

**ФАНО России**  
**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки**  
**Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина**  
**Дальневосточного отделения Российской Академии наук**

**РЕФЕРАТ**  
по истории и философии науки  
История представлений о происхождении гранитов

25.00.01 - Общая и региональная геология

Выполнил: Рябова Е.А., аспирант

Научный руководитель: д.г.-м.н. Мишин Л.Ф.,  
гл. научный сотрудник

Рецензент: к.г.-м.н. Гурьянов В.А.,  
ст. научный сотрудник

Хабаровск  
2015



## Содержание

Введение .....	4
1. Представления о происхождении гранитов в XVIII – первом десят. XIX в. ....	5
2. Формирование и развитие пирогенной гипотезы (1810-1845гг.) .....	5
3. Возникновение и развитие магматической гипотезы (1845-1860гг.).....	6
4. Последующее развитие представлений о происхождении гранитов .....	7
5. Современные представления о происхождении гранитов .....	9
5.1 Общие сведения о гранитах .....	9
5.2 Условия залегания гранитов .....	9
5.3 Возможный состав источников гранитных магм .....	12
5.4 Магматическая теория .....	14
5.5 Теория гранитизации.....	15
5.6 Гранитообразование ультраметаморфогенно-анатектическое .....	16
5.7 Гранитообразование анатектическое .....	17
5.8 Гранитообразование анатектическое ультраметаморфизма погружения .....	18
5.9 Современные методы исследований .....	20
Заключение .....	21
Список использованной литературы.....	22

## **Введение**

Граниты являются одной из самых распространенных изверженных пород. Генезис гранитов – одна из кардинальных проблем петрографии. Разрешение ее необходимо для выяснения наиболее общих вопросов как самой этой отрасли науки, так и для познания закономерностей геологических явлений. С гранитами связывают разнообразные рудные месторождения. В связи с различной трактовкой генезиса гранитов вопрос о связи с ними полезных ископаемых приобретает большое практическое значение.

Рассматриваемая проблема одна из сложнейших в петрографии. Одни направления ее развития связаны с физическим и физико-химическим экспериментированием, другие – относятся к изучению геохимических и петрохимических особенностей гранитоидов в зависимости от генезиса, формационного положения и рудоносности, а также к установлению взаимосвязи с гранитами окологрудных образований и оруденения.

Целью написания реферата является изучение возникновения и развития представлений о происхождении гранитов, поскольку граниты являются существенной частью внешней оболочки земной коры, и их изучение актуально не только для петрографии, но и для геологии вообще.

## **1. Представления о происхождении гранитов в XVIII – первом десятилетии XIX в.**

Возникновение геологии как науки относится к середине XVIII в. К началу XIX в. оформились основные ее отрасли: стратиграфия, минералогия, петрография, вулканология и др. В последней четверти XVIII в. были достаточно четко разделены минералы и горные породы, сложилось определенное понятие о граните.

В 1740-1770 гг. В общем плане были рассмотрены основные пути литогенеза: осадочное, кластогенное (К. Линней, Ж.Л. Бюффон), вулканогенное (А. Моро), биогенное (К. Линней) и хемогенное (К. Линней, Т.О. Бергман) происхождение горных пород. Вопрос о происхождении гранитов встал после того, как их научились отличать от других пород, т.е. в последней четверти XVIII в.

Идея петрогенеза привлекала пристальное внимание и стала ведущей в геологии с 1780 г. до начала XIX в.

Накопленный к 1810 г. геологический материал отрицал нептуническую гипотезу. Основными вопросами дискуссии между плутонистами и нептунистами по проблеме гранитов были следующие: образуются ли граниты из расплавов или водных растворов; являются ли они эруптивными разновозрастными или же одновозрастными «первозданными» породами Земли.

