

**Ю.П. Деньгин**

**Сокращенный курс петрологии с основами  
кристаллооптического анализа**

**Москва  
«Книга по Требованию»**

УДК 55  
ББК 26.3  
Ю11

Ю11 **Ю.П. Деньгин**  
Сокращенный курс петрологии с основами кристаллооптического анализа / Ю.П. Деньгин – М.: Книга по Требованию, 2024. – 336 с.

**ISBN 978-5-458-60145-0**

**ISBN 978-5-458-60145-0**

© Издание на русском языке, оформление  
«YOYO Media», 2024  
© Издание на русском языке, оцифровка,  
«Книга по Требованию», 2024

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



# Введение в петрологию

## Предмет и задачи петрологии

Петрология<sup>1</sup> есть геологическая наука, изучающая происхождение форм развития горных пород. При этом изучение горных пород, как геологических тел (формы залегания, возраст и др.) составляет предмет *полевой петрологии*. Изучение различных видов горных пород как минеральных агрегатов в отношении их состава, физико-химических свойств и систематизация этих видов объединяются в отделе собственно *петрографии*. Наконец, на основе систематизированного петрографического материала, данных полевой петрологии и экспериментальных лабораторных исследований (искусственные плавки, синтез горных пород и др.) развивается учение о *петрогенезисе*.

Дополняющие друг друга и объединяемые на основе общего историко-геологического метода эти три отдела и составляют предмет петрологии как науки, изучающей одну из частных форм развития вещества земли.

## Понятие о горной породе

Горная порода представляет собой минеральный агрегат, выделяющийся по особенностям состава и строения из окружающего геологического комплекса. Тем самым намечается и другая сторона понятия о горной породе — как о геологической единице. Однако горные породы не есть замкнутые неизменные системы. — Они непрерывно изменяются в зависимости от физико-химических условий существования их в каждый данный момент. Поэтому горная порода является документом, фиксирующим в себе условия и формы движения материи земли на каждом данном историческом этапе развития. Элементами, определяющими горную породу, являются: минералогический состав, способ сочетания минералов между собою (структура) и условия залегания.

## Этапы развития петрологии

Как наука, зародившаяся вместе с минералогией в недрах геологии, на первом этапе своего развития петрология пользовалась преимущественно описательно-геологическим методом. Этот этап назван акад Ф. Ю. Левинсон-Лессингом *домикроскопическим* периодом петрографии и охватывает промежуток времени с XVIII до конца первой половины XIX в.

В середине XIX в., когда в практику исследовательской работы был введен поляризационный микроскоп, развитие петрологии получило

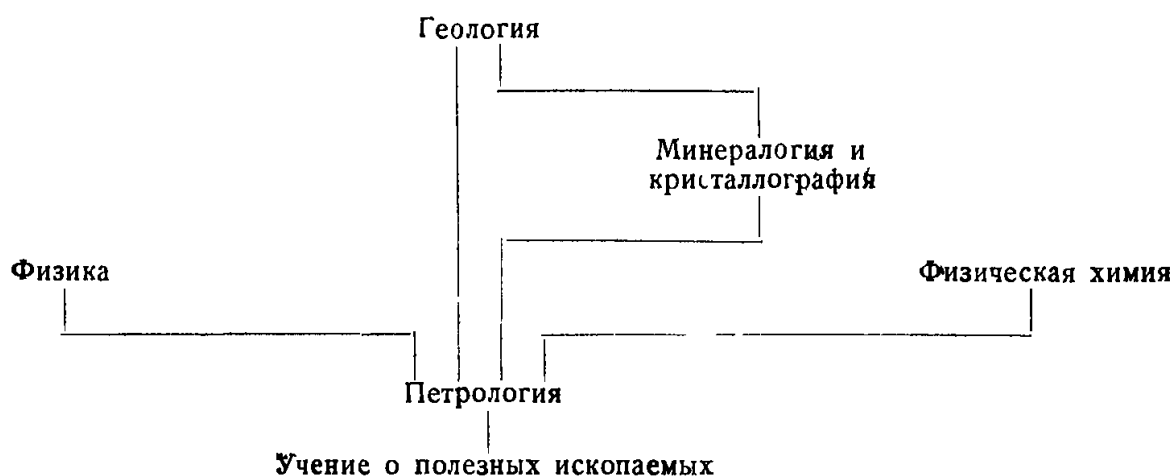
<sup>1</sup> Petra — камень, λόγος — слово, т. е. наука о камнях (горных породах)

