.
- Лебедев А. П. О типах дифференциации в траппах Сибирской платформы. Изв. АН СССР, серия геол., № 2, 1957.
- Лебедев А. П. Вопросы изучения базальтовой магмы. Изв. АН СССР, серия геол., № 12, 1958.
- Лебедев В. И. О закономерностях изоморфизма. «Геохимия», 1959, № 6.
- Лебединский В. И., МоКэ - минь. О явлениях ликвации (в лавах Балганского комплекса (КНР). Изв. АН СССР, серия геол., № 12, 1958.
- Леонтьева А. А. Вычисление линейной скорости кристаллизации твердых фаз в силикатных расплавах. Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии, М., 1958.
- Лесняк В. Ф. Опыт минералотермометрических исследований Тырны-Аузского скарново-рудного комплекса на Северном Кавказе. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. I, вып. 2, 1957.
- Лисицын А. Е. и Малинко С. В. О составе жидких включений в кристаллах горного хрусталя Южного Урала. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. I, вып. 2, 1957.
- Лицарев М. А. Гроссуларо-воластонитовые скарны Эмельджакского флогоцитового месторождения (Южная Якутия). Изв. АН СССР, серия геол., № 3, 1958.
- Лоскутов А. В. Интерферометрическое изучение включений в кварце. Труды Науч.-исслед. ин-та геологии Арктики, сб. статей по геологии Арктики, т. 96, вып. 8, 1959.
- Ляхович В. В. Научение микроэлементов и аксессуарных минералов в современной петрографии. Труды Ин-та минералогии и геохимии редких элементов, вып. 1, 1957.
- Малинин С. Д. Система  $\text{H}_2\text{O} - \text{CO}_2$  при высоких температурах и давлениях. «Геохимия», 1959, № 3.
- Малкин В. И. и Покидышев В. В. Определение относительной подвижности ионов щелочных металлов в силикатных расплавах. Докл. АН СССР, т. 127, № 6, 1959.
- Маракушев А. А. Петрология Таежного железорудного месторождения в архее Алданской плиты. Изд-во АН СССР, 1957.
- Маракушев А. А. Парагенезисы борсодержащих магнезиальных скарнов в Таежном месторождении в архее Алданской плиты. «Геохимия», 1958а, № 1.
- Маракушев А. А. Парагенезисы известковых скарнов в Таежном магнезиально-скарновом железорудном месторождении в архее Алданской плиты. «Геохимия», 1958б, № 2.
- Марфунин А. С. Аналогия «высокотемпературной» и переходной оптики плагиоклазов и санидин-анортотлазовой оптики калиевых полевых шпатов. Изв. АН СССР, серия геол., № 9, 1957.
- Марфунин А. С. Новая диаграмма оптической ориентировки кислых и средних плагиоклазов. Докл. АН СССР, т. 118, № 6, 1958.
- Масайтис В. Л. Кристаллизационная дифференциация в одной из интрузий сибирских траппов. Докл. АН СССР, т. 116, № 2, 1957.
- Масайтис В. Л. Типы дифференциации трапповой магмы в бассейне р. Вилюя. Бюлл. Всесоюз. научно-исслед. геол. ин-та, 1958а, № 1.
- Масайтис В. Л. Петрология Аламджакской трапповой интрузии (бассейн р. Вилюй). Труды Всесоюз. научно-исслед. геол. ин-та, т. 22, 1958б.
- Маслова И. Н. Исследование химического состава включений во флюорите ультрамикрометодом. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. 11, вып. 2, 1958.
- Молчанова Т. В. О генезисе щелочных пород интрузий Ирису (Таласский Ала-тау). Изв. АН СССР, серия геол., № 7, 1957.
- Москалева С. В. О генезисе некоторых гипербазитов Урала. Докл. АН СССР, т. 123, № 1, 1958.
- Набоко С. И. Случай газового фторметасоматоза при активном вулканизме. «Геохимия», 1957, № 5.
