

К вопросу о генезисе изверженных пород.

Ф. Ю. Левинсона-Лессинга.

(Доложено в заседании Общего Собрания Академии Наук
7 июня 1927 года.)

Знакомство натуралиста с теми или иными объектами или явлениями начинается с их описания. Второй стадией является сопоставление разных аналогичных объектов или явлений, стремление их известным образом сгруппировать, т.е. вопросы классификации и тесно с этим связанные приемы номенклатуры. Последним этапом в познании объекта или явления представляется его объяснение, подведение его под то или иное обобщающее построение и, по возможности, экспериментальная проверка данного нами истолкования. В применении к изверженным породам мы имеем, конечно, те же три стадии их познания. Предметом настоящего доклада являются вторая и третья стадии естественно-исторического познания изверженных пород. Основы классификации и принципы номенклатуры изверженных пород, причины их разнообразия, механизм кристаллизации магмы и проблема генезиса изверженных пород — вот те вопросы, которые желательнее осветить в нашей беседе.

Для всестороннего освещения изверженных пород и их генезиса и для правильного подхода к их рациональной искусственной, а, быть может, в будущем и естественной, классификации возможен и необходим тройкий подход к магматическим породам: со стороны геологических условий их нахождения, со стороны их структуры и, наконец, со стороны их состава. В самых кратких чертах я коснусь области петрогенетических проблем, остановив внимание на некоторых из тех вопросов петрогенезиса магматических пород, которые группируются около понятия „дифференциация“. Я, конечно, не намерен и не могу охватить всю совокупность явлений, которые вмещаются в понятие „дифференциация“. Моей целью являются

лишь некоторые наиболее крупные и интересные проблемы дифференциации и притом, главным образом, те из них, которые находят себе отражение в геологических условиях нахождения изверженных пород.

Стремление осмыслить географическое и геологическое распространение изверженных пород, объяснить различие пород разных областей и родственные признаки различных пород одной и той же области и, наконец, осветить вулканические и плутонические циклы привело к установлению целого ряда понятий, как-то: петрографические провинции, комагматические области, изотектические ряды, кровное родство, серии и свиты, петрографические формации, род („Stamm“ Гольдшмидта). Позвольте мне остановиться на той части проблемы генезиса изверженных пород, которая, как мне кажется, показывает целесообразность и полезность подхода к ним с точки зрения петрографической формации.

Одна из основных петрогенетических проблем — это вопрос о монофилиетическом или бифилиетическом (быть может даже полифилиетическом) происхождении изверженных пород. Много об этом сказано с точки зрения теоретических соображений и сопоставлений. Быть может сказано даже почти все, что может быть почерпнуто из области спекуляции и обобщений, а между тем и до сих пор противостоят друг другу и гипотеза единой базальтовой магмы, и гипотеза двух независимых магм, — кислой и основной, и другие представления. Очевидно, решение этого вопроса надо ожидать не с этой стороны. Другой возможный подход к решению этой проблемы — это эксперимент. Всем хорошо известно, какие крупные результаты достигнуты и на этом поприще. Однако, если мы хотим избежать упрека, что стали на ложный путь слишком широкой экстраполяции результатов лабораторных опытов с упрощенными и сухими расплавами на то комплексное образование, каким является глубинная магма, если мы воздержимся от односторонних обобщений и если мы хотим избежать упрека, что подгоняем факты под слишком широкие обобщения, мы должны признать, что и эксперимент и, в частности, важные опыты Боуэна, не решили еще проблемы генезиса изверженных пород. А при беспристрастном отношении к эксперименту, значение которого я менее кого бы то ни было склонен умалять, мы придем к признанию, что и этим путем наша проблема разрешена быть не могла.