## **2. Формирование и развитие пирогенной гипотезы (1810-1845гг.)**

Крупной вехой в истории геологии были «Основы геологии» Ч. Лайеля, внесшего значительный вклад в теорию петрогенеза. Он развил идею Д. Геииона о том, что граниты образуются на значительных глубинах. Однако до середины 40-х годов были более распространены представления, согласно

которым граниты кристаллизуются из вязких расплавов, застывающих на поверхности. В связи с неудачами экспериментального изучения гранитов об их образовании судили на основании изучения металлургических шлаков, а также по аналогии с процессами застывания лав действующих вулканов. Воззрения об образовании гранитов, застывавших на поверхности, в то время были более конкретными и более соответствовали наблюдениям, «вулканическим» традициям и строю мышления той эпохи, чем представления о формировании гранитов на недоступных глубинах, в условиях, о которых могли быть высказаны только гипотетические соображения.

Отражением такого переходного, неустоявшегося состояния в проблеме гранитов является большая разноречивость в терминологии. Граниты называли породами огненными, плутоническими, вулканическими, но по существу, эти термины применялись как равнозначные.

### **3. Возникновение и развитие магматической гипотезы (1845-1860гг.)**

До начала данного периода господствующими стали воззрения об образовании гранитов из расплавов, но при этом физико-химические особенности их образования в то время не могли быть удовлетворительно объяснены на основании существующих химических представлений. Приводились и другие доводы против огненного происхождения гранитов.

В ходе дискуссии данного периода обсуждались: последовательность кристаллизации минералов гранитов из расплавов; роль и количество воды в гранитных расплавах; происхождение и роль газообразных компонентов; генезис рудных месторождений в связи с происхождением гранитов; физическое состояние расплавов.

В итоге дискуссии сложилось представление о магме как о сложном расплаве, содержащем воду и легколетучие компоненты. Оно сформировалось на основе детального изучения структур, текстур, контактов, минералогического состава гранитов, экспериментального моделирования с

целью получения огненным путем гранитов или минералов гранитов, а также на основе геологических наблюдений над всеми теми рудными месторождениями, которые генетически и пространственно связывали с гранитами.

В результате дискуссий сформировалась гипотеза, которая видоизменила и дополнила пирогенную концепцию. Возникшая гидратопирогенная гипотеза не явилась примирением и механическим соединением нептунической и пирогенной гипотез. Гидратопирогенная гипотеза, возникшая в результате более детального геологического изучения природных явлений, глубже отразила процессы образования гранитов, чем полярные нептуническая и пирогенная гипотезы, отразив вместе с тем единство противоположностей этих точек зрения.

#### **4. Последующее развитие представлений о происхождении гранитов**

Во второй половине XX века ситуация коренным образом изменилась. К тому времени был накоплен большой объем информации о положении гранитов в земной коре, подробно изучен состав этих пород. Споры о возможном происхождении гранитов с позиций здравого смысла уступили место строгим термодинамическим расчетам и прямым экспериментам, воспроизводящим зарождение гранитных магм и их последующую кристаллизацию. Естественно, при этом возникли новые проблемы, однако уровень научной дискуссии стал совершенно иным.

Автором одной из первых гипотез о происхождении гранитов стал Боуэн. На основании экспериментов и наблюдений за природными объектами он установил, что кристаллизация базальтовой магмы происходит по ряду законов. Минералы в ней кристаллизуются в такой последовательности (ряд Боуэна), что расплав непрерывно обогащается кремнием, натрием, калием и другими легкоплавкими компонентами. Поэтому Боуэн предположил, что граниты могут являться последними дифференциатами базальтовых расплавов.

Гранит (итал. *granito*, от лат. *granum* - зерно), магматическая горная порода, богатая кремнезёмом. Одна из самых распространённых пород в земной коре. Состоит из калиевого полевого шпата (ортоклаза, микроклина), кислого плагиоклаза (альбита, олигоклаза), кварца, а также слюды (биотита или мусковита), амфибола и редко пироксена. Структура гранита обычно полнокристаллическая, нередко порфировидная и гнейсовидно-полосчатая. Гранит преобладает среди интрузивных пород и занимает существенное место в геологическом строении Урала, Кавказа, Украины, Карелии, Кольского полуострова, Средней Азии, Сибири и др. Гранитные интрузии имеют возраст от архея до кайнозоя. В процессе формирования гранитных тел и их охлаждения возникает закономерная система трещин, благодаря которой гранит в естественных обнажениях имеют характерную параллелепипедальную, столбчатую или пластообразную отдельность.