- Набоко С. И. Формирование современных гидротерм и метаморфизм растворов и пород. Проблемы вулканизма. Ереван, 1959.

- Набоко С. И. Вулканические эксгалиции и продукты их реакций. Труды Лаб. вулканол., вып. 16, 1959.
- Наковник Н. И. Определение количественного изменения вещества при гидротермальном метаморфизме. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 87, вып. 4, 1958.
- Нарвайт Г. Е. Метасоматическая зональность на примере двух месторождений Казахстана. Изв. АН СССР, серия геол., № 9, 1957.
- Никитин В. Д. Современное состояние учения о процессах и условиях формирования пегматитов. Зап. Ленингр. горн. ин-та, т. 40, 1969.
- Николасьев В. А. О применении термодинамики к некоторым петрологическим процессам. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 86, вып. 2, 1957.
- Николаев В. А. О вариантности природных систем и применение к ним правила фаз. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 87, вып. 3, 1958.
- Овчинников Л. Н. и Меттих Л. И. Связь рудообразования с ассимиляцией по экспериментальным данным. Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии. М., 1958.
- Овчинников Л. Н. Некоторые вопросы магматогенного рудообразования. Изв. АН СССР, серия геол., № 4, 1959.
- Ольшанский Я. И. О взаимодействии кремнезема с фторидами металлов. Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии. М., 1958.
- Ольшанский Я. И., Иваненко В. В. Механизм переноса веществ при образовании гидротермальных месторождений сульфидов (экспериментальное исследование). Труды Ин-та геол. рудн. месторождений, петрографии, минералогии и геохимии, вып. 16, 1958.
- Островский И. А. Некоторое обобщение экспериментальных данных в системе  $H_2O-MgO-SiO_2$ . Изв. АН СССР, серия геол., № 1, 1957а.
- Островский И. А. Условия минералообразования в некоторых водносилкатных системах при высоких давлениях и температурах. Труды Ин-та геол. рудн. месторождений, петрографии, минералогии и геохимии, вып. 9, 1957б.
- Островский И. А. Эксперименты в некоторых силикатных системах с летучими компонентами. Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии. М., 1958.
- Островский И. А., Мишина Г. П. и Повилайтис В. М. РТ-проекция системы кремнезем — вода. Докл. АН СССР, т. 126, № 3, 1959.
- Павленко А. С. Особенности метасоматоза в одном из районов Северного Кавказа. Изв. АН СССР, серия геол., № 1, 1959.
- Павленко А. С., Вайнштейн Э. Я., Туранская Н. В. О некоторых закономерностях поведения редких земель и итрия в магматических и постмагматических процессах. «Геохимия», 1959, № 4.
- Павлов Н. В., Янченко М. Т. Некоторые данные о магномнетитах. «Геология рудных месторождений», 1959, № 2.
- Пизнюр А. В. Генетическая связь кварцевых жил месторождения Барсуки с интрузией гранитов по включениям в минералах. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезоопт. и минерального сырья, т. I, № 2, 1957.
- Пинус Г. В., Кузнецов В. А., Волохов И. М. Гипербазиты Алтае-Саянской складчатой области. Изв. Сиб. отд. АН СССР, Ин-т геологии и геофизики, 1958.
- Половинкина Ю. И. Проблема образования гранита (доклад на теоретическом семинаре). Всесоюз. научно-исслед. геол. ин-т, петрограф. сб., № 2, 1957.
- Пузанов Л. С. Температуры гомогенизации включений в горном хрустале Ольгинского месторождения на Дальнем Востоке. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезоопт. и минерального сырья, т. II, № 2, 1958.
- Пушкина Э. Н. и Яковлева Г. Я. Термометрические исследования включений в зонарном кристалле кварца с Памира. Труды Всесоюз. науч.-исслед. ин-та пьезоопт. и минерального сырья, т. I, № 2, 1957.