Таково не только мое мнение. В прошлом году при обсуждении в Англии вопросов генезиса изверженных пород Эванс¹ определенно высказался в том смысле, что результаты лабораторных экспериментальных работ не могут быть перенесены на изверженные породы, так как мы работаем с сухими расплавами, а в магме, в особенности в магме глубинной, летучие составные части играют немаловажную роль. Но особенно замечательно в этом отношении выступление Феннера, одного из видных сотрудников Вашингтонской Геофизической Лаборатории. В только что появившейся работе² он не только в общей форме высказывает те же мысли, но детально анализирует дифференциационные кривые для анализированных им лав Катмая на Аляске, кристаллизационную теорию дифференциации Боуэна, систему альбит-анортит-диопсид, временный оливин и т. д. Из его заключений я отметил бы следующее. В системе альбит-анортит-диопсид конечным продуктом кристаллизационной дифференциации должна быть не порода гранитового типа, а порода, состоящая, примерно, из 56% альбита, 14% анортита и 30% диопсида; эти цифры, в общем, близки к моему подсчету, данному в статье об анортозитах,³ а именно: 50% альбита, 26% анортита и 24% диопсида. Феннер совершенно правильно отмечает, что в этих породах полевой шпат обыкновенно кристаллизуется раньше пироксена, а это, конечно, коренным образом изменяет схему Боуэна. Он отмечает так же, как и я, отсутствие промежуточных пород в тех массивах, для которых, согласно Боуэну, надо допустить образование габбровых пород и гранита путем дифференциации базальтовой магмы. Он отрицает возможность образования гранита из базальтовой магмы путем кристаллизационной дифференциации. Феннер переносит центр тяжести дифференциации на летучие составные части, на газовый перенос (*gaseous transfer*). Правда, он осторожен и воздерживается от одностороннего обобщения, допуская, что в процессах дифференциации кроме того участвует и кристаллизационная дифференциация

¹ J. W. Evans. Physical chemistry of igneous rock formation. Transactions of the Faraday Society, 1925, vol. XX, Apr.

² C. N. Fenner. The Katmai magmatic province. Journ. of Geol., 1926, vol. XXXIV, № 7, part 2, pp. 673—772.

³ F. J. Loewinson-Lessing. The problem of the anorthosites and other monomineral igneous rocks. Journ. of Geol., 1923, vol. XXXI, № 2, p. 89.

и ассимиляция, и смешение магм и заканчивает свою работу приблизительно теми же словами, какими я закончил свою статью об анортозитах.¹

Знаменательно, что Феннер, один из видных работников Геофизической Лаборатории, тоже считает нужным подчеркнуть неправильность слишком поспешного обобщения результатов лабораторных опытов с упрощенными системами и переноса их на явления, совершающиеся в магме.

Не менее поучительна в этом отношении и статья Тиллея,² появившаяся еще в 1923 г., в которой он рассматривает систему магнезия - глинозем - кремнезем и показывает, что установленные этой образцово изученной системой комбинации не могут быть непосредственно перенесены на явления природы. Здесь имеются, с одной стороны, такие системы (как, напр., кордиерит-шпинель-форстерит или кордиерит-бисиликат магния-форстерит), которые неизвестны в природе ни в изверженных, ни в метаморфических породах. С другой стороны, в природе существуют такие комбинации, правда в метаморфических породах, как корунд-кордиерит — Al_2SiO_5 и корунд-кордиерит-шпинель, которая в лаборатории получена не была. Тиллей также видит причину этих расхождений в простоте искусственных лабораторных систем, но, в отличие от Феннера, останавливается не на летучих составных частях магмы, а на тех примесях, которые и в сухом расплаве должны были бы значительно видоизменить ход процессов кристаллизации; он указывает, в особенности, на закись железа.

Важное значение летучих составных частей магмы в процессах кристаллизации и дифференциации магмы, особенно глубокой, уже достаточно вошло в сознание петрографов, чтобы уже не останавливаться более на этом вопросе в общей форме, а ждать конкретных хорошо прослеженных иллюстраций из полевой и экспериментальной петрографии. Но нельзя не отметить.

¹ „It is much better to recognize this situation and be on the lookout for new evidence than to accept any one explanation as of universal applicability“, говорят Феннер на стр. 771 (op. cit.). А я свою статью об анортозитах (op. cit.) закончил словами: „It were better for this problem to remain an unsolved riddle to stimulate further investigation than to become, if unilaterally solved, a possible source of dogmatism“.

² E. Tilley. The paragenesis of the minerals of the system $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ in thermal metamorphism. Geol. Mag., 1923, p. 101.