значительный толчок и в течение второй половины XIX в. энергично устремилось по линии описательно-минералогической (*петрографической*). Методики микроскопического исследования непрерывно совершенствовались (Деклуазо, Лазо, Бертран, Мишель-Леви, Фукэ, Бекке), но наиболее крупный шаг вперед в этом направлении был сделан русским ученым проф. Петербургского горного института Е. С. Федоровым (1893 г.), сконструировавшим универсальный столик для микроскопа.

К концу XIX в. исследовательская мысль начала переходить из области описательных качественных работ к количественным измерениям под микроскопом.

Успехи физической химии (конец XIX—начало XX в.) вооружили петрологию ключом для расшифровки закономерностей, наблюдающихся в горных породах, и создали базу для дальнейшей углубленной разработки положений о генезисе, высказывавшихся и на более ранних этапах развития нашей науки. На современном этапе, идя в направлении удовлетворения запросов учения о полезных ископаемых, петрологи усиленно занимаются вопросами *петрогенезиса*.

Из сказанного отчетливо выступает тесная связь петрологии с рядом других наук. Эта связь может быть изображена в виде следующей схемы:



### Горное дело и петрология

Развитие петрологии, как прочих геологических наук, тесно связано с развитием горной промышленности. Развитие горной промышленности, вовлекающее в сферу экономической жизни человечества все новые и новые полезные ископаемые, толкнуло петрологию на путь изучения роли различных форм и стадий развития горных пород для объяснения причин и особенностей образования различных типов месторождений полезных ископаемых.

Интенсивное развитие нефтедобычи в XX в. не замедлило отразиться на петрологии, как и на стратиграфии, в данном случае — в направлении применения и усовершенствования специфической микроскопической методики изучения рыхлых образований (иммерсионный метод в петрографии осадочных пород).

То же можно сказать и о связи петрологии с металлургией, от которой она заимствовала экспериментальные методы изучения горных пород (искусственная плавка, синтез горных пород и др.). Опираясь на практику

горного дела и используя данные смежных наук, петрология начинает указывать промышленности на новые источники минерального сырья, например хибинские апатиты — для целей удобрения, хибинские нефелиновые породы — для керамического производства и извлечения редких металлов, базальты и трапы — для каменного литья и др.

Наконец необходимо отметить роль петрологии в развитии учения о рудных месторождениях, которому она помогает в области выяснения причин и условий приводящих к концентрации различных полезных элементов в земной коре.

### **Геолого-генетическая классификация горных пород**

Еще на домикроскопическом этапе развития петрологии горные породы были разделены на три основных группы (Доломбе — 1792 г. и Кокан — 1857 г.):

1) *изверженные* (магматические), 2) *осадочные* и 3) *метаморфические* горные породы.

Такое подразделение пород, как мы видим, удовлетворяет геологическому и генетическому условиям и дает в большинстве случаев отчетливый материал для суждения о главнейших типах пород уже в процессе полевых исследований.

Геолого-генетический принцип выдерживается в основном и при дальнейшем разделении группы изверженных пород (Розенбуш — 1877 г.) на глубинные (интрузивные), излившиеся (эффузивные) и жильные.

При образовании и преобразованиях пород главное значение имеет ряд процессов, которые можно сгруппировать в два типа: 1) *эндогенетический*,<sup>1</sup> — охватывающий совокупность явлений, возникающих внутри земной коры, и 2) *экзогенетический* — совокупность явлений, обусловленных действием внешних агентов и в первую очередь механического разрушения. Упрощенная генетическая классификация этих процессов дана Холмсом в следующем виде:

#### ***I тип. Эндогенетические процессы***

1. Интрузии и экструзии (излияния) жидкой магмы.
2. Выделение горячих газов и растворов из магмы и действие их на породы, через которые они проходят.
3. Термодинамические процессы:
  - а) метаморфизм (без участия горообразовательных движений),
  - б) тектоника.

