

## GRANITES – THE VISITING CARD OF THE EARTH (why they are absent on other planets)

L. V. MAKHLAEV

*Granites are very abundant on the Earth, but they are not present on other Earth-type planets. This may happen because the basaltic substance of a primary crust on the Earth (contrary to the Moon and the Venus) was changed by weathering and sedimentary sorting that prepared this material to subsequent melting and transformation into granite.*

**Гранитов на Земле много, но, видимо, их нет на других планетах земного типа, поскольку на Земле в отличие от Луны и Венеры базальтовое вещество протокоры претерпело в процессе выветривания и осадочной дифференциации изменения, подготовившие его к гранитизации и плавлению с образованием гранитов и формированием гранитного слоя.**

© Махлаев Л.В., 1999

## ГРАНИТЫ – ВИЗИТНАЯ КАРТОЧКА ЗЕМЛИ (почему их нет на других планетах)

Л. В. МАХЛАЕВ

Сыктывкарский государственный университет

### ГРАНИТЫ НА ЗЕМЛЕ И ДРУГИХ ПЛАНЕТАХ

Среди горных пород, слагающих внешнюю оболочку Земли (литосферу), наиболее распространеными являются граниты и базальты, покрывающие более 3/4 поверхности нашей планеты, включая и дно океанов. Можно было бы ожидать, что они столь же широко развиты и на других планетах земного типа. Однако на других небесных телах гранитов не нашли. Так, измерения отражательной способности Луны, выполненные в ряде обсерваторий мира в 30-х годах нашего века, показали, что по этому показателю материал поверхности Луны соответствует базальту, а аналогов гранита в его составе нет. Несколько позже такие же выводы были сделаны и о Марсе. Начало космической эры подтвердило эти заключения: исследования с помощью космических зондов, спускаемых аппаратов, и, наконец, непосредственный отбор образцов с поверхности Луны показали, что базальты действительно развиты на поверхности этих планет, а вот граниты на Луне и Венере практически отсутствуют и уж во всяком случае не формируют обособленных зон литосферы, подобных гранитному слою континентальной коры Земли (сиалию). Ситуация с Марсом несколько сложнее. Последние исследования, выполненные американским "марсоходом" (автоматическим зондом), показали высокое содержание кремнезема во многих пробах марсианского грунта, что дает основание допускать возможность существования на этой планете гранитов или родственных им пород. Однако и там нет оснований говорить о существовании, как на Земле, обособленного гранитного слоя.

Получается, что из двух преобладающих горных пород нашей планеты одна (базальт) оказалась породой "космической", то есть развитой повсеместно, тогда как другая (гранит) оказалась породой сугубо земной. Этот факт, несомненно, может иметь принципиальное значение и свидетельствовать о каких-то кардинальных различиях в природе этих пород. Интересно, что попытки реконструировать далекое геологическое прошлое Земли подтверждают, что ранее такого различия между Землей и другими планетами земного типа не существовало. Еще в самом начале XX века было высказано предположение, что, поскольку основной объем глубинных зон

литосфера и подстилающей ее мантии сложен породами ультраосновного состава (гипербазитами), не содержащими полевых шпатов и кварца, их плавление (даже выборочное) могло породить только базальтовый расплав, а потому первичная кора Земли должна была быть базальтовой, то есть такой же, как кора Луны, Марса и Венеры. Обоснование такой концепции было дано величайшим геологом, естествоиспытателем и философом XX века В.И. Вернадским. Сейчас представления о базальтовом составе древнейшей протокоры Земли разделяют большинство исследователей. Но не означает ли это, что гранитная оболочка формируется на более поздней стадии эволюции планет, чем базальтовая?

Земля вступила в эту стадию без малого 4 млрд лет тому назад (таков возраст древнейших земных гранитов), тогда как другие планеты по каким-то причинам так и не вышли из ранней протобазальтовой стадии и граниты на них не сформировались.

Если это так, то вопрос о том, почему граниты развиты только на Земле, можно несколько переформулировать: “Чем еще, помимо присутствия гранита, Земля отличается в данное время и отличалась в своей геологической истории от других планет?” Таких различий немало, но для геолога важнейшими являются три: присутствие в атмосфере Земли свободного кислорода и паров воды, присутствие жизни, выступающей в качестве активного геохимического фактора, определяющего особый, отличный от других планет характер круговорота вещества, в пределах внешних оболочек Земли и, наконец, наличие больших масс жидкой свободной воды, формирующей систему морей и океанов — гидросферу. Эти особенности в совокупности приводят к тому, что только на Земле проявлен полный цикл литогенеза (формирования осадочных пород), начинающийся с химического и биохимического выветривания, то есть глубокого разложения выходящих на поверхность кристаллических пород, последующего переноса продуктов выветривания в воздушной или водной среде, сопровождающегося их разделением по химическим и механическим свойствам (так называемая осадочная дифференциация) и, наконец, осаждением, которое и приводит собственно к образованию осадочных пород. Именно из-за этих причин мощность осадочного покрова на Земле несопоставимо больше, чем на других планетах, несравненно богаче и многообразнее набор слагающих этот покров осадочных горных пород, среди которых ведущую роль играют переотложенные продукты глубокого химического выветривания и морские осадки.