что в этом отношении мы возвращаемся к представлениям французской петрографической школы, которые были отодвинуты на задний план школой Розенбуша. Крупный шаг в этом направлении, представляющий новый этап в развитии наших взглядов на роль летучих составных частей магмы, сделал Ниггли,¹ а теперь на этом поприще выступает Фернер. Я не раз касался этого вопроса и не намерен здесь снова к нему возвращаться, но мне хотелось бы высказать мысль, что в процессах дифференциации совершается не только дистилляция тех летучих составных частей магмы, которые мы противопоставляем ее якобы нелетучей силикатной части, а что не исключена возможность переноса в газообразном состоянии и всей магмы, как таковой (когда состав газообразной и жидкой фаз одинаков), или по крайней мере значительной ее части, т. е. как бы кипенье магмы в целом. Таким образом, нельзя не признать, что как ни важны лабораторные экспериментальные работы, но они сами по себе бессильны разрешить проблему дифференциации.

Остается третий источник — это петрогеологические наблюдения в поле. Изучение стратиграфических и возрастных взаимоотношений тех комплексов изверженных пород, которые группируются вокруг того или иного интрузивного массива, достаточно обнаженного и достаточно расчлененного, чтобы можно было уловить все его составные части и их взаимоотношения, — вот главный источник для решения нашей проблемы. Правда, мы знаем, что и в поле мнения могут расходиться, что один и тот же массив может разными авторами толковаться различно. Но мы также знаем, что при повторных, все более и более детальных исследованиях, строение и история возникновения таких крупных массивов постепенно все более и более выясняются. И мы теперь достаточно хорошо знаем, что для освещения той (или тех) родоначальной магмы, которая дала начало тому или иному расчлененному и дифференцированному интрузивному образованию, необходимо включить в круг рассмотрения не только самый массив с его контактными полями, но также непосредственно или косвенно с ним связанные пегматитовые и иные жильные образования, инъекции, импрегнации и эффузивную фацию,

¹ P. Niggli. Die leichtflüchtigen Bestandteile im Magma. 1920, Fürstlich-Jablonovskische Stiftungs Ausg.

где таковая имеется. Другими словами, перед нами встает задача всестороннего изучения тех комплексов, которые я в свое время назвал петрографическими формациями.

Стратиграфия, тектоника, металлогенезис — вот главные наши орудия в этой геолого-петрографической работе. Мы хорошо знаем, что на этом поприще тоже достигнуты значительные успехи; но вместе с тем перед нами ясно встает картина возможных разногласий и здесь, как это показывает история изучения некоторых крупных интрузивных образований. В частности, с точки зрения *проблемы монофилиетичности или бифилиетичности* на переднем плане всех работ по изучению петрографических формаций стоит вопрос о взаимоотношениях гранитовых и габбровых членов таких формаций. Вопрос заключается здесь в следующем: если в одном и том же интрузивном теле или в пределах некоторой глубинной формации имеются граниты или другие гранитоиды и представители габбровой формации, являются ли они все продуктами дифференциации одной родоначальной магмы, или же гранитоиды и габброиды имеют различный возраст, т.-е., иначе сказать, имеют самостоятельное происхождение? Хотя в некоторых случаях мнения расходятся, но мы имеем уже достаточно примеров, определенно указывающих на вторую альтернативу. Остановимся хотя бы на некоторых из них, в дополнение к тому, что мною было уже раньше отмечено в печати.

Перссон¹ отмечает, что признаки гравитационной дифференциации редко наблюдаются в природе: даже в массивах мощностью в несколько тысяч фут, как например, Хайвуд-Моунтэйнс, этого нет. Это отмечает также и Феннер в своей последней работе. Неоднократно отмечалось, что с габбро сочетаются не граниты, а особые красные гранофиры (red rock). Таковы гранофиры в пластах Онжеских габбродиабазов и многие другие. Новый пример этого же представляет нам лакколит Гирнара в Индии; этот пример особенно интересен тем, что описывающие его авторы принимают для данного лакколита именно гипотезу кристаллизационной дифференциации. С этим представлением, однако, плохо вяжется как указание самих авторов, что в габбро и других породах этого массива не наблюдается никакого распределения минералов по удельному весу, так и то обстоятельство,

¹ L. V. Pirsson. Highwood mountains, Montana. Bull. of the U. S. Geol. Survey, 1903, № 237.

что вместо гранита мы имеем гранофир в виде жил. По мнению авторов, эти жилы происходят якобы из гранитового слоя, подстилающего габбро (но не обнаруженного), что уже совершенно противоречит распределению пород, которое должно получиться в результате кристаллизационной и гравитационной дифференциации.