#### ***II тип. Экзогенетические процессы***

1. Размыв, выветривание и перенос.
2. Отложение материала, переносимого механически.
3. Отложение материала, переносимого в растворах:
  - а) в результате химических реакций,
  - б) в результате воздействия организмов.
4. Образование скоплений остатков органических веществ.

Процессы первого типа вызывают образование изверженных и метаморфических пород, процессы второго типа приводят в конечном итоге к возникновению осадочных пород.

Следует отметить, что собственно генетической классификации; охватывающей более или менее широко породы земли и вскрывающей их взаимосвязь, еще не создано вследствие ряда трудностей. Круговорот (цикличность) материи земли и взаимосвязь при непрерывных изменениях пород более отчетливо подчеркнуты для истории развития метаморфи-

<sup>1</sup> Endo — внутри, exo — вне.

ческих пород. В России этой идее уделил значительное внимание шлис-сельбуржец И. Д. Лукашевич в своей работе «Жизнь земной коры» (1909 г.) Он изобразил в виде графической схемы круговорот и превра-

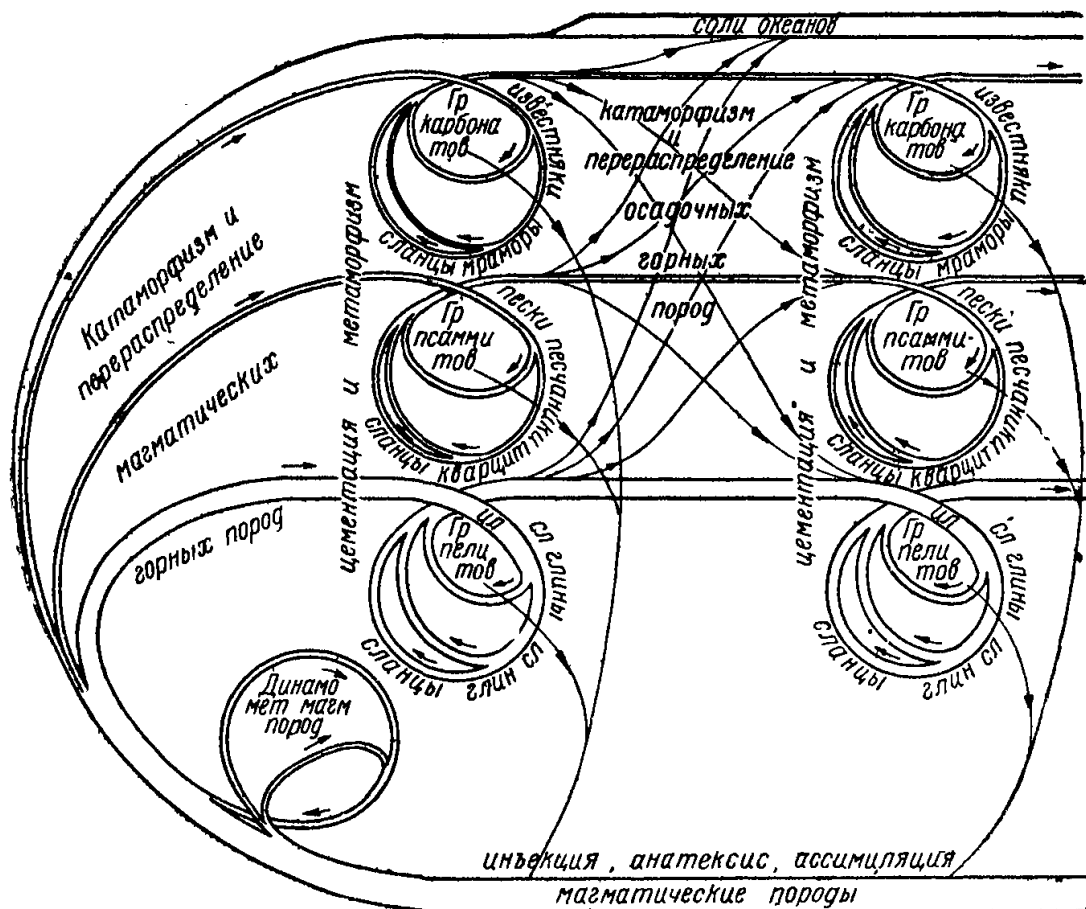


Рис. 1. Цикличность развития горных пород (по Лису и Миду).