- Ракчеев А. Д. Листвениты из района Карабашских и Кузнецких месторождений. «Сов. геол.», 1958, № 5.
- Рохарский В. И. Некоторые особенности образования альбита в околожилных ореолах. Докл. АН СССР, т. 118, № 4, 1958.
- Романович И. Ф. Изменение объемов при метасоматозе в связи с образованием залежей маложелезистого талька. Изв. высш. учебн. завед. «Геология и разведка», № 6.
- Руб М. Г. Влияние вмещающей среды на формирование интрузивных пород и постмагматических образований в Приханкайском районе. Изв. АН СССР, серия геол., № 3, 1957.
- Сафронов Г. М. и Хаджи В. Е. Термометрические исследования жидких включений в искусственном кварце. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезоопт. и минерального сырья, т. I, № 2, 1957.
- Синельников Н. Н. О механизме превращения кварца в тримит. Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии. М., 1958.
- Синельников Н. Н. О спайности кристобалита и структурных превращениях кварца. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 87, № 6, 1958.

- Сіроштан Р. І., Половко Н. І. Рогові обманки метабазиті в залізисто-кремністих формаціях Українського кристалічного щита. Геологічний журн. АН УРСР, т. 19, № 4, 1959.
- Скропышев А. В. Разово-жидкие включения в кристаллах исландского шпата. Минерал. сб. Львовск. геол. об-ва, № 11, 1957.
- Сливко М. М. О включениях растворов в кристаллах турмалина. Труды Всесоюз. научн.-исслед. ин-та пьезооптич. и минерального сырья, т. II, № 2, 1958.
- Соболев В. С. Современные петрологические теории и гипотезы в области образования магматических пород. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 86, № 2, 1957а.
- Соболев В. С. Об условиях минералообразования при ориентированном давлении. Минерал. сб. Львовск. геол. об-ва, № 11, 1957б.
- Соболев В. С. О фазовых соотношениях в системе нефелин — кальцит — анортит — кремнезем. Минерал. сб. Львовск. геол. об-ва, № 13, 1959.
- Сыромятников Ф. В. Материалы к изучению системы кальцит — вода. Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии. М., 1958.
- Таусон Л. В. Влияние структуры минералов на изоморфные замещения в силикатах изверженных горных пород. «Геохимия», 1958, № 8.
- Тихомиров В. В. К вопросу о развитии земной коры в природе гранита. Изв. АН СССР, серия геол., № 8, 1958.
- Торопов Н. А., Волконский Б. В. и Садков В. И. К вопросу о полиморфизме двухкальциевого силиката. Докл. АН СССР, т. 112, № 3, 1957.
- Торопов Н. А., Галахов Ф. Я. Твердые растворы в системе  $Al_2O_3 - SiO_2$ . Изв. АН СССР, отд. хим. наук, № 1, 1958.
- Торопов Н. А., Галахов Ф. Я. Твердые растворы в системе  $Al_2O_3 - SiO_2$ . Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии. М., 1958.
- Умова М. А., Глебов Р. И., Шибанов П. Н. Исследование химического состава газобразных включений в кварце из различных месторождений. Докл. АН СССР, т. 112, № 3, 1957.
- Усенко С. І. Про генезис метабазитів середньої частини басейну р. Піденного Буту. Геологічний журн. АН УРСР, т. 19, № 5, 1959.
- Феодотьев К. М., Шлепов В. К. Растворимость солей некоторых элементов в надкритическом водяном паре. Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии, 1958.
- Филимонова А. А. О структурах распада твердых растворов в рудах, подвергавшихся метаморфизму. «Геология рудных месторождений», 1959, № 3.
- Филоненко Н. Е., Лавров И. В., Андреева О. В., Пензнер Р. Л. О глиноземистой шпинели  $AlO-Al_2O_3$ . Докл. АН СССР, т. 115, № 3, 1957.
- Фишкин М. Ф. Минералогические фации и условия образования вторичных кварцитов Береговского холмогорья в Закарпатье. Минерал. сб. Львовск. геол. об-ва, № 12, 1958.
