

В.Н. Лодочников

**Главнейшие
породообразующие минералы**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 55
ББК 26.3
В11

В11 **В.Н. Лодочников**
Главнейшие породообразующие минералы / В.Н. Лодочников – М.: Книга
по Требованию, 2021. – 246 с.

ISBN 978-5-458-48320-9

ISBN 978-5-458-48320-9

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2021

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.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

потому что для тех, кто будет заниматься порообразующими минералами для определений ответственных, для тех, кто, как самостоятельные работники, отвечают за все то, что они пишут, — для них точные методы совершенно необходимы: в начале работ самостоятельных к точным методам (коноскопия, Федоровский метод) абсолютно обязательно прибегать возможно чаще.

Константы большей частью я беру из известных справочников. Один из них классический — Розенбуша и Мюгге — и второй — новый справочник Уинчела — американского минералога. Справочник Розенбуша стал классическим для всех подробностей (о которых я даже говорить не буду, так как ограничен во времени), для данных, относящихся не только специально к микроскопии порообразующих минералов, но разъясняющих также генезис минералов и т. д. Курс Уинчела отличается от книги Розенбуша-Мюгге в том отношении, что здесь гораздо больше минералов, но подробностей меньше. Этот курс скорее предназначен для минералогов, потому что здесь имеются такие редкие минералы, которые не встречаются десятками лет или, во всяком случае, встречены в 3—5 местах земной коры. Оптические данные для таких раритетов, конечно, должны иметь совершенно второстепенное значение по сравнению с другими методами исследования. Едва ли кто-нибудь на основании таких оптических данных станет определять какой-нибудь минерал, встреченный всего 3—5 раз. Даже такие не очень редкие минералы, как, скажем, аксинит, никогда не следует определять только оптически. Нужно прибегать к химической проверке во всех такого рода случаях. Я не думаю, чтобы кто-нибудь из вас не попробовал проверить, если остановиться на аксините, минерал на присутствие бора. С этой точки зрения данные сверх тех, которые имеются в классическом труде Розенбуш-Мюгге, я считаю, конечно, для минералов не излишними, но определяющим моментом в диагностике таких минералов они служить ни в коем случае не могут. Кроме того, я должен предупредить, что Уинчел, по-моему, несколько увлекается корреляциями между оптическими свойствами и химическим составом минералов. В большинстве случаев мы этих корреляций не знаем, или известны они нам только в очень грубых чертах. Все те диаграммы, которые Уинчел приводит, все эти диаграммы иногда только грубо приближительны, а иногда вовсе одно-

значно не решают вопроса, и на них, как на таковые, только и можно смотреть. Возьмем, например, хлориты. Имеется масса диаграмм, из которых следует, что здесь оптические свойства более или менее однозначно связаны с химическим составом. Однако французский минералог Орсей, занимающийся хлоритами не один год, пришел к такому заключению, что корреляции между химическим составом хлоритов и теми их оптическими свойствами, которыми мы располагаем, вывести почти невозможно, что, впрочем, совершенно понятно: неизвестных химических больше, чем получаемых констант. Мы дальше увидим, что даже такие прекрасно исследованные минералы, как полевые шпаты, еще до сих пор не поддаются корреляции, например, что касается ортоклазовой их молекулы, хотя здесь мы имеем довольно точное приближение к действительным соотношениям компонентов, находимых по оптическим данным. В том курсе, который мы сегодня начинаем, по необходимости очень кратком, я не могу (должен предупредить об этом в своем вступлении) останавливаться на минералах редких; здесь будут минералы главнейшие, минералы породообразующие, те, которые встречаются очень часто почти в каждой породе. Я считаю, что для вас важнее будет узнать все те свойства и признаки, отличающие главнейшие минералы друг от друга, чем углубляться в какие-нибудь редкости. Из редких минералов я укажу только те, которые имеют большое генетическое значение,—одно нахождение которых в породе хотя бы в самом незначительном количестве может указывать на способ образования (изверженные породы) или на источники (осадочные и метаморфические) происхождения пород. Что касается вообще справочников или учебников по породообразующим минералам, то здесь я вам их считаю нужным привести.