щения горных пород в плане развития генетических зон земли. Более отчетливую графическую схему (рис. 1) дали американские петрологи Лис и Мид (1915 г.).

### Зоны земли

Рассматривая нашу планету как космическое тело, мы различаем следующие зоны: 1) внешняя или *атмосфера*, состоящая из газа и пара, 2) наружная, доступная нашим наблюдениям, относительно тонкая оболочка или *литосфера* (lithos — камень) с прерывистым на поверхности ее водным покровом или *гидросферой*, 3) внутренняя недоступная нашим наблюдениям, — *барисфера*, названная так вследствие высокого удельного веса (barus — тяжелый).

Кроме того в пределах основных зон различают еще некоторые, имеющие существенное значение в петрогенезисе. *Пиросфера* (pyr — огонь) — зона магматической деятельности и образования магмы за счет пород, опускающихся из более высоких частей литосферы. Она расположена между литосферой и барисферой. *Астеносфера* (astheneia — слабость), располагающаяся в основании литосферы, представляет собой

зону, в которой горные породы как бы размягчаются, приобретают пластичность и не воспринимают механических изменений при горообразовании. *Тектоносфера* — зона, в которой имеют место движения земной коры, в той или иной степени отражающиеся на горных породах в виде механических деформаций.

Существование различных зон находит себе подтверждение в ряде наблюдений над физическим состоянием внутренних частей земного шара. Изучение характера распространения сейсмических волн (К. Вегенер, Вихерт) хотя и не дает пока ясной картины о физическом состоянии центральных зон земли, но несомненно намечает несколько точек, отвечающих довольно резкому изменению упругих свойств. Первая точка намечается на глубине 120 км от поверхности, вторая — на 1200 км (менее отчетливый скачок), третья — на 2900 км (очень резкий скачок). Указанием на более высокую плотность внутренней зоны (барисферы) земли служит скорость прохождения сейсмических волн через земной шар. Примером может служить распространение колебаний, проходящих по более или менее прямому направлению земного радиуса: подобные колебания от сильного толчка в Новой Зеландии улавливались сейсмографами в Англии через 21 минуту, что возможно лишь при высокой плотности (твердости) барисферы. На этом основании предполагают, что жесткость барисферы выше жесткости наилучшей инструментальной стали. Наконец удельный вес земли, взятой в целом, равен 5,6, в то время как средняя плотность пород литосферы всего лишь 2,7. Следовательно удельный вес барисферы должен быть в среднем выше 5,6

**Состав земных оболочек.** а) *Вещественный и химический состав литосферы.* Наружная зона — литосфера — состоит из силикатовых горных пород.

Принимая толщину верхнего слоя литосферы равной около 16 км, американские ученые Кларк и Уошингтон считают, что он на 95% состоит из изверженных пород, на 4% — из глинистых сланцев, 0,75% — из песчаников и 0,25% — из известняков. Метаморфические породы, получающиеся в результате изменения изверженных и осадочных, при подсчете объединены с соответствующими исходными типами. Имея в своем распоряжении большой аналитический материал для материка Сев. Америки, эти ученые вычислили средний состав литосферы до глубины 16 км (табл. 1, стр. 10). Для сравнения рядом приведен, также в весовых процентах, средний состав земли по данным советского ученого Заславского (1931 г.), цифры которого приближаются к подобным же данным Уошингтона (1925 г.).

б) *Вещественный состав барисферы.* Для суждения о составе барисферы приходится прибегнуть к аналогии<sup>1</sup> с остальными планетами солнечной системы, доступными нашим наблюдениям в виде метеоритов — блуждающих в мировом пространстве обломков планетного материала. Вовлеченные в орбиту земли, метеориты падают на ее поверхность в большом количестве. Размеры их весьма разнообразны — от космической пыли до крупных глыб весом в несколько тонн. Так например сидерит мыса

<sup>1</sup> Допустимость подобной аналогии, применяемой во всех новейших исследованиях этого вопроса, основывается на том, что силикаговая фаза метеоритов не содержит свободного железа, а в металлической фазе не обнаружено и следов кислорода (анализы И. и В. Ноддак, 1930 г.), т. е. состав силикатовой фазы метеоритов подобен в этом отношении составу силикатовой оболочки земли.