Предмет исследования это условия залегания гранитов, химический состав, минеральные равновесия и текстурно-структурные особенности гранитов.



## **5. Современные представления о происхождении гранитов**

### **5.1 Общие сведения о гранитах**

Термин "гранит" отражает зернистое строение породы, хорошо заметное невооруженным глазом (от лат. granum - зерно). В древности этим словом называли любые крупнозернистые горные породы. В современной геологической литературе термин "гранит" употребляется в более узком смысле. Им обозначают полнокристаллические горные породы, которые состоят из Ca-Na и K-Na полевых шпатов ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  и  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ), кварца ( $\text{SiO}_2$ ) и некоторого количества Fe-Mg силикатов, чаще всего это темная слюда - биотит:  $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_3(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$ . Полевые шпаты в сумме составляют около 60% объема породы, кварц - не менее 30%, а Fe-Mg силикаты - до 10%. Для валового химического состава гранитов характерно высокое содержание кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ), которое колеблется от 68-69 до 77-78 мас.%. Кроме того, граниты содержат 12-17 мас.%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 7-11 мас.% суммы  $\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  и до нескольких массовых процентов суммы  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO}$  [1, 2]. Размер минеральных зерен в гранитах обычно варьирует от 1 до 10 мм. Отдельные кристаллы розового K-Na полевого шпата нередко достигают нескольких сантиметров в поперечнике и хорошо видны на поверхности полированных гранитных плит.

### **5.2 Условия залегания гранитов**

Граниты - породы, характерные для верхней части континентальной земной коры. Они неизвестны на дне океанов, хотя на некоторых океанических островах, например в Исландии, распространены довольно широко. Граниты формировались на протяжении всей геологической истории континентов. По

данным изотопной геохронологии, самые древние породы гранитного состава датируются 3,8 млрд лет, а самые молодые граниты имеют возраст 1-2 млн лет.

Кварц-полевошпатовые гранитные породы образуют тела, которые первоначально не выходили на дневную поверхность. По геологическим данным, верхние контакты гранитных тел в момент образования располагались на глубине от нескольких сот метров до 10-15 км. В настоящее время граниты обнажены благодаря последующему подъему и размыву пород кровли. Согласно статистическим подсчетам, граниты составляют около 77% объема всех магматических тел, затвердевших на глубине в верхней части континентальной земной коры.

Различают перемещенные и неперемещенные гранитные тела. Перемещенные граниты возникли в результате внедрения гранитной магмы и последующего затвердевания магматического расплава на той или иной глубине. Форма тел, сложенных перемещенными гранитами, весьма разнообразна - от небольших жил толщиной 1-10 м до крупных плутонов, занимающих сотни квадратных километров по площади и нередко сливающихся в протяженные плутонические пояса. Наряду с относительно тонкими гранитными пластинами (< 1-2 км по вертикали) известны плутоны, уходящие на глубину нескольких километров. Например, Эльджуртинский плутон на Северном Кавказе пересечен четырехкилометровой скважиной, которая не достигла нижнего контакта гранитов. В Береговом хребте Перу в Южной Америке граниты обнажены в интервале более 4 км и уходят на неизвестную пока глубину.

Главные доказательства магматического перемещенных гранитов сводятся к следующему. Во-первых, формирование гранитных тел сопровождается локальными деформациями окружающих пород, которые указывают на активное внедрение гранитного расплава. Во-вторых, вблизи контактов с гранитами вмещающие породы испытали преобразования, вызванные нагревом. Судя по минеральным ассоциациям, возникшим в ходе этого процесса, начальная температура гранитных тел была выше температуры

затвердевания гранитной магмы, которая, следовательно, была внедрена в жидком состоянии. Наконец, и в настоящее время происходят вулканические извержения, выносящие к поверхности магмы гранитного состава.