Итак, из всех известных планет только Земля имеет мощный осадочный чехол и только Земля имеет гранитный слой в составе литосферы. Случайно ли это? Нет ли связи между процессами литогенеза и гранитогенеза, несмотря на принадлежность первого к поверхностным (экзогенным) явлениям, а

второго к внутренним — эндогенным? Вопрос нетрадиционный, но достаточно правомерный.

## ЛИТОГЕНЕЗ И ГРАНИТООБРАЗОВАНИЕ

Геологу, не занимающемуся этой проблемой специально, сама постановка вопроса о возможной взаимосвязи литогенеза и гранитообразования представляется нарочитой. Однако такое предположение вполне логично и при всей кажущейся парадоксальности совершенно не противоречит господствующим в современной науке представлениям о происхождении гранитов, с которыми можно ознакомиться в статьях “Соросовского Образовательного Журнала” [1, 2]. В конечном счете любая модель гранитогенеза должна ответить на главный вопрос: как из базальтового вещества первичной земной коры были сформированы граниты?

До середины нашего века в геологии магматических процессов почти безраздельно господствовала гипотеза кристаллизационной дифференциации, согласно которой гранитное вещество отделяется в форме расплава (гранитной магмы) от исходной магмы базальтового состава в процессе ее остывания и кристаллизации. Первыми кристаллизуются более тугоплавкие минералы (магнезиально-железистые силикаты), которые тонут в расплаве, поскольку обладают большей плотностью. В итоге из магмы удаляются Mg, Fe, Ca и в ней возрастает относительное содержание легких компонентов — кремнезема и щелочей. Таким образом, состав расплава постепенно эволюционирует от базальтового к гранитному. Такая модель и сейчас принимается некоторыми исследователями, хотя отдельные важные детали этого процесса вызывают сомнения. Во-первых, скорость осаждения магнезиально-железистых силикатов в магме не может быть большой, так как плотности этих минералов ( $3,6$ — $4,4$  г/см $^3$ ) не так уж существенно отличаются от плотности базальтового расплава (2,9 г/см $^3$ ). К тому же велика вязкость магмы. Это делает гравитационное отделение минералов от расплава малоэффективным. Во-вторых, при таком процессе на каждую единицу объема гранита должно формироваться в несколько раз большее количество пород среднего состава, промежуточных между гранитами и базальтами, — диоритов. В природе же отношения обратные: диоритов в десятки раз меньше, чем гранитов. Так что, если магматическая дифференциация и существует, не она ответственна за происхождение главных объемов природных гранитов.

В настояще время большинство петрографов считают гранитную магму независимой от базальтовой, полагая, что она образуется в результате частичного (селективного) плавления материала литосферы по эвтектической схеме. При таком процессе при нагревании до 600—650°C любая горная порода, содержащая кварц и полевые шпаты, будет частично плавиться с образованием расплава гранитного

состава [1]. Однако базальты не содержат кварца, поэтому получить непосредственно из них путем селективного плавления гранитный расплав невозможно.

Многие полагают, что селективному плавлению базитов предшествуют их метаморфическая перекристаллизация с последующей переработкой (гранитизацией) продуктов этого метаморфизма (метабазитов) под воздействием восходящих флюидных потоков глубинного происхождения [2]. В ходе гранитизации в метаморфизованных и перекристаллизованных базальтах развиваются кварц, калиевый полевой шпат, кислый плагиоклаз. Метабазальты преобразуются в гнейсы и даже гранитогнейсы, а уже при селективном плавлении этих пород формируется гранитная магма. Не исключая возможности проявления подобных процессов на Земле, нужно отметить, что нет никаких видимых препятствий для их реализации и на других планетах (на Марсе, Венере). Однако в их литосфере нет гранитного слоя, аналогичного земному. Видимо, одного воздействия глубинных флюидов недостаточно, чтобы преобразовать базальтовое вещество в гранитное, чтобы за счет материала первичной базальтовой протокоры получить существенные объемы гранитов.