Иорка в Гренландии весит 36 т, сидерит Адрар (Зап. Африка) имеет в длину 100 м, в высоту 40 м.

Таблица 1

Средний химический состав литосферы

| Химический состав литосферы (в весовых %) по Кларку и Уошингтону (1924 г.) |       |                                          |       | Химический состав земли (в весовых %). Заславский (1931 г.) |                     |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------|---------------------|
| O . . . . .                                                                | 46,71 | SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 59,07 | Fe . . . . .                                                | 38,00               |
| Si . . . . .                                                               | 27,69 | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 15,22 | O . . . . .                                                 | 27,43               |
| Al . . . . .                                                               | 8,07  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 3,10  | Si . . . . .                                                | 14,22               |
| Fe . . . . .                                                               | 5,05  | FeO . . . . .                            | 3,71  | Mg . . . . .                                                | 10,38               |
| Ca . . . . .                                                               | 3,65  | CaO . . . . .                            | 5,10  | Ni . . . . .                                                | 2,77                |
| Na . . . . .                                                               | 2,75  | Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 3,10  | Ca . . . . .                                                | 1,27                |
| K . . . . .                                                                | 2,58  | K <sub>2</sub> O . . . . .               | 3,11  | Al . . . . .                                                | 1,05                |
| Mg . . . . .                                                               | 2,08  | MgO . . . . .                            | 3,45  | S . . . . .                                                 | (3,11) <sup>1</sup> |
| Ti . . . . .                                                               | 0,62  | TiO <sub>2</sub> . . . . .               | 1,03  | Na . . . . .                                                | 0,47                |
| H . . . . .                                                                | 0,14  | H <sub>2</sub> O . . . . .               | 1,30  | Co . . . . .                                                | 0,18                |
| P . . . . .                                                                | 0,13  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .  | 0,30  | Cr . . . . .                                                | 0,34                |
| C . . . . .                                                                | 0,094 | C . . . . .                              | 0,35  | K . . . . .                                                 | 0,17                |
| Mn . . . . .                                                               | 0,09  | MnO . . . . .                            | 0,11  | P . . . . .                                                 | 0,09                |
| S . . . . .                                                                | 0,052 | Остаток . . . . .                        | 0,44  | Mn . . . . .                                                | 0,14                |
| Ba . . . . .                                                               | 0,050 |                                          |       | C . . . . .                                                 | 0,03                |
| Остальные эле-<br>менты . . . . .                                          | 0,244 |                                          |       | Остальные эле-<br>менты . . . . .                           | 0,35                |

<sup>1</sup> По Уошингтону (1925 г.) — 0,64

Таблица 2

Анализы метеоритов

| Средний состав аэролитов |        |                                          |        | Средний состав сидеритов |        |
|--------------------------|--------|------------------------------------------|--------|--------------------------|--------|
| в элементах              |        | в окислах                                |        | в элементах              |        |
| O . . . . .              | 35,95  | FeO . . . . .                            | 16,54  | Fe . . . . .             | 90,57  |
| Fe . . . . .             | 24,67  | Fe . . . . .                             | 11,61  | Ni . . . . .             | 8,71   |
| Si . . . . .             | 18,27  | SiO <sub>2</sub> . . . . .               | 38,98  | Co . . . . .             | 0,69   |
| Mg . . . . .             | 13,89  | MgO . . . . .                            | 23,03  | P . . . . .              | 0,22   |
| S . . . . .              | 1,85   | S . . . . .                              | 1,85   | S . . . . .              | 0,16   |
| Al . . . . .             | 1,46   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 2,75   | C . . . . .              | 0,11   |
| Ni, Co . . . . .         | 1,82   | Ni, Co . . . . .                         | 1,82   | Cu . . . . .             | 0,06   |
| Ca . . . . .             | 1,27   | CaO . . . . .                            | 1,77   | Cr . . . . .             | 0,06   |
| Na . . . . .             | 0,70   | Na <sub>2</sub> O . . . . .              | 0,95   |                          |        |
| Mn . . . . .             | 0,43   | MnO . . . . .                            | 0,56   |                          |        |
| Cr . . . . .             | 0,36   | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . | 0,84   |                          |        |
|                          |        | (хромит)                                 |        |                          |        |
| K . . . . .              | 0,27   | K <sub>2</sub> O . . . . .               | 0,33   |                          |        |
| P . . . . .              | 0,11   | P . . . . .                              | 0,11   |                          |        |
|                          | 100,54 |                                          | 100,64 |                          | 100,58 |