В отличие от перемещенных гранитов, которые затвердели значительно выше области своего зарождения, неперемещенные граниты кристаллизовались примерно на том самом месте, где возникли. Если перемещенные граниты - это обычно однородные породы, заполняющие те или иные объемы, то неперемещенные граниты чаще встречаются в виде полос, линз, пятен, измеряемых миллиметрами и сантиметрами в поперечнике, которые перемежаются с породами иного состава. Подобные образования называют мигматитами (от греч. мигма - смесь). Явные признаки активного механического внедрения гранитного материала в мигматитах отсутствуют; часто складывается впечатление, что этот материал пассивно замещает исходный субстрат. Отсюда и возникли представления о гранитизации тех или иных участков земной коры. Мигматиты формировались на глубине 5-7 км и более. Преобладающая их часть была образована в докембрийское время более 600 млн лет назад; возраст многих мигматитов измеряется миллиардами лет.

Мигматиты и более крупные тела древних неперемещенных гранитов часто рассматривают как затвердевшие зоны генерации гранитной магмы, выведенные на современную дневную поверхность в результате последующего подъема земной коры. Поскольку глубоко размытые мигматитовые комплексы обнажены в одних местах, а менее глубинные перемещенные граниты - в других, проследить прямые соотношения между ними не удастся.

Гранитные магмы – общий термин, используемый для описания магмы, близкой по составу к граниту, то есть, содержащие более 10% кварца. Граниты связаны с вулканическими областями, континентальных щитов и орогенных поясов. Существует, две возможных теории происхождения гранита. Одна из них, известная как магматическая теория гласит, что гранит является производным от дифференциации гранитной магмы. Вторая, известная как теория гранитизации гласит, что гранит образуется "на месте" в результате

ультраметаморфизма. Существуют свидетельства, о правильности этих теорий и современным пониманием является то, что гранит рождается в результате обоих процессов, а во многих случаях, от сочетания двух.

### **5.3 Возможный состав источников гранитных магм**

Количественные соотношения между кварцем и полевыми шпатами в гранитах зависят от нескольких переменных, в том числе от давления. Учитывая теоретически рассчитанные и экспериментально подтвержденные зависимости, было установлено, что источники гранитных магм, отвечающих по составу реально наблюдаемым породам, расположены в континентальной земной коре на глубине от 10-15 до 30-40 км, где литостатическое давление равно 300-1000 МПа.

Формирование низкокальциевых существенно плагиоклазовых гранитов связывают с частичным плавлением менее кремнекислых кварц-плагиоклаз-амфиболовых магматических пород, залегающих в нижней части континентальной земной коры. Сами эти породы были когда-то выплавлены из вещества верхней мантии Земли, залегающей на глубине более 40 км. Реакции плавления, приводящие к образованию гранитов, сводятся к дегидратации амфибола при нагревании корового вещества и переходу в расплав кварца и части плагиоклаза. Возможность получения низкокальциевых гранитных магм таким способом доказана многочисленными экспериментами. Показано, что к аналогичному результату приводит и частичное плавление кварц-гранат-пироксеновых пород, устойчивых в зонах более высокого давления. Модель хорошо согласуется с геохимическими особенностями низкокальциевых гранитов и начальным изотопным составом Pb, Sr, Nd, который соответствует изотопным меткам мантийного вещества. Вслед за И.В. Бельковым и И.Д. Батиевой, низкокальциевые граниты можно обозначить как первичнокоровые (сокращенно Р-граниты от английского термина "primary crustal granites"). Во все эпохи гранитообразования эти граниты появляются первыми и увеличивают объем

гранитного вещества в земной коре. К этой генетической группе относятся и самые древние гранитные породы с возрастом около 3,8 млрд лет.