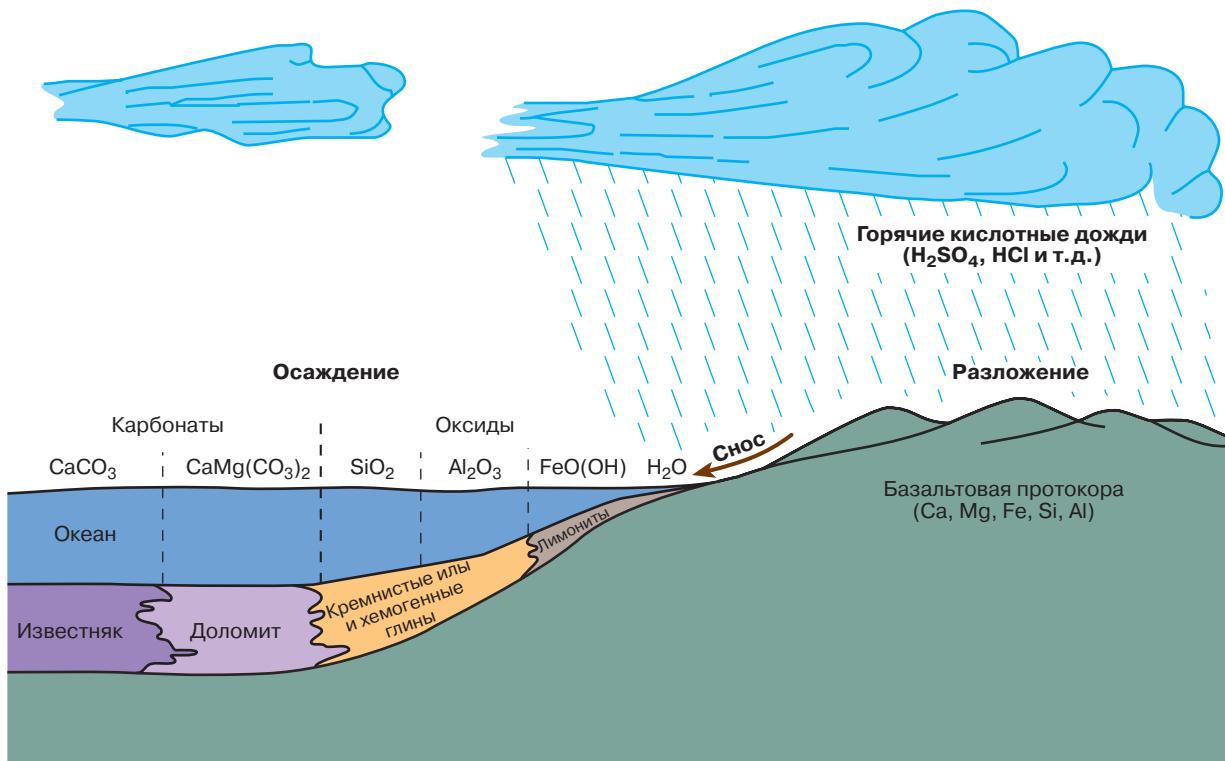
Ситуация, однако, принципиально меняется, если базальт подвергается глубокому химическому выветриванию с последующим разделением компонентов в экзогенных условиях – осадочной дифференциацией. Эти экзогенные процессы обеспечивают гораздо более эффективное отделение кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ), главного компонента гранитов, от базитовых компонентов – Mg, Ca, Fe. При химическом выветривании минералы базальта – силикаты магния, железа и кальция (оливин, пироксен, основной плагиоклаз) разлагаются. В конечном счете после серии последовательных преобразований слагающие их элементы переходят в той или иной форме в водный раствор. Если из магматического расплава, кристаллизующегося при температуре около 1000°C, все эти компоненты выделяются практически одновременно, формируя названные выше минералы, то выпадение их из водных растворов (в приповерхностных условиях при значительно меньшей температуре) подчиняется иным законам и правилам. Кальций и магний реагируют с растворенным в воде углекислым газом и образуют карбонаты – кальцит и доломит, являющиеся главными минералами широко распространенных карбонатных осадочных пород: известняков, доломитов, писчего мела. Железо, соединяясь с кислородом и водой, дает гидрооксиды – гетит и гидрогематит (бурый железняк), но может образовывать и карбонаты – как чисто железистые (сидерит), так и магний-кальций-железистые (анкерит). Кремнезем дает хемогенные и биохемогенные кремнистые осадки – кремнистые илы, кремнистые сланцы. Алюминий связывается в гидрооксидах (диаспор, гидрагиллит) либо в слоистых алюмосиликатах (каолинит,

гидрослюды), являющихся главными компонентами глин. Таким образом, в приповерхностных условиях пути бывших компонентов базальта расходятся, из некогда единого вещества образуются породы разного состава. Если в типичных базальтах содержание  $\text{SiO}_2$  незначительно колеблется около 50%, то в формирующихся за счет выветривания базальтов осадочных породах, оно может варьировать от нуля (известняки, доломиты) почти до 100% (кремнистые осадки). Магматическая дифференциация такого эффективного разделения не дает.