Мы знаем несколько грандиозных, по своим размерам, гранитных массивов. И если еще принять во внимание, что их основание нам неизвестно, получаются настолько значительные массы, что рассматривать их как верхнюю часть габбровых массивов, в которых путем кристаллизационной и гравитационной дифференциации получился гранит, вряд ли возможно,—особенно, если учесть, что при такой дифференциации, если она действительно существует, главным продуктом, количественно значительно преобладающим над гранитом, все-таки является габбро. На это мною также было указано в статье об апортозитах. В одной из последних книжек *Journal of Geology* есть статья Гроута¹ о разных расчетах, применяемых в петрографии, в которой он показывает, что лишь одна десятая часть базальтовой магмы путем кристаллизационной дифференциации может превратиться в гранит, а в другом месте он дает даже такие цифры для иллюстрации результатов кристаллизационной дифференциации базальтовой магмы: 80 ч. габбро, 10 ч. диорита, 5 ч. кварцевого монцонита, 5 ч. гранита (а я сказал бы даже не гранита, а гранофира).

А подстилаются ли на самом деле гранитные массивы еще более значительными интрузивными телами габброноритовых пород? На это никаких указаний нет, и, во всяком случае, это более чем сомнительно. Не останавливаясь подробно на этом вопросе, напомним только, что граниты центральной Германии и Чехии, которые в последнее время вошли в круг рассмотрения петротектонических исследований Клооса, залегают на гнейсах, а не на габбро. И все равно, будем ли мы вместе с Клоосом считать эти гнейсы за постель гранитов,—а сами граниты рассматривать как батолиты, или по новому толкованию Клооса, как интрузивные пласты, залегающие между докембрием и нижним палеозоем,—или за нижние части того же

¹ F. Grout. The use of calculations in petrology: a study for students. *Journ. of Geol.*, 1926, vol. XXXIV, № 6, p. 512.

гранитного массива, имеющего гранито-гнейсовое сложение, мы не находим признаков пород габброноритового семейства, подстилающих граниты. А там, где в одном и том же массиве есть на самом деле сочетание гранита с габбро, возраст их оказывается различным (Гарн, Урал, о. Скай, Бушвельд и др.).

В последней работе Дэли и Моленграфа¹ о Бушвельдском массиве определенно подчеркнуто, что красный гранит является более молодым образованием, чем господствующий норит и что он сечет его жилами и образует с ним плутонические контакты.

Феннер указывает, что и в Бушвельде, и в Пиджон-Пойнте и в других аналогичных случаях есть доказательства того, что была жидкая гранитная масса: образование интрузивных контактов, жилы. Это подтверждает, как мне кажется, самостоятельность габбровой и гранитной жидкости. Феннер² принимает гипотезу Дэли, т.е. мою, но подчеркивает значительную роль летучих составных частей и говорит, что дифференциация не следует за ассимиляцией, а все время ей сопутствует.

В Бушвельдском массиве, согласно Райту, на которого ссылается Феннер², наблюдается в кровле значительная гранитизация и образование синтектического гранита. Неизвестно, можно ли всю массу гранита и гранофира приписать этому процессу, но он, во всяком случае, играл значительную роль.

Зандберг³ развивает особый взгляд на Бушвельдский массив. По его мнению, это гранитная интрузия, гранитизировавшая вышележащую осадочную толщу, серию Претории и Кару, кверху все слабее и слабее. Норит, находящийся среди этой гранитизированной серии, получился из доломитов. Вся покрывка Бушвельда слоиста и представляет хороший пример *mise en place* гранита путем гранитизации, т.е. своего рода ассимиляции.

Харкер констатирует, что на о. Скай гранит сечет габбро, что габбро было уже холодным, когда его прорвал гранит.

¹ R. A. Daly and A. F. Molénhraft. Structural relations of the Bushveld igneous complex, Transvaal. Journ. of Geol., 1924, vol. XXXII, № 1.

² C. N. Fenner. Op. cit., p. 736.

³ C. Sandberg. On the probable origin of the component members the Bushveld igneous complex. Geol. Mag., 1926, p. 710.

Характерно также его указание на то, что гранит иногда подстилает габбро, но не покрывает его. Взаимоотношения господствующего порита с гранофирами в средней части и переходными породами сиенитового типа в промежутке таковы, что Харкер высказывается за самостоятельную интрузию порита и гранита и за образование ублюдковых пород путем смещения этих магм.