Низкокалийевые R-граниты, образованные на ранних стадиях геологической истории, занимают значительную часть континентальной земной коры и позднее неоднократно испытывали различные преобразования, в том числе и повторное плавление. В результате возникали разнообразные по составу граниты, которые в классификации австралийских петрологов Б. Чаппелла и А. Уайта выделены как I-граниты (igneous granites). Термин подчеркивает магматогенную природу корового вещества, вовлеченного в частичное плавление. I-гранитам противопоставляются S-граниты (sedimentary granites), источником которых, по Чаппеллу и Уайту, служат метаморфизованные (преобразованные в условиях высоких температур и давлений) осадочные кварц-полевошпатовые породы. В отличие от умеренно глиноземистых I-гранитов с не очень высокими содержаниями калия S-граниты богаты калием и пересыщены глиноземом, то есть  $(2Ca + Na + K) < Al$ , в них много слюды и часто содержатся высокоглиноземистые минералы. S-граниты лишены магнетита, что указывает на восстановительные условия зарождения и кристаллизации гранитных магм. Это обусловлено обогащением метаморфизованных осадочных пород графитом. Расплавы, затвердевающие в виде S-гранитов, обогащены водой и имеют относительно низкую начальную температуру. Они затвердевают на довольно большой глубине и, как правило, не имеют вулканических аналогов.

В качестве особой генетической группы выделяют также A-граниты (alkaline, anhydrous, anorogenic granites). Эти породы обогащены щелочными металлами (Na и K) и содержат относительно мало алюминия так, что нередко  $(2Ca + Na + K) > Al$ . Судя по составу минералов, расплавы были бедны водой, но обогащены фтором. Если I- и S-граниты распространены в подвижных геологических поясах, то A-граниты тяготеют к стабильным блокам земной коры. Источниками A-гранитов служат кварц-полевошпатовые породы земной коры, испытавшие преобразования под воздействием глубинных щелочных

растворов. Возможно, эти породы первоначально представляли собой "сухие" твердые остатки от предшествующих эпизодов частичного плавления; значительная часть воды была удалена с ранними порциями гранитного расплава.

#### **5.4 Магматическая теория**

Магматическая теория предполагает использование реакционных серий Боуэна. Гранитные магмы могут быть получены - в результате дифференциации менее кремнекислых магм, из которых в процессе кристаллизации удаляются тугоплавкие твердые фазы, избыточные по отношению к гранитному расплаву. Таким образом, при кристаллизации базальтового расплава и последующей дифференциации, одним из его конечных продуктов будет гранит. Во многих местах, наблюдается размещение гранитных интрузий вместе с эффузивными породами. Такие комплексы обычно форму кольца около 10 км в диаметре с вулканическими остатками, которые находятся в кальдере. Кроме того, эти комплексы находятся, как глубинные интрузии вблизи вулканических центров, которые состоят из гранодиоритов и андезитов. Такие магматические тела обычно имеют резкие контакты; отсутствие деформации, полей охлаждения и контактных ореолов. Химически, существует сходство в состав многих плутонов гранита их эффузивных аналогов. Это позволяет предположить, есть какая-то связь между размещением гранитных интрузий и вулканизмом

Экспериментальные данные подтвердили важную роль воды в зарождении и кристаллизации гранитных магм. Было установлено, что безводные силикатные расплавы гранитного состава образуются при температуре не менее 950С, тогда как природные гранитные магмы имеют начальную температуру 850-650С. Понижение температуры затвердевания гранитов обусловлено растворением в силикатном расплаве некоторого количества воды, обычно измеряемого первыми процентами. Такая

концентрация оказывается достаточной для того, чтобы существенно понизить температуру затвердевания и оказать влияние на реологические свойства магматической жидкости.