Таким образом, за счет базальтовой протокоры могли сформироваться первые в истории Земли осадочные отложения, метаморфизм которых порождал первые гнейсы, подготовливая таким образом материал протокоры к последующей гранитизации (рис. 1). Эта концепция также была впервые выдвинута В.И. Вернадским. Ее основы изложены в посмертно опубликованной главной книге этого величайшего ученого “Химическое строение биосфера Земли и ее окружения” [3]. Приведем лишь две (поистине ключевые для рассматриваемой проблемы) цитаты из нее: “Гранитная оболочка является конечной fazой изменения процессом гранитизации метаморфической оболочки, может быть иногда прямо осадочной”. И еще более лаконичное и конкретное высказывание: “Не будь на Земле осадочных процессов, не было бы и гранитов”.

Очень много для обоснования этой гипотезы было сделано Н.В. Фроловой, труды которой в настоящее время незаслуженно забыты<sup>1</sup>. Н.В. Фролова писала, что сейчас на базальтах в зоне тропического климата развиваются мощные латеритные коры выветривания. В раннем докембрии атмосфера Земли была горячей и высококислотной (теперь мы определили бы ее как атмосферу “венерианского типа”). В таких условиях химическое выветривание

<sup>1</sup> Наталья Васильевна Фролова (1907–1960) окончила Московскую горную академию. Научный сотрудник Геологического института АН СССР. Основатель Восточно-Сибирской (Иркутской) петрографической школы. В 40-е годы она первой в России и одной из первых в мире детально закартировала реликтовую слоистость в гранитах, сформировавшихся в процессе преобразования метаморфизованных осадочно-вулканогенных толщ (докембрийские гнейсограниты Алданского щита), заложив тем самым основы палеолитологической стратиграфии докембрийских ультраметаморфических комплексов. Наиболее полно идеи Н.В. Фроловой отражены в ее статьях: “О наиболее древних осадочных породах Земли. К проблеме происхождения гранитов” (Природа. 1950. № 9. С. 15–21), “О происхождении гранитов архея Восточной Сибири” (Изв. АН СССР. Сер. геол. 1953. № 1. С. 46–55), “Вопросы стратиграфии, регионального метаморфизма и гранитизации архея Южной Якутии и Восточной Сибири” в сборнике “Геология и петрология докембра”, посвященном ее памяти (Тр. Вост.-Сиб. геол. ин-та АН СССР. 1962. Вып. 5. С. 7–49). Многие научные представления Н.В. Фроловой нашли блестящее подтверждение в последующих геологических и космогеологических исследованиях.



**Рис. 1.** Механизм формирования древнейших осадочных пород в раннем архее из материала базальтовой протокоры в результате химического выветривания и осадочной дифференциации в соответствии с представлениями Н.В. Фроловой и В.М. Синицына [4, 5]

повсюду должно было идти даже интенсивнее, чем в современных тропиках. Химическое разложение силикатов приводило к высвобождению и выносу из подвергавшихся выветриванию пород протокоры огромных объемов кремнезема, а также магния, кальция, железа. При впадении рек в моря (среду с иными значениями pH, Eh, иной соленостью) происходило разделение выносимых продуктов выветривания. В непосредственной близости к континентам осаждался гель кремнезема, сорбировавший щелочи и глиноват, преобразовавшийся при диагенезе в хемогенные кремнистые осадки и глины. Эти осадки при метаморфизме стали кварцитогнейсами и гнейсами, гранитизация и частичное плавление которых породили первые в истории Земли гранитоиды [4].

Подчеркнем, что первичные граниты, по Н.В. Фроловой и В.И. Вернадскому, сформировались в конечном счете из базальтов, то есть предложенная ими схема показывает, каким образом из вещества базальтовой протокоры можно получить граниты (рис. 2). В начале 70-х годов к аналогичным выводам пришел В.М. Синицын. В монографии "Сиаль" он писал, что гранитный слой "мог образоваться только на планете с атмосферой и гидросферой, преобразующими энергию солнечных лучей посредством климатических процессов в геологичес-

кую работу. Небесные тела, лишенные атмосферы и гидросферы (Луна, Марс), по-видимому, не имеют аналогов земному сиалию" [5, с. 5].