Метеориты делятся на три главные группы, связанные между собою переходами:

1. Сидериты — железные метеориты, состоящие почти целиком из железа, сплавленного с никелем.

2. Сидеролиты — смесь никелистого железа и тяжелых основных силикатов (оливин и пироксен).

3. Аэролиты — каменные метеориты, состоящие почти целиком из тяжелых основных силикатов: оливина и пироксенов.

В некоторых случаях по структуре аэролиты близко напоминают породы земной коры: габбро, базальты, перидотиты и основные туфы.

Анализ (средний состав) метеоритов приведены в таблице 2 (стр. 10).

Количественно среди метеоритов преобладают аэролиты — 87%, затем следуют сидеролиты (мезосидериты) — 16% и сидериты — 5% (по

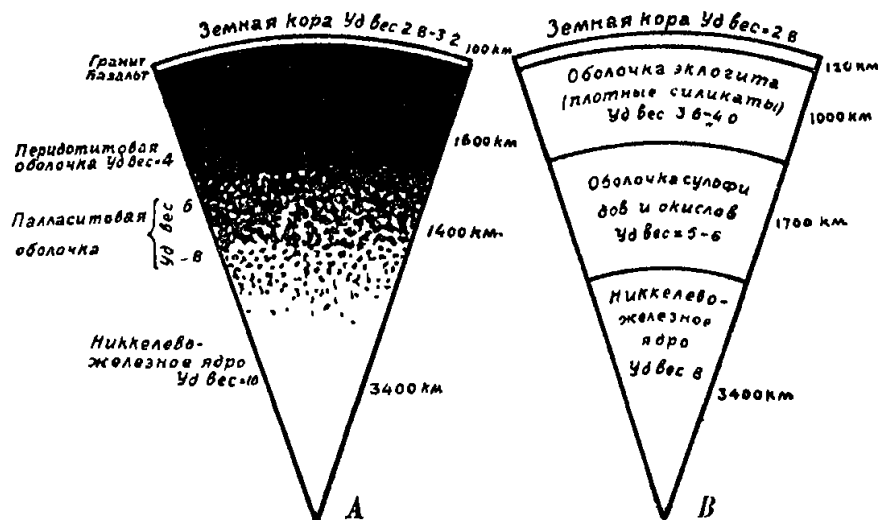


Рис. 2. Разрез земного шара.

А — по Вильямсону и Адамсу, В — по Гольдшмидту.

Меррилу, 1919 г.); но в то же время размеры (и общий объем) сидеролитов во много раз превосходят суммарный объем аэролитов. Таким образом и соотношение масс в метеоритах подтверждает предположение о количественных отношениях в составе земли.

На рис. 2 приведены представления Вильямсона и Адамса (А) и проф. В. М. Гольдшмидта (В) о составе зон земли.<sup>1</sup> На рис. 2 А выделены 4 зоны (Тиррель. Основы петрологии, стр. 12):

1) тонкая поверхностная кора легких силикатов и кремнекислоты;

2) зона тяжелых силикатов (перидотитов), плотность которых 3,3 в их наиболее верхних слоях и 4,35 в их самой нижней части на глубине 1600 км;

3) увеличение примеси никель-железа ведет к зоне, содержащей

<sup>1</sup> По данным Гутенберга (1923 и 1925 гг.), изучившего большой материал по распространению сейсмических волн, данные о плотности оболочек отличаются от указанных на рисунке. Средняя плотность земли равна 5,52. По зонам, начиная с глубины 60 км, плотность линейно возрастает от 3,5 до 4,75 (на 1200 км), затем возрастание замедляется. На глубине 2900 км плотность равна 5,0, затем происходит быстрое возрастание до 11,0 и далее до центра земли плотность остается постоянной.