Реальным источником воды, растворенной в гранитной магме, могут служить гидроксилсодержащие минералы, главным образом слюды и амфиболы, входившие в состав того корового вещества, которое подвергалось частичному плавлению. Слюда содержит около 4 мас.%, а амфиболы, например роговая обманка, - около 2% H<sub>2</sub>O. Если вся эта вода перейдет в расплав при дегидратации, то при малых степенях частичного плавления (~ 20%) даже относительно небольшие количества этих минералов (10-20%) могут обеспечить заметную водонасыщенность расплава, которая в ходе последующей кристаллизации возрастает вследствие выделения ранних безводных минералов.

Эксперименты, выполненные в последние годы в лабораториях разных стран, позволили установить общие закономерности формирования гранитных магм в связи с реакциями дегидратации. При нагревании корового вещества разложение светлой калиевой слюды - мусковита происходит при 650С, и этот процесс приводит к появлению относительно низкотемпературных гранитных магм. Темная слюда - биотит испытывает дегидратацию при 750-850С, а роговая обманка, наиболее распространенный минерал из группы амфиболов, устойчива до 900-1000С. Таким образом, расплавы, возникшие в связи с дегидратацией биотита и роговой обманки, имеют относительно высокую начальную температуру.

## **5.5 Теория гранитизации**

Теория гранитизации объясняет происхождение гранитов с помощью ультраметаморфизма. В основе этой теории лежит понятие мигматизации.

В результате мигматизации образуются мигматиты часть из которых близка по минеральному составу к гранитам. В процессах гранитизации очень

большую роль играет вода которая образуется за счёт дегидратации минералов при метаморфизме. Вода играет роль легколетучего флюида который входя в различные реакции понижает общую температуру плавления и даёт возможность произойти анатексису.

Мигматиты могут сформироваться различными способами. Один из них гранитизация путём ионного обмена и распространением ионов  $K^+$  и  $Na^+$ .

В последующем может произойти внедрение образовавшейся мигмы ближе к поверхности земли.

## **5.6 Гранитообразование ультраметаморфогенно-анатектическое**

Гранитообразование ультраметаморфогенно-анатектическое - процесс образования гранитоидов в результате анатексиса в условиях ультраметаморфизма.

Температура начала анатексиса горных пород, состоящих из кварца, плагиоклаза, калиевого материала (калиевого полевого шпата, биотита, мусковита), довольно постоянна даже при значительных вариациях минеральных составах и равна  $700 \pm 40^\circ C$  при, , равном 2 кбар. Полное переплавление г.п., отвечающих по составу граниту, происходит в интервале  $640 - 750^\circ C$  при избытке воды и давлении, равном 5 кбар. Понижению температуры плавления ( $T_{\text{плавл.}}$ ) гранитов помимо  $H_2O$  способствует повышение потенциалов  $HF$ ,  $P_2O_5$ ,  $SO_3$ , в то время как повышение парциального давления  $CO_2$ ,  $HCl$  и  $NH_3$  увеличивает  $T_{\text{плавл.}}$ . Так как природные поровые флюиды высокотемпературных метаморфических пород содержат в своем составе большое количество  $CO_2$  и  $HCl$ , начало гранитизации в реальных условиях принимается при более высоких температурах, равных  $700 - 800^\circ C$ , т.е. лишь на уровне гранулитовой фации, рассматриваемом как уровень минералообразования в сухих условиях. Однако помимо нарастания температуры с глубиной увеличивается и литостатическое давление ( $P_l$ ), способствующее повышению  $T_{\text{плавл.}}$  силикатов в сухих условиях и резкому



возрастанию вязкости вещества. Исследования взаимосвязи предела текучести и  $T_{\text{плавл.}}$  гранитов при разл. соотношениях  $R_{\text{л}}$  и абсолютного значения в координатах  $T - R_{\text{л}}$  позволяют выделить области устойчивости ультраметаморфогенных анатектических расплавов, характеризующихся значениями от 2, 5 до 5 кбар при  $\gamma = (0, 5 \div 1, 0) \cdot R_{\text{л}}$ . Появление значительных масс анатектических расплавов возможно либо в случае резкого повышения при постоянстве геотермического градиента, либо в результате возрастания последнего при неизменном давлении. В первом случае для начала плавления необходимы определенные минимальные значения при вариациях  $R_{\text{л}}$  и  $T$ , соответствующих значению нормального геотермического градиента (33С/км). Во втором случае при значениях, отвечающих региональному метаморфизму, условия, необходимые для начала плавления, будут созданы лишь при повышении геотермического градиента по сравнению с его нормальным значением более чем в 3 раза, т.е. при его значениях порядка 96 С/км.