В дальнейшем взгляды В.И. Вернадского на связь процессов гранитообразования с предшествующим литогенезом развивал в своих работах В.Л. Барсуков, их поддерживал А.В. Сидоренко. Из зарубежных исследователей аналогичную концепцию разрабатывал известный шведский петролог и геохимик Т. Барт. Мной и другими исследователями независимо друг от друга были предприняты попытки оценить относительный вклад предшествующих литогенетических процессов в формирование конкретных гранитных серий и ассоциаций различных регионов мира на основе выявления первичной литологической природы пород, послуживших исходным материалом для этих гранитоидов — гранитообразующих субстратов. Были выработаны критерии, позволившие выделить из всей массы гранитоидов разновидности, сформированные за счет метаморфизованных глинистых отложений (апопелитовые), песчаников грауваккового состава (апограувакковые) и т.д. [6].

В последние 20–25 лет много свидетельств в пользу существования реальной связи между процессами литогенеза и гранитообразования дали

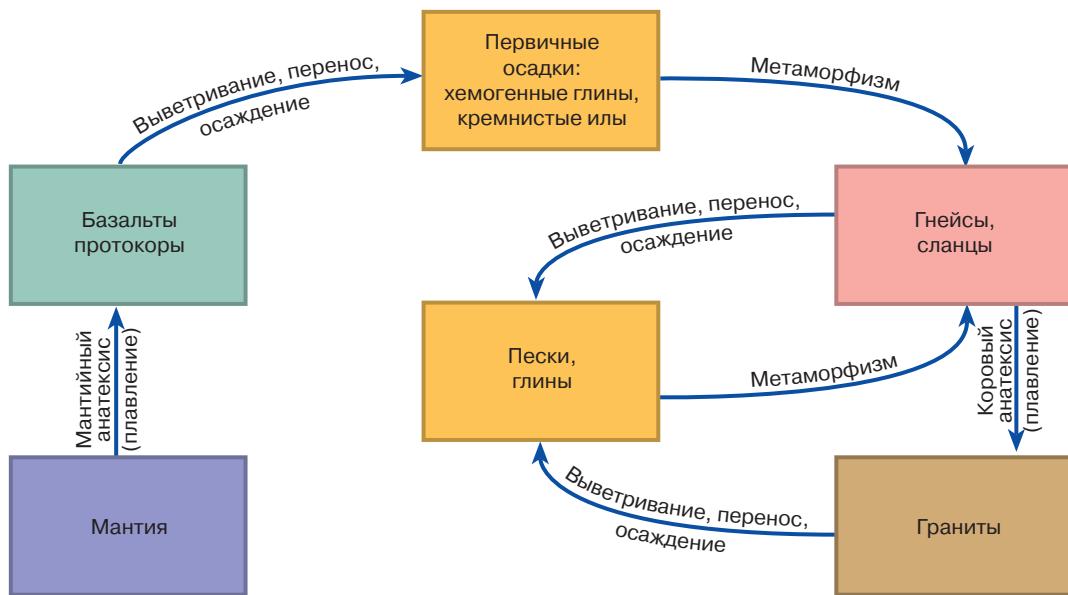


Рис. 2. Схема формирования и последующего наращивания гранитного слоя

геохимические исследования. Определение вариаций содержаний малых элементов и анализ их количественных отношений показали, что большинство изученных гранитов обогащено элементами, свойственными осадочной оболочке, – элементами-индикаторами экзогенных (осадочных) геохимических циклов. Еще нагляднее подтверждает это изотопная геохимия: изотопные отношения Nd, Sr, O, S показывают, что вещества гранитов, как правило, проходило в своей предыстории через химическое выветривание и осадочную дифференциацию.

Обобщение геохимических и изотопно-геохимических данных позволило известным современным геохимикам С. Тейлору и С. Мак-Леннану независимо повторить выводы Вернадского–Синицына и также прийти к заключению, что “континентальная кора гранитного состава имеется только на Земле” и что причиной этого, по-видимому, является “присутствие жидкой воды на поверхности Земли” [7, с. 363]. Подчеркиваем, речь идет не о глубинных водных флюидах, обусловивших гранитизацию и плавление, а именно о поверхностных водах – гидросфере. Еще более четко (почти афористично) выражена эта мысль в названии одной из более ранних статей С. Тейлора: “Нет воды – нет гранитов, нет океанов – нет континентов”. Последнее приводит к несколько неожиданным и далеко идущим выводам. Присутствие жидкой воды является едва ли не определяющим условием развития и существования жизни. Изучение современных кор выветривания показывает, что наиболее эффективно их формирование идет при участии живых организмов и (или) продуктов их жизнедеятельности.

