

Метаморфические комплексы ЦАСП – рассмотрены на примере слюдянского комплекса, где известны месторождения железистых кварцитов. В слюдянском комплексе железистые кварциты изучены в хангарульской серии, метаморфизованной в условиях гранулитовой фации – в безымянской (р. Безымянная) и амфиболитовой фации в харагольской (р. Мысовая) свитах. В первом случае руды представлены пластовыми залежами магнетитовых и пироксен-магнетитовых кварцитов, а во втором оливин-магнетитовыми и магнетитовыми кварцитами. На ультраметаморфическом этапе по ним развиваются метасоматиты с ферригиперстеном, салитом, феррисалитом и плагиоклазом, а на постультраметаморфическом – метасоматиты со скаполитом, амфиболом, биотитом, куммингтонитом, пистацитом, грюнеритом, хлоритом. Железистые кварциты, как и многие другие типы пород слюдянского комплекса (мраморы, мономинеральные кварциты, гнейсы [4]) существенно обогащены P_2O_5 , Ba, Sr, Y (табл., выб. 8).

В заключении необходимо отметить, что железистые кварциты, развитые в различных структурно-вещественных комплексах юга Восточной Сибири характеризуются четкими петрогеохимическими характеристиками. Так более древние железистые кварциты гранулитовых и зеленокаменных комплексов по сравнению с палеозойскими образованиями слюдянского комплекса характеризуются повышенными содержаниями V и пониженными P_2O_5 , K_2O , Li, Rb, Ba, Sr, B, Y, Zr, Pb (табл., выб. 3,7,8). Железистые кварциты зеленокаменных комплексов относительно гранулитовых - обогащены Li, B и обеднены TiO_2 , Al_2O_3 , MnO, MgO, CaO, F, Sn, Y, Zn, Cr, V, Ni, Co, Sc (табл. выб. 3, 7), что позволяет говорить о том, что их формирование происходило в разных условиях. Такие различия свидетельствуют о том, что железистые кварциты зеленокаменных поясов по большинству своих петрогеохимических характеристик существенно различаются и поэтому никак не могли быть протолитом для железистых кварцитов шарыжалгайского и китойского гранулитовых комплексов.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проект 09-05-00563)

Литература

1. *Грабкин О.В., Мельников А.И.* Структура фундамента Сибирской платформы в зоне краевого шва. Новосибирск: Наука СО, 1980. 90 с.
2. *Замараев С.М.* Краевые структуры юго-восточной части Сибирской платформы. М.: Наука, 1967. 248 с.
3. *Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Резницкий Л.З. и др.* О возрасте метаморфизма слюдянского кристаллического комплекса (Южное Прибайкалье): результаты U-Pb геохронологических исследований гранитоидов // Петрология. 1997. Т. 5, № 3. С. 227-235.
4. *Левцкий В.И.* Петрология и геохимия метасоматоза при формировании континентальной коры. Новосибирск: Академическое из-во «ГЕО», 2005. 343 с.
5. *Сальникова Е.Б., Котов А.Б., Левцкий В.И. и др.* Возрастные рубежи высокотемпературного метаморфизма в кристаллических комплексах шарыжалгайского выступа фундамента Сибирской платформы: результаты U-Pb датирования единичных зерен циркона // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2007. Т.15, № 4. С. 3-19.
6. *Aftalion M, Bibikova E.V. et al.* Timing of Early Proterozoic collisional and extensional events in the Sharyzhalgay granulite-gneiss-charnockite-granite complex, Lake Baikal, USSR (U-Pb, Rb-Sr, and Sm-Nd isotopic study) // Jour. Geol. 1991. V. 99. P. 851-862.

Современные парадигмы структурной геологии и некоторые проблемы минерагении докембрия

Леонов М.Г.

Учреждение Российской академии наук Геологический институт РАН,
г. Москва, e-mail: m_leonov@ginras.ru

Когда речь идет о возрасте месторождений полезных ископаемых, то зачастую возникает вопрос, что мы имеем в виду – возраст породных комплексов, в которых находятся рудные компоненты, или возраст собственно процесса формирования рудной залежи? Вопрос этот далеко не праздный, так

как от его решения зависит не только понимание конкретной обстановки формирования рудопроявлений, но и проведение пространственно-временных корреляций эпох и этапов рудообразования.

В последние два десятилетия в сфере структурно-тектонических знаний появились новые подходы и парадигмы, которые в значительной мере изменяют наши представления относительно содержания геологических процессов (в том числе и рудных), а также времени и последовательности их проявления. Эти подходы и парадигмы связаны с новым пониманием тектоники консолидированного слоя земной коры, и, прежде всего, гранитно-метаморфического слоя, подавляющий объем которого сформирован в докембрии.

1. Вертикальная аккреция земной коры и структурно-метаморфическая стратификация. Поиски критериев расчленения метаморфических толщ (в том числе и докембрийских) пережили три этапа. Вначале считали: понятие «более метаморфизованный» соответствует понятию «более древний». Позднее стало ясно, что этот тезис неверен, и основным методом стала расшивка последовательности проявления орогенических циклов. И наконец, появилась возможность определения абсолютного возраста пород и минералов. И все же «...попытки получения... картины геологической истории метаморфических, (главным образом, докембрийских толщ - *М.Л.*)... терпят неудачу из-за отсутствия надежных стратиграфических критериев» [2]. Это, конечно