### **5.7 Гранитообразование анатектическое**

Гранитообразование анатектическое - процесс формирования гранитоидов в результате переплавления горных пород, до этого не находившихся в состоянии расплава (например, аркозовых и полимиктовых песчаников, метапелитов парагнейсов и др. ), в целом в условиях постоянства их вещественного состава и при наличии лишь явлений внутреннего перераспределения вещества в пределах мобилизованных комплексов пород главным образом диффузионным путем. Состав анатектических гранитоидов обусловлен составом исходных горных пород и максимальной температурой процесса плавления. В зависимости от исходного состава пород анатектическое гранитообразование может начаться с формирования: либо расплава гранитового состава с переходом по мере повышения температуры к гранодиоритовому; либо расплава гранодиоритового состава с переходом по мере повышения температуры к гранитовому или плагиогранитовому.

Анатектическое гранитообразование приводит к формированию анатектических гранитов, гранодиоритов, плагиогранитов и кварцевых диоритов, в соответствии с чем может быть выделено анатектическое гранито-, гранодиорито-, плагиогранито- и диоритообразование. Анатектическое гранитообразование может быть разделено на контактово-анатектическое и ультраметаморфогенное.

## **5.8 Гранитообразование анатектическое ультраметаморфизма погружения**

Гранитообразование анатектическое ультраметаморфизма погружения, в процессе которого сформировалась основная часть палингенно-анатектических гранитоидов архейских и раннепротерозойских обл. амфиболитовой и гранулитовой фаций. Вследствие высокого геотермического градиента в ранние эпохи развития Земли гранитообразование рассматриваемого типа происходило, по-видимому, в общем случае с глубины 5 - 9 км, соответствовавшей условиям эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций, до 15 - 18 км в условиях относительно низкого  $P_l$  (от 2 до 5 кбар) и высокого (до 5 кбар) и содер. в г.п. воды при  $T$  от 650 до 800 С. Низкое  $P_l$  и высокое содержание в породе воды способствовало образованию значительных масс анатектических расплавов при относительно низких  $T$  (при наличии в породах 3% воды в расплав при 700 - 800С может превратиться до 33% гнейсового комплекса). Повышение растворимости воды в кислом силикатном расплаве, обусловленное увеличением  $P_l$  в условиях средних и больших глубин (до 10 вес.%), при одновременном увеличении по мере повышения  $T$  количества этого расплава, должно приводить к обеднению вмещающих г.п.водой - к их "высушиванию". Обеднение водой связано с разложением таких компонентов, как эпидот, мусковит, биотит, актинолит, и с переходом воды из них и из перового флюида в анатектический расплав. Однако роговая обманка сохраняет устойчивость, не переходя в ромбический пироксен до очень высоких  $T$  даже при низких (до 900 °С при  $P_l$  порядка 6 кбар и около 1 кбар). Появление