Отмечая все эти факты, нельзя вместе с тем не подчеркнуть, что факты совместного нахождения гранитов и габбро требуют в дальнейшем особенно тщательного исследования, а именно с точки зрения их возрастных взаимоотношений и возможности или невозможности производить их от одной родоначальной магмы и, в частности, именно от базальтовой магмы, путем дифференциации на месте залегания данного интрузивного тела. Я подчеркиваю, что речь идет именно о дифференциации на месте залегания массива, так как вопрос о происхождении кислой и основной магмы при бифилетическом взгляде на генезис изверженных пород лежит за пределами геологического познания.

Мы говорили до сих пор о таких случаях совместного нахождения гранитов и габбро, когда господствующим представляется это последнее и когда речь идет о производстве гранита от основной магмы. Известны, однако, и даже широко распространены случаи иного рода, а именно, гранитные массивы, прорезанные жилами основных пород. Я напому хотя бы хорошо известный Дарьяльский гранит с его многочисленными зеленокаменными жилами. Повидимому, есть основание думать, что такие жилы основных пород в некоторых случаях образовались одновременно с самим гранитом или, по крайней мере, непосредственно вслед за его образованием. Если это действительно так, то можно говорить об отщеплении основных жильных пород, именно жильных, от гранита; но это, конечно, явление совершенно иного порядка, чем образование гранитов из габбро согласно схеме Боуэна.

Интересно еще одно указание Феннера, почерпнутое им из работы Шеннона,¹ а именно указание на диабаз, заключающий значительное количество крупозернистых пегматитовых

¹ E. Shannon. The mineralogy and petrology of intrusive triassic diabase at Goose Creek, Loudon County, Virginia. Proc. U. S. Nat. Museum, 1924, vol. LXVI, p. 1.

выделений, которые рассматриваются как более молодые, чем заключающий их диабаз, т. е. как последние продукты дифференциации диабазовой магмы, обогащенной летучими составными частями. И эта последняя фаза кристаллизации оказывается не обогащенной кремнекислотой, как следует по схеме Боуэна, а имеющей тот же состав, что и первоначальный диабаз. Если к этому добавить, что в литературе имеются указания на то, что стекловатая часть основной массы базальтов обогащена магнием и железом и является, следовательно, не более кислой, а более основной, чем первоначальная магма, то надо будет признать, что схема кристаллизации базальтовой магмы отнюдь не всегда соответствует той картине, которая была получена для халлобазальтового расплава в лаборатории.

Нередко приходится слышать, что нельзя непосредственно переносить в лабораторию природы результаты лабораторных опытов с упрощенными сухими расплавами. Чтобы не повторить той же ошибки при изучении горных пород в поле, мы не можем и не должны довольствоваться, при стремлении к установлению родоначальной магмы какого-нибудь плутонического комплекса, изучением только слагающих его непосредственно пород. Только если мы примем во внимание все связанные с данным массивом жильные и эффузивные образования, все его контактные действия, не только непосредственные но и телеконтактные, все инъекции, негматитовые и иные жильные образования, в которых нашли себе место летучие составные части первоначальной магмы, мы подойдем более или менее близко к установлению состава и природы первоначальной магмы. И в этом случае нам станет ясным, что процессами, аналогичными кристаллизации простых сухих лабораторных расплавов, мы от базальтовой магмы не в состоянии произвести ни гранитовых пород, ни, тем более, формации нефелиновых сиснитов.

Вот те соображения, которые приводят меня к необходимости и к целесообразности возможно полного изучения тех комплексов, которые я называю петрографическими формациями. Само собою разумеется, что этим нисколько не уменьшается значение и тех более крупных геолого-географических единиц, обнимающих подчас представителей нескольких петрографических формаций, которые называются петрографическими провинциями или комагматическими областями. Значение

петрографических провинций в смысле Фогельзанга, Джедда, Брэггера, быть может, М. Бертрана, настолько очевидно, что об этом не стоит и говорить. Но я всегда был и остаюсь решительным противником тех универсальных провинций, тихоокеанской и атлантической, с разными добавлениями и коррективами в виде бореальной, средиземноморской и т. п., которые имеют столь авторитетных сторонников, как Бекке, Ниггли и др. С каждым днем присоединяются все новые и новые факты, определенно говорящие против этих универсальных провинций. Недостаток времени не позволяет осветить и этот вопрос, но если бы мы имели возможность его коснуться, было бы весьма интересно выяснить отношение русских петрографов к этой широкой, но мало обоснованной концепции.