Кроме данных, находящихся в курсах петрографии — напр., Е. С. Федорова и В. И. Лучицкого, и минералогии — напр., Г. Лебедева, В. В. Никитина (лекции), А. К. Болдырева, относительно породообразующих минералов специально имеются книги: Ф. Ю. Левинсон-Лессинг и Д. С. Белянкин — „Петрографические таблицы“, Ленинград, 1927 г.; Борис Попов — „Оптический определитель минералов горных пород“, Петроград, 1916 г., оригинально, именно в виде определителя, составленный курс.— Оба эти русских учебника, сообразно преследуемым

целям, являются в то же время одними из лучших во всей мировой литературе.¹

Для изучения механических осадков имеется книга, вышедшая в самое последнее время и изобилующая, к сожалению, опечатками: П. П. Авдусин и В. П. Батурин. Опыт методики исследования механических осадков. Баку, 1930 г.

Кроме того имеются „Таблицы светопреломления минералов“, извлеченные Д. С. Белянкиным из нижеприводимых таблиц E. S. Larsen'a, Ленинград, 1926 г. Из иностранных сочинений привожу преимущественно курсы:

H. Rosenbusch-Mügge — *Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. Die petrographisch wichtigen Mineralien*, Stuttgart, 1926—1927.

A. Michell-Lévy et A. Lacroix — *Les minéraux des roches*, Paris, 1888.

N. H. и A. N. Winchel — *Elements of Optical Mineralogy*, New-York, 1927.

J. P. Iddings — *Rock Minerals*, New-York, 1911.

E. Weinschenk — *Die Gesteinsbildenden Mineralien*, Freiburg, 1901.

E. S. Larsen — *The Microscopic Determination of the Non-opac Minerals*, Washington, 1921.

Paul Niggli — *Tabellen zur allgemeinen und speziellen Mineralogie*, Berlin, 1927; прекрасные таблицы с многочисленными рисунками.

H. B. Milner — *An Introduction to Sedimentary Petrography*, 1922. Supplement (дополнение) 1926. London, Thomas Murby Co. Имеется 2-е издание 1929 года, дополненное.

¹ Уже после первой корректуры предлагаемого учебника вышли две книжки по породообразующим минералам. Одна — „Определитель породообразующих минералов“ — известного Чикагского петролога А. Иогансена (Alb. Johansen — Джогансен) в переводе проф. В. В. Аршинова а достаточно говорит за себя именами и автора и переводчика (Москва-Ленинград, Государств. научно-технич. горное изд-ство, 1932 г., 83 стр. и таблицы). При выпуске в свет другой книги упущены из вида два обстоятельства: одно, что учебник может писать только сколько-нибудь опытный ученый, во всяком случае настолько опытный, чтобы не повторять неоднократно о научной поверхности „на нижней поверхности шлифа“ (sic!) и знать, напр., что гранаты не имеют „призматических и квадратных разрезов“ (sic!) и т. д. и т. д.; другое обстоятельство — это то, что редактор должен быть, во-первых, достаточно внимательным и к учебнику своему и к тексту, а во-вторых, должен быть специалистом по породообразующим минералам. Эта вторая книжка может принести только вред, и потому достаточно указать, что она называется „Породообразующие минералы“ и издана в Москве в 1932 г. Госуд. издательством.

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1. Породообразующие минералы представляют собой буквально те камни, из которых строится здание пород, т. е. это основа петрографии и петрологии. Породообразующие минералы суть физико-химические единицы, а породы представляют собою физико-химические системы, системы из этих единиц. Поэтому, естественно, без знания породообразующих минералов, их свойств, происхождения, вы не можете даже приступить к изучению петрографии, а также и петрологии, т. е. к познанию состава, к изучению происхождения и взаимоотношений горных пород.

Главные признаки и константы всех приводимых ниже минералов даются в кратких сводных табличках, предшествующих каждой группе; особое же внимание — и это я считаю главной целью своего курса — я буду обращать на возможные ошибки, на встречающиеся часто смешения различных минералов и на простейшие способы, помощью которых можно иногда очень легко избежать грубых ошибок.

2. Теперь мы можем приступить непосредственно к предмету нашего изложения, и вот здесь, прежде всего, мы повторим в немногих словах то, что мы узнали из подготовительного курса, из основ кристаллооптики.¹ Поведение минерала под микроскопом обусловлено прежде всего его **сингонией**, тем, что некоторые называют системой, потому что на основании сингонии мы можем, как вы знаете, разделить минералы на три главные группы.

Минералы кубической сингонии должны быть изотропны; изотропны же стекловидные, студневидные и, вообще, аморфные тела.

Минералы тетрагональной и гексагональной сингонии должны быть одноосны, а минералы ромбической, моноклинной и триклинной сингонии должны быть двуосны.