материал, подобный сидеролитам (палласит),<sup>1</sup> который от быстро поднимающегося количества железа переходит в

4) чисто металлическую внутреннюю часть.

Рис. 2В отличается от 2А главным образом прибавлением зон металлических сульфидов и окислов, так как проф. Гольдшmidt проводит аналогию с процессом медной плавки, заключающейся в отделении металла, сульфидного материала и шлака, тогда как взгляды, Вильямсона и Адамса можно отождествить с процессом железной плавки.

### Главнейшие петрогенетические факторы

Физические условия внутри земли в значительной степени определяются температурой и давлением, которые с глубиной достигают значительных величин. Для суждения об этих условиях на недоступных для человека глубинах у нас имеются лишь некоторые факты, косвенно свидетельствующие о тех или иных явлениях. Так, из наблюдений над ювенильными горячими источниками, из измерений температуры в глубоких рудниках, буровых скважинах и туннелях следует, что *температура* с глубиной возрастает, притом в различных частях земли различно. В Европе геотермический градиент равен в среднем  $1^{\circ}\text{C}$  на каждые 31,7 м глубины, а в Сев. Америке —  $1^{\circ}\text{C}$  на 41,8 м.

На значительных глубинах действие высоких температур, направленное к расширению объема тел, компенсируется обратным действием *высокого давления* вышележащих слоев. По данным Вильямсона и Адамса (1923 г.) на глубине в 800 км давление доходит до 300 тыс. *ат*, на глубине 4000 км оно превышает 2 млн. *ат*, а в центре земли свыше 3 млн. *ат*. В связи с проходимым нами предметом, эти в значительной степени гипотетические для внутренних зон земли данные могут интересовать нас лишь до глубин, отвечающих зоне магмообразования (пиросфера). Заметим, что в условиях поверхности земли наиболее тугоплавкие породы плавятся при:  $984\text{—}1260^{\circ}$  — базальт;  $1085^{\circ}$  — габбро;  $1070\text{—}1150^{\circ}$  — диорит.

На вещественном составе литосферы, кроме температуры и давления (статического), отражаются также и перемещения масс в этой оболочке.

Процесс перемещения расплавленных магматических масс в более высокие горизонты литосферы и на поверхность земли (вулканизм) нередко является процессом, параллельным проявлению временных гангенциальных напряжений, возникающих в земной коре.

Во всех указанных случаях происходит изменение вещественного состояния горных пород: 1) за счет внутренних перегруппировок составных частей (метаморфизм), или 2) путем перехода из твердого состояния в пластическое или огненно-жидкое (магматизация), либо наконец 3) путем перехода из огненно-жидкого в твердое состояние (излияния, интрузии). С последним процессом в большинстве случаев связана концентрация металлических (металлогенических) элементов, выносимых магматическими массами из глубоких зон земли в литосферу (образование рудных месторождений).

---

<sup>1</sup> Палласит — сидеролит, содержащий оливиновые кристаллы, заключенные в сетке никелистого железа.

# МЕТОД И МЕТОДИКИ ПЕТРОЛОГИИ

## Глава 1

### Общая характеристика метода и методик

#### Метод исследований

Горные породы, формирующиеся при тех или иных геологических процессах, несут в себе отпечатки как первичных явлений, вызвавших их возникновение, так и позднейших, обуславливающих последующую форму существования их.

По своей природе указанные явления распадаются на физические (горообразовательное явление, геотермический градиент и пр.) и физико-химические (расплавление, перекристаллизация, разложение и др.). Однако те и другие в конечном итоге находят себе выражение в физико-химических превращениях вещества земли, тесно связанных с типами геологических процессов, характерных для определенных этапов геологической истории земли. Поэтому, как уже указывалось во введении, общий для всех геологических наук *историко-геологический метод* изучения является руководящим и в петрологии. На основе его представляется возможность установить причинную связь между проявлениями далеко расходящихся свойств горных пород, изучаемых сильно отличающимися друг от друга, обычно заимствованными от различных наук, методиками. Для примера возьмем две совершенно различные по приемам методики петрологии: полевые исследования (геология) и экспериментальные работы (физическая химия).