Принцип актуализма (“настоящее – ключ к пониманию прошлого”) позволяет предположить, что так же должно было быть и в отдаленные геологические эпохи. Основываясь на этом, В.И. Вернадский еще в начале века писал, что “гранитная оболочка нашей планеты по своему веществу отвечает метаморфизованному, мигматизированному и часто переплавленному веществу... былых биосфер” [3, с. 75]. Эту мысль он повторял неоднократно, в разных работах, в разной форме, утверждая, что без воздействия на кристаллические породы живых организмов не может быть полноценного химического выветривания, а без химического выветривания не образуется материал, способный давать граниты. Следовательно, по мнению В.И. Вернадского, если нет живых организмов, то не будет и гранитов. Эта идея В.И. Вернадского не нашла отклика у его современников, но в наше время она привлекла внимание многих исследователей. Приведенное высказывание многократно цитировалось в последние 20 лет разными авторами. И все же это положение не стало еще предметом научных исследований. Его нельзя назвать пока даже гипотезой – это не более чем идея. Поэтому сейчас для нас важнее другое, более общее и более обоснованное положение: нет процессов осадкообразования – нет гранитов. Принятие этой концепции характеризует гранитогенез как результат длительной и многоэтапной эволюции верхней части континентальной коры, с обязательным включением в эту последовательность экзогенных геохимических процессов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нужно подчеркнуть, что речь вовсе не идет о возможности образования гранитов “осадочным путем”. Рассматриваемая в этой статье гипотеза отнюдь не противоречит ни одной из ведущих современных научных концепций происхождения гранитов. “Литогенетическая” модель гранитообразования не отвергает ни механизма корового анатексиса (эвтектоидного селективного плавления), ни гранитизирующего воздействия восходящих мантийных флюидов. Речь идет лишь о том, что этим событиям должны (для их полной реализации) предшествовать экзогенные геохимические преобразования, и прежде всего химическое выветривание и осадочная дифференциация. Эти процессы приводят к формированию осадочных пород, многие из которых гораздо ближе по своему химическому составу к гранитам, чем исходные базальты. Именно эти осадочные породы преобразуются впоследствии при метаморфизме в кристаллические сланцы и гнейсы, гранитизация и плавление которых дают в конечном счете граниты. Мы полагаем, что именно этот механизм мог так преобразовать существенно базальтоидное вещество земной протокоры, что стало возможным формирование за его счет гранитного слоя, развитого на Земле и отсутствующего на других планетах.

## Послесловие главного редактора журнала

Статья Соросовского профессора Л.В. Махлаева из Сыктывкарского государственного университета “Граниты – визитная карточка Земли” не была однозначно одобрена экспертным советом журнала по наукам о Земле. Однако автор достаточно обоснованно возразил одному из экспертов, отстаивая свое право на публикацию статьи.

Надо заметить, что за три года существования “Соросовского Образовательного Журнала” далеко не все статьи, представленные Соросовскими профессорами, благополучно прошли через экспертные советы, что вызывало разную реакцию авторов. Большая часть авторов с пониманием отнеслась к рецензиям и решению редакции не публиковать их статьи, другие встретили это решение с негативной реакцией. Один из тех авторов, чью статью не так давно отверг экспертный совет, даже отправил мне возмущенное письмо, в котором утверждал, что за моей спиной московская редакция вместо создания атмосферы открытого общества прибегает к давно отвергнутым мировым сообществом нормам цензурирования и высказывания своего мнения о статьях, хотя право на высказывание свободного, не стесненного никакими редакторами и экспертными советами мнения имеют только сами Соросовские профессора. В связи с этим приходится обращать внимание ува-

## ЛИТЕРАТУРА

1. Попов В.С. Как образуются граниты // Соросовский Образовательный Журнал. 1997. № 6. С. 64–69.
2. Перчук Л.Л. Глубинные флюидные потоки и рождение гранитов // Там же. С. 56–63.
3. Вернадский В.И. Химическое строение биосфера Земли и ее окружения. М.: Наука, 1987. 339 с.
4. Фролова Н.В. О наиболее древних осадочных горных породах Земли: (К проблеме происхождения гранитов) // Природа. 1950. № 9. С. 15–21.
5. Синицын В.М. Сиаль. Л.: Недра, 1972. 168 с.
6. Махлаев Л.В. Изолитогенные гранитные ряды. Новосибирск: Наука, 1987. 153 с.
7. Тейлор С.Р., Мак-Ленна С.М. Континентальная кора: Ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 380 с.

\* \* \*

Лев Васильевич Махлаев, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии Сыктывкарского государственного университета, член-корреспондент Российской академии естественных наук, зав. лабораторией петрографии Института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. Область научных интересов – геология и петрология гранитов, проблемы гранитообразования, геология арктических регионов России (Полярный Урал, Таймыр). Автор более 100 статей и учебных пособий, шести монографий.