- Хитаров Н. И. Содержание и задачи современных экспериментальных исследований в области минералообразования. Зап. Всесоюз. минерал. об-ва, ч. 86, № 2, 1957а.
- Хитаров Н. И. Об условиях плавления гранитного субстрата. «Геохимия», 1957б, № 2.
- Хитаров Н. И. Химическая природа растворов, возникающих в результате взаимодействия воды с горными породами при повышенных температурах и давлениях. «Геохимия», 1957в, № 6.
- Хитаров Н. И. Вопросы петрогенеза в свете экспериментальных данных. «Геохимия», 1958а, № 6.
- Хитаров Н. И. О взаимодействии олигоклаза с водой в условиях повышенных температур и давлений. Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии, 1958б.
- Хитаров Н. И., Арсеньева Р. В. и Лебедев Е. Б. Опыты по оплавлению гранита в присутствии воды. «Геохимия», 1957, № 5.
- Хитаров Н. И., Слущкий А. Б., Арсеньева Р. В. Синтез и характеристика коэсита — устойчивой модификации кремнезема при высоких давлениях. «Геохимия», 1957, № 8.
- Хитаров Н. И., Ренгартен Е. В., Лебедева Н. Е. Химический состав жидких включений исландского шпата и вопросы генезиса. «Геохимия», 1958, № 3.
- Хитаров Н. И., Малинин С. Д. О равновесных фазовых отношениях в системе  $H_2O-CO_2$ . «Геохимия», 1958, № 7.
- Хитаров Н. И., Лебедев Е. Б., Ренгартен Е. В., Арсеньева Р. В. Сравнительная характеристика растворимости воды в базальтовом и гранитном расплавах. «Геохимия», 1959, № 5.
- Хренов П. М. К вопросу о соотношении скарнов и грейзенов. Докл. АН СССР, т. 115, № 4, 1957.
- Шабынин Л. И. О генезисе Южно-Якутских железорудных месторождений. Изв. АН СССР, серия геол., № 1, 1958а.
- Шабынин Л. И. Еще раз о значении железистости фемических минералов. Минерал. сб. Львовск. геол. об-ва, № 12, 1958б.



- Ш а р к о в А. А. Термометрия и состав жидких включений в горном хрустале месторождений Нагорного Дагестана. Труды Всесоюз. научно-исслед. ин-та пьезо-оптич. и минерального сырья, т. II, вып. 2, 1958.
- Ш и л о в В. Н., П о р ы в а е в а Г. Н. Некоторые экспериментальные данные о термальном воздействии долеритов на вмещающие их каменные угли на Южном Сахалине. Докл. АН СССР, т. 115, № 6, 1957.
- Ш и л о в В. Н., Б е л и к о в а Н. Н., Е р ш о в а З. П. О применимости метода плавления для определения приблизительного химического состава кайнозойских вулканических пород Южного Сахалина. Докл. АН СССР, т. 119, № 2, 1958.
- Ш и л о в В. Н., К а л и ш е в и ч О. К. К вопросу об условиях образования пород спилито-кератофировой формации. Докл. АН СССР, т. 122, № 5, 1958.
- Щ е п о ч к и н а Н. И. Физико-химические исследования титанатов бария и железа. Труды Ин-та геологии рудн. месторождений, петрографии, минералогии и геохимии, вып. 11, 1958.
- Щ е п о ч к и н а Н. И. Физико-химические исследования систем  $BaO-TiO_2$  и  $FeO-TiO_2$ . Труды V совещ. по эксперим. и техн. минералогии и петрографии. М., 1958.
- Ю д и н М. И. О природе полосчатых и птигматитовых текстур гипербазитов хр. Борус. Докл. АН СССР, т. 116, № 5, 1957.
- Ю д и н М. И. Дуниты хребта Борус и их происхождение. Изв. АН СССР, серия геол., № 2, 1959.