#### Методики исследований

Методики петрологии весьма разнообразны. Их можно разделить на две главные группы: полевые и лабораторные методики. При этом последняя распадается на: 1) изучение фактического материала, 2) экспериментальные исследования и 3) обобщения. Главнейшей задачей полевой петрологии является выяснение в общих чертах геологических взаимоотношений отдельных групп между собой, определение пород по внешнему виду и выяснение в первом приближении условий происхождения их форм и свойств. *Было бы ошибкой ограничиться чисто механическим изучением внешних форм, не вскрывая их генетического значения.* Поэтому для уяснения основных принципов причинной связи между внешней формой и явлениями, вызвавшими ее, необходимо ознакомление с методиками лабораторной проработки. В дальнейшем изложении нашего предмета мы и остановимся несколько подробнее на некоторых лабораторных методиках и в частности на важнейшей из них — кристаллооптическом (микроскопическом) анализе.

Для выяснения основных вопросов петрологии (петрогенезиса) особое значение имеют экспериментальные исследования (экспериментальная петрография), воспроизводящие в лабораторных условиях отдельные моменты возникновения типичных минералов и минеральных ассоциаций, путем плавки, кристаллизации их, синтеза и пр. Эти эксперименты имеют и теоретическое и прикладное значение, например плавка базальтов, исследование электромагнитных свойств и др.

Одновременно следует отметить, что технические возможности, имеющиеся в нашем распоряжении даже при современном состоянии техники, еще далеки от создания условий образования некоторых групп пород. Так например для воспроизведения образования изверженных пород, в особенности глубинных, возникающих из огненно-жидкого расплава, необходимы: весьма высокое давление, высокая температура, присутствие газов и весьма длительное охлаждение.

Применительно к различным видам пород, перечисленные лабора-

Таблица 3

### Методики петрологии

| Плотные горные породы                                                                                              | Рыхлые горные породы                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>I. Полевая петрология</i>                                                                                       |                                                                                                                   |
| 1. Изучение горных пород как геологических тел.                                                                    | 1. Изучение осадков как геологических образований, причем особое внимание уделяется стратиграфии их.              |
| 2. Макроскопическое изучение строения пород.                                                                       | 2. Макроскопическое изучение.                                                                                     |
| <i>II. Лабораторные исследования (петрография)</i>                                                                 |                                                                                                                   |
| <i>A. Обработка полевых материалов</i>                                                                             |                                                                                                                   |
| 1. Кристаллооптический анализ:<br>а) в параллельном поляризованном свете,<br>б) в сходящемся поляризованном свете. | 1. Механический анализ (породы в целом и по фракциям).                                                            |
| 2. Химический анализ пород и минералов.                                                                            | 2. Микрохимический анализ.                                                                                        |
| 3. Микрохимический анализ.                                                                                         | 3. Микроскопический анализ (методика иммерсии).                                                                   |
| 4. Исследование физических свойств.                                                                                | 4. Химический анализ фракций и вытяжек.                                                                           |
| 5. Технические испытания.                                                                                          | 5. Исследование физических свойств.                                                                               |
|                                                                                                                    | 6. Технические испытания.                                                                                         |
| <i>B. Экспериментальная петрография</i>                                                                            |                                                                                                                   |
| 1. Плавка и синтез силикатов                                                                                       | 1. Изучение водных минеральных растворов.                                                                         |
| 2. Исследования электромагнитных свойств и др.                                                                     | 2. Изучение роли микроорганизмов в образовании осадков и др.                                                      |
| <i>III. Разработка проблем петрогенезиса</i>                                                                       |                                                                                                                   |
| Обобщение материала (I + II) в виде петрогенетических гипотез и теорий.                                            | Анализ полученных данных о минеральном составе стратиграфических разрезов с целью параллелизации (корреляции) их. |