жаемых авторов, что по своей сути наш журнал образовательный, а не свободный дискуссионный, то есть призван доносить до учителей, школьников, всех других читателей последние и твердо установленные достижения науки, и не является просто трибуной для высказывания любых, в том числе и спорных, мнений. Точно так поступают все научные и образовательные журналы мира, отправляющие получаемые статьи нескольким рецензентам, а затем прибегающие к услугам экспертных советов для принятия окончательного решения относительно того, публиковать или отвергнуть ту или иную статью. Отличие нашего журнала заключается в том, что мы просим рецензентов подписывать их заключения по статьям, что в подавляющем большинстве случаев рецензенты делают и что дает возможность авторам вступать с ними в открытую дискуссию. Этим мы не только поддерживаем высокую репутацию журнала, но и по мере сил способствуем развитию принципов открытого общества, проповедуемых господином Джорджем Соросом. Кроме того, мы постоянно проводим мониторинг читателей, запрашивая сразу у нескольких тысяч читателей (учителей средней школы, профессоров, доцентов и аспирантов университетов) их мнение о всех опубликованных статьях. Проведенные к настоящему времени опросы (ответы на анкеты мы получили примерно от 5 тыс. читателей, что само по себе является экстраординарным

событием в практике мировой научной печати) позволяют нам лучше осознавать и формулировать критерии к публикуемым статьям. В частности, мы поняли, что не пользуются широким спросом читателей статьи узкопрофессиональные или посвященные сугубо узкопрофильным прикладным вопросам.

Возвращаясь у статье Л.В. Махлаева, я решил, что читателям будет интересно узнать, как проходило обсуждение его статьи и что переписка между рецензентом и автором поможет лучше представить ту атмосферу, которая царит в повседневной жизни экспертных советов и редакции нашего журнала. Итак, представляем читателям письмо рецензента статьи Соросовского профессора В.С. Попова и ответ на рецензию автора Л.В. Махлаева.

В.Н. Сойфер

Глубокоуважаемый Лев Васильевич!

Я прочитал Вашу статью "Граниты – визитная карточка Земли" и хотел бы высказать два принципиальных возражения по поводу развивающихся в этой статье идей.

Во-первых, отсутствие гранитов на Марсе и Венере – это лишь предположение, которое пока ничем не подтверждено. Скудные имеющиеся данные, например то, что увидел последний американский марсоход, не исключают возможности наличия там по крайней мере гранитоподобных пород. Как бы через несколько лет не пришлось кусать локти.

Во-вторых, тезис о том, что граниты – это всегда переплавленный осадочный материал, просто не соответствует реальности. Континентальная кора состоит из кислых пород не менее чем на 25%, а по модели Ведеполя – почти на 75%. Где же взять столько осадков и выветрелых пород? Значительная часть гранитов, несомненно, имеет магматический источник. Я думаю, что Вы это знаете не хуже меня.

Учитывая это, я, к сожалению, не могу рекомендовать Вашу статью к публикации и буду рекомендовать экспертному совету отклонить ее как слабообоснованную.

Не держите, пожалуйста, на меня обиду.

Искренне Ваш

В.С. Попов

Уважаемый Виктор Сергеевич!

...Зла я на Вас не держу, поскольку я понимаю, что Вы были вполне искренни. На что же тут обижаться? Я, честно говоря, был к этому готов, а потому не удивился и поначалу хотел просто заменить эту статью на другую, благо есть на что менять. Но по мере того как я работал над первой статьей и размышлял о второй, во мне окрепло убеждение, что я не имею права этого делать!

По "правилам игры" я должен представить в "Соросовский Образовательный Журнал" статью о какой-либо реально существующей сейчас проблеме в своей науке. При этом надо показать свое отношение к этой проблеме и (по возможности) высказать свой подход к ее решению. Так чем же я нарушил эти "правила игры"? В чем отступил от рекомендаций редакции?

Разве рассматриваемой мною проблемы нет? Да вопрос, каким способом от первичной базальтовой коры обособилась и сформировалась в конце концов как самостоятельная оболочка кора гранитная, – это же одна из ключевых проблем геологии! То, что это произошло путем кристаллизационной дифференциации, признают сейчас немногие, да и то с оговорками. Виноградовская "зонная плавка"? Что ж, может, это и один из самых логичных и правдоподобных механизмов обособления гранитоидного вещества в масштабе земного шара... Но почему-то эта плавка на Луне не сработала до гранитного уровня. Трансмагматические растворы и любые грантообразующие флюиды? Тоже вполне может быть, но опять же почему это не произошло на Луне? А потом разве тем же грантообразующим флюидам не проще было бы воздействовать на метаморфизованную первично-осадочную оболочку, в составе которой есть гораздо более приближенные по составу к гранитам породы, чем базальты? Ну а про селективное плавление я и не говорю: в первично-осадочных метаморфических толщах есть много пород, из которых может выплавляться гранитная эвтектика, но ведь из нормального базальта ее никак не выплавишь! Вот поэтому-то Вернадский и предложил включить в цепочку гранитогенеза ступень гипергенного разложения протокоры и последующую осадочную дифференциацию как самый мощный и эффективный механизм дифференциации из всех известных в геологии. И при этом концепция Вернадского ни в чем не противоречит ни одной из существующих моделей гранитообразования! Возействие флюидов? Да ради Бога! Селективное плавление? Прекрасно! Зонная плавка, ядерный палингенез... Да что угодно! Речь идет лишь о том, что в цепочку преобразований на каком-то этапе могут (и вообще-то должны) включиться гипергенез и осадочная дифференциация, которые существенно облегчат преобразование какой-то части вещества базальтовой протокоры в граниты и родственные им породы – в образования гранитно-метаморфического слоя.