палинггенно-анатектических гранитоидных расплавов обуславливало гравитационную неустойчивость вмещающих комплексов п.и их “всплывание” в виде гранито-гнейсовых куполов (мигматит-плутонов). Этот процесс наряду с термическим расширением п. являлся одним из факторов перехода архейских и раннепротерозойских геосинклинально-складчатых систем от стадии ультраметаморфизма погружения к стадии ультраметаморфизма воздымания. Дальнейшая эволюция возникавшего таким образом расплава связана с развитием преинверсионных нарушений и зон разломов и с последующим инверсионно-складчатым этапом. В результате происходит удаление воды из системы анатектического (палинггенно-анатектического) гранитообразования в зоны повышенной проницаемости (разломов), где развивается палинггенно-метасоматическое гранитообразование. С этим процессом, по-видимому, связаны частичная кристаллизация анатектического (палинггенно-анатектического) расплава и удаление из него при  $P_l$  около 3 - 5 кбар вместе с водой и летучими определенное количество Na, а при больших давлениях преимущественно K и затем в наиболее глубинных условиях K и Na. Этим обуславливается зональность в распределении продуктов гранитообразования на глубину: щелочноземельные мигматит-граниты сменяются чарнокитовыми мигматит-гранитами, затем эндербитами и глиноземистыми эндербитами. Таким образом, в результате указанных процессов к моменту консолидации расплава в определенных условиях T и P были обеднены водой, т.е. находились в сухих условиях, не только вмещавшие его горные породы, но и формировавшиеся гранитоиды. Для фанерозойских и позднепротерозойских геосинклинально-складчатых систем анатектическое (палинггенно-анатектическое) гранитообразование в целом не характерно из-за низкого геотермического градиента и незначительного при высоком  $P_l$  на уровне возможного его проявления.

## 5.9 Современные методы исследований

Проблема образования гранитов изучается рядом различных методов

- Петрохимические методы (изучение химического состава и распределения химических элементов в породе);

- Методы физико-химической петрографии (в основе общих законов термодинамики выявляются связи между химическим и минеральным составами горных пород, с одной стороны, и общими условиями их формирования - с другой);

- Методы экспериментальной петрографии (моделирование процессов образования горных пород);

- Методы структурной геологии (изучение общих закономерностей залегания магматических тел).

Результаты, полученные вышеперечисленными методами, обрабатываются ЭВМ и анализируются. Также в настоящее время широко применяется компьютерное моделирование.

## **Заключение**

Целью данной работы было исследование истории представлений о происхождении гранитов. Развитие представлений о происхождении гранитов было неравномерным. Этапы, характеризовавшиеся постепенным количественным накоплением фактов и медленным развитием представлений («эволюционные»), чередовались с этапами дискуссий, для которых характерно ускоренное развитие проблемы в связи с пересмотром и ломкой старых гипотез и понятий, на смену которым выдвигались новые.

Формирование теории происхождения гранитов происходило в обстановке постоянной борьбы мнений. В ходе этой борьбы каждая гипотеза проходила длительный путь развития, уточнения, кристаллизации. Многолетние дискуссии возникали в том случае, когда геологические факты приходили в противоречие с господствующей гипотезой.

Вопросы формирования гранитных магм, механизм и энергетика этих процессов неразрешимы без знания глубин Земли, процессов, происходящих в этих глубинах, в частности, в мантии Земли. В связи с этим в общей постановке проблема происхождения гранитной магмы оказывается связанной со сложнейшими общегеологическими проблемами, с представлением о природе тектонических процессов и с космогоническими представлениями.

## Список использованной литературы

1. Геологический словарь М:"Недра", 1978
2. Carmichael, Turner and Veerhoogen, "Igneous Petrology", McGraw Hill, 1974
3. Gilluly, I, "The Tectonic Evolution of the United States", Q.J. Geol. Soc. London, v.119, 1963
4. Pitcher, W.S., "The Nature, Ascent and Emplacement of Granitic Magmas", J. Geol. Soc. of London, v.136, pg 627-662, 1979
5. Read, H.H., "The Granite Controversy", Murby, 1957.
6. Попов В. С. Как образуются граниты // Соросовский образовательный журнал, 1997. №6. С. 64-69
7. Романова М.М. История представлений о происхождении гранитов. М: Наука, 1977,188 с.
8. Большая советская энциклопедия : в 30 т. / гл. ред. А. М. Прохоров. - 3-е изд. - М. : Сов. энцикл., 1969-1978. - 30 т.