3. В основах кристаллооптики мы видели (Основы, п. 60), кроме того (и это всегда надо иметь в виду), что не очень редко наблюдаются и оптические аномалии, наиболее резко проявляющиеся, как видимые непосредственно, в таких минералах, которые должны быть изотропными. Если кубический минерал является членом изоморфной смеси двух каких-нибудь минералов, если он может проявляться не в виде однородного кристалла, а слоистого

¹ Как и всюду, в дальнейшем имеется в виду цитированный на 4 стр. учебник.

(напр., гранаты), то нередко в таких случаях появляется в кубических телах анизотропия, потому что изоморфные слои имеют не одинаковый молекулярный объем, и происходят, как в быстро остывающем стекле, натяжения, вызывающие двупреломление. Другим важным фактором, который вызывает оптические отклонения, иногда служит наличие включений в минерале. Мы очень часто наблюдаем аномалии, зависящие от этих включений, потому что или эти включения выкристаллизовываются ранее, или эти включения могут образоваться после кристаллизации включающих минералов, вследствие чего и происходят в обоих случаях явления натяжения в заключающем веществе. Эти две наиболее резкие и бросающиеся в глаза причины аномалий кубического кристалла и следует выделить прежде всего. Остальные мы увидим далее.

4. В связи с сингонией кристаллов находится их форма. Форма является тоже важным диагностическим признаком. Некоторые минералы обладают часто определенной формой, напр., высокотемпературные апатиты встречаются в виде тонких призм, другие минералы в виде тонких табличек и т. д. Форма проявления минералов очень важна, но, к сожалению, хорошо образованные кристаллы в породах редки, и большинство породообразующих минералов встречается в виде неправильных зерен.

5. Также важным признаком некоторых минералов являются наблюдающиеся в них двойниковые образования. Некоторые минералы очень просто определяются по характеру двойников. К таким минералам относится, напр., кордиерит, который иногда дает секториальные тройники и шестерники, и по этому признаку его можно отличать от сходных с ним кварца и полевых шпатов. Тройники характерны также, напр., для довольно часто встречающегося в эффузивных породах тридимита. Весьма характерны полисинтетические (см. рис. 1, стр. 23) двойники для наиболее важного породообразующего минерала — плагиоклаза; полисинтетические двойники здесь иногда довольно сложны, в то время как у существенно-калиевых полевых шпатов — ортоклазов — полисинтетические двойники никогда не встречаются; здесь они заменяются простыми двойниками, состоящими только из двух индивидов. Нужно также сказать, что полисинтетические двойники очень характерны для некоторых микроклинов, в которых две системы полисинтетических двойников пересекаются под углом, близ-

ким к прямому (конечно, в соответственном разрезе). Точно такие же двойники характерны для анортоклаза, коленчатые и сердцевидные двойники обычны для рутила, и т. д.

Вы видите, как иногда по одним только двойниковым образованиям можно некоторые минералы очень легко выделить от им подобных минералов.

Б. Следующим свойством, очень важным в качестве диагностического признака, является спайность. Вы знаете, что она делится на: в высшей степени совершенную, весьма совершенную, ясную и т. д. Некоторые минералы отличаются от других именно только спайностью, и, что самое важное, некоторые кубические минералы (кристаллы) отличаются от аморфных тел именно только одним присутствием спайности. Если вы видите минерал, который вы склонны принять, напр., за опал, за аморфное вещество, а меж тем в нем наблюдается спайность, то вы не имеете права этого делать, потому что спайность свойственна только телам кристаллическим и зависит только от векториальности кристаллического вещества. В рассматриваемом случае наличие спайности заставляет говорить, что минерал кубический, а не аморфный, т. е. не опал, а, скажем, флюорит. Таким образом, вы никогда, если внимательно рассмотрите породу, не примете анальцим — очень важный породообразующий минерал, иногда встречающийся в диабазах особого состава — за стекло: если вы будете внимательно его рассматривать, то, при достаточном числе разрезов, найдете в нем спайность. Иногда, если вы не прибегаете к точным методам или к иммерзионному способу определения коэффициента преломления, анальцим — и вообще подобные минералы — вы от стекла не отличите, и только наличие спайности сразу вам указывает, что это не стекло, а какой-нибудь кубический минерал.

Из основ кристаллооптики известно (Основы, п.п. 103b, 104b и d), каким важным диагностическим признаком является спайность для различения таких важных из главнейших породообразующих минералов, как пироксен и роговая обманка. Кроме того, я еще раз повторяю, что спайность иногда может быть у минерала, может реализоваться в трещину в наблюдаемом зерне, но в данном шлифе, вследствие известного наклона к поверхности шлифа, вы этой трещины ни в каком случае не увидите (Основы, п. 99).

От спайности надо отличать отдельность. Трещины последней (плоскости скольжения) в шлифе проходят в виде

совершенных прямых непрерывно через все зерно, в то время как такие непрерывные трещины наблюдаются иногда только у минералов с высшей степени совершенной спайностью (слюды, хлориты). Вообще говоря, трещины спайности почти всегда прерывисты.

Здесь нужно сказать, что некоторые минералы в известных условиях могут совсем не проявлять спайности. Сюда относится авгит (в эффузивных породах). Вместе с тем другие минералы, для которых спайность не характерна, иногда проявляют прекрасную спайность именно в эффузивных породах. Я уже упоминал об этом в курсе кристаллооптики относительно оливина. Это очень важное обстоятельство в том отношении, что иногда, видя спайность оливина, вы

Минералы	I					II		III
	С п а й н ы е т р е щ и н ы					Разрезы минералов в плоскости их ограничения		
	Пинакоидальн.		Призматическ.		Косые грани	Симметричные	Несимметричные	
Нормальные горизонтальные и наклонные	Наклонные толстые и смешанные	Нормальные в плоскости шлифа	Наклонные в плоскости шлифа					
Одноосные . . .	+	+	+	+ и X	Только в некл. случаях + (п. 105)	+	+ и X	см. II п. 109
Ромбические . . .	+	+ и X	+ и X	+ и X		+ и X	X	
Моноклинные . . .	+ и X	+ и X	X	X		+ и X	X	
Триклинные . . .	X	X	X	X		X	X	
	Как исключение может быть +					108c		
	103a		104			108a		
	103b		104a			прямоуголь- ные + 108b		
	103c		104c,e			108c		
	103d		104f			108c		

можете принять его за пироксен и, не проверив помощью очень простого способа, тем самым сделать грубую ошибку.¹

6a. На стр. 11 приводится табличка, заимствованная из Основ (п. 110) и дающая характер угасания минералов

¹ Двойники и спайность дают возможность установить самую важную оптическую константу минералов, более важную, чем точная величина преломления, это — оптическую ориентировку. Ее я буду всюду приводить для ваших точных исследований.

относительно трещин спайности, ограничений и удлинений или уплощений их разрезов в шлифах. Нормальные к плоскости шлифа трещины и плоскости ограничений не должны смещаться в сторону при опускании сфокусированного тубуса микроскопа и должны представляться под микроскопом в виде наиболее тонких прямых (Основы, п. 98). Прямые кресты обозначают прямое или симметричное, косые — косое угасание относительно перечисленных элементов. В случае возможности и прямого и косого угасания, чаще наблюдающееся обозначено более крупными крестами. Цифры дают пункты Основ, где даны объяснения.

Пользоваться данными этой таблицы для сколько-нибудь определенных заключений можно только в том случае, если наблюдения произведены не на одном-двух, а на нескольких разрезах минерала. Но и в последнем случае определенные заключения относительно сингонии минерала только на основании такого рода наблюдений получаются весьма редко. Если, например, сечения минерала в числе, скажем, одного десятка во всех случаях обнаруживают прямое погасание относительно трещин спайности различного наклона; т. е. и нормальных к плоскости шлифа и наклонных, то можно с очень большой долей вероятности утверждать, что перед нами одноосный или очень близкий к одноосному минерал (мусковит, биотит и пр.) с пинакоидальной спайностью. Если же хотя бы в одном случае получилось косое угасание, то можно сделать вполне определенное заключение: наблюдаемая спайность не может быть пинакоидальной спайностью одноосного минерала (в табличке в верхней строчке первых двух столбцов только прямые кресты) ни в каком случае; например, если предполагалось, что перед наблюдателем мусковит или мелилит, то можно утверждать, что исследуемый минерал не может быть ни тем ни другим (из похожих на эти минералы может быть тремолит вместо предполагавшегося мусковита или цоизит — для мелилита). Точно так же, если предполагался, например, апатит, а в одном из симметричных разрезов получилось косое угасание, то это наверное не апатит (андалузит или топаз и пр.). *В исключительных случаях может получиться прямое угасание даже там, где ему вообще нет места* (Основы, п. 103d).

7. Следующим очень важным свойством породообразующих минералов является их окраска. Если бы породообразующие минералы не были в большинстве случаев в шлифах совер-

шенно бесцветными, то по окраске мы могли бы различить многие минералы. К сожалению окраска здесь мало дает, но иногда всетаки вы по окраске можете определенно говорить, что у вас не данный минерал, а другой. Например, если вы имеете несколько зеленоватый в шлифе (нормальной толщины) минерал,¹ который вы хотите принять за оливин, то можно сказать, что это на 99% не оливин, потому что он в таких шлифах бывает почти всегда совершенно бесцветным. Мы будем в нашем дальнейшем объяснении всегда оттенять, что данный минерал имеет, скажем, оттенок такой-то для того, чтобы указать, что этот оттенок становится иногда очень важным диагностическим признаком. Например, начинающему трудно бывает иногда отличить топаз от ромбического пироксена. В неопытных руках это бывает всегда, хотя ассоциации, соответствующие тому и другому, различны. Но если вы видите ясно в шлифе какой-нибудь цветной оттенок в зерне, принимаемом за топаз, то предположение ваше ошибочно.

8. Кроме того, окраска минералов имеет важное значение в том отношении, что породообразующие минералы в большинстве случаев анизотропны, в связи с чем находятся явления плеохроизма, о которых мы знаем из курса кристаллооптики (Основы, п. 64). Например, скажем, турмалин вы никогда не смешаете с обыкновенной роговой обманкой, если знаете, что схема абсорбции для того и другого совершенно различна. Кроме того, я укажу на плеохроичные дворики внутри самих по себе бесцветных минералов. Иногда только по одним этим плеохроичным дворикам можно отличить кордиерит — они здесь имеют лимонно-желтую окраску, меняющуюся при вращении зерна до бесцветной — от очень похожих на него плагиоклаза, кварца и т. д. Плеохроичные дворики не редки, например, в хлоритах, но никогда не наблюдаются в змеевиках, минералах, не отличимых иногда оптически от хлоритов.

9. Огромное большинство породообразующих минералов, однако, кажутся в шлифах совершенно бесцветными. В этом случае для их различения приходят на помощь все те явления, которые связаны с их светопреломлением. На основании преломления мы разбиваем все наши минералы на от-

¹ В шлифах нормальной толщины кварц и плагиоклазы не должны иметь интерференционной окраски выше желтовато-белой, ортоклаз — выше светлосерой, моноклинный пироксен не должен поляризовать нежно-малиновыми цветами и т. д.

дельные группы. В виду бесцветности минералов вся картина минерала в шлифе связана с эффектом преломления, которое является очень важным диагностическим критерием при тех способах работы, которые мы имеем в виду. Вы знаете, что с преломлением связано, во-первых, ограничение. Чем выше преломление минерала по сравнению с канадским бальзамом, тем резче его ограничения. В очень высоко преломляющих минералах, таких, как гранат, циркон, сфен, ограничения их представляются в виде толстых черных контуров. Вы знаете, что включения воздуха в канадском бальзаме всегда выражаются в проходящем свете в виде черного круглого окаймления, в виде очень толстой черной линии, что зависит от весьма значительного различия преломлений канадского бальзама и воздуха, который находится в пузырьках внутри бальзама.

Затем в зависимости от преломления находится и характер поверхности минерала. Минералы, в которых преломление мало отличается от преломления канадского бальзама, кажутся в шлифе совершенно гладкими, имеют совершенно сглаженную поверхность, и если они находятся рядом с канадским бальзамом, то в проходящем свете поверхность их совершенно не отличается от гладкой поверхности пустого места в шлифе, заполненного канадским бальзамом. Чем выше или ниже преломление минерала по сравнению с канадским бальзамом, тем резче отличается его поверхность от поверхности канадского бальзама и, переходя за известные пределы в соотношениях между коэфф. преломления минерала и кан. бальзама, поверхность начинает казаться такой, что мы называем ее шагреневой или поверхностью ватманской бумаги. Эта шагреневая поверхность опять является очень важным признаком для различения очень похожих друг на друга минералов. Например, вы должны набивать глаз, рассматривая шагреневую поверхность апатита, потому что если вы не будете различать у этого минерала шагреневой поверхности, вы весьма легко можете смешать его с таким минералом, как нефелин.

Кроме того, как сказано в курсе кристаллооптики, преломление влияет в том отношении на свойства минерала в шлифе, что у минерала появляется известный рельеф. Высоко преломляющие минералы кажутся в шлифе более толстыми по сравнению с низко преломляющими, как бы возвышаясь над последними в виде ровного плато. Наоборот, в эклогитах, состоящих из высокопреломляющих граната и