Итак, 70 лет назад такой вариант решения проблемы был предложен. Через 20 лет к этому вернулась Фролова (Наталья Васильевна, та самая, которую Эмиль Раген назвал "великолепной русской мадам Фроловой"). Она не знала, что это идея Вернадского, поскольку на русском языке эту его работу издали только в 1965 году. Она сама додумалась до того же. Через 10 лет после Фроловой до этого

же (и опять же совершенно самостоятельно) додумался Т. Барт. Еще через 5 лет – В.М. Синицын. И тут как прорвало – А.В. Сидоренко. Я.Н. Белевцев, В.Л. Барсуков, Ю.А. Кузнецов, А.Л. Яншин, Н.П. Лаверов... Эти все уже знали соответствующий труд В.И. Вернадского, цитировали его и говорили и писали, что разделяют (и развивают!) его модель формирования континентальной литосферы. А за рубежом в это время... ну хотя бы Тейлор – личность весьма яркая. О чем это говорит? О том, что такой вариант решения проблемы существует, развивается... Из уважения к этим людям я не могу сделать вид, что их в нашей науке как бы и нет, и не было!

Статью я, конечно же, переделаю. Переделаю ее так, чтобы показать, что это всего лишь одна версия, один вариант решения проблемы. Причем вариант наименее признанный, имеющий минимум сторонников. А затем я попробую объяснить, почему именно этот вариант нравится мне. В чем я вижу его сильные стороны. И надо написать так, чтобы учителя и мысли не появилось ненароком, что это мой вариант! Не я его придумал, не я его разрабатывал, как не я придумал и селективное плавление, и сквозьмагматические растворы... Я преподаватель. Мой долг разобраться в идеях и изложить их. А если что-то из изложенного вызывает мои симпатии, я должен объяснить почему именно! Задача нелегкая, я это понимаю. Но Вернадский – это как Бог! А все его продолжатели в этом вопросе мне очень и очень симпатичны. Всех их я знал лично. Ну Н.В. Фролову и Т. Барта я всего лишь имел счастье слышать и видеть. То есть они-то меня не знали. А с остальными я общался. Они мне нравятся. Так что я должен постараться... Попробую во всяком случае!

Всего Вам доброго, до встречи,

С уважением и признательностью Махлаев

P.S. А Ваши возражения, что 75% континентальной литосферы – это кислые породы и где же набрать столько осадков... Для того, кто занимался картированием докембрия, все выглядит как раз наоборот! Посмотрите любую карту любого докембрийского региона. Только не обзорную. Можно двухсотку, а лучше 50 000... Чем детальнее карта, тем меньше на ней гранитов! На нашинах картах Карелии, Украины, Алдана, Енисейского кряжа и прочих гранитов многое менее 20%. А на шведских и финских картах так и всего-то 5–7% наберется. Остальное – стратифицированные толщи, картируемые как те или иные свиты. В основном первично-осадочные, в меньшей мере метавулканиты. Да, по содержанию  $SiO_2$  – это преимущественно кислые породы. Но это в основном парагнейсы, гранитогнейсы по парагнейзам, мигматиты по парагнейзам – и все это картируемое как стратифицированные толщи. И Сидоренко был прав тут не на 100%, а на все 150!

В сущности то же самое утверждал Т. Барт, опираясь, правда, не на карты, а на геохимические коэффициенты и модули. Он писал: "В континентальной коре крайне мало ювенильного материала. Слагающие ее породы перекристаллизованы, порой метасоматизированы, многие из них были частично или полностью переплавленными, но когда-то в прошлом почти все они были осадками".

Поскольку начинал я свою геологическую работу именно со съемки докембрия, а затем многие годы занимался ею, а научную работу начинал с литологии докембрия, то все эти высказывания мне близки и понятны. Они "геологичны" по своей сути, поскольку "считываются" с карт!

А чтобы граниты преобладали в составе фундамента... Ну это разве что на картах тридцатых годов, когда почти весь докембрий просто красили гранитным цветом и крапом...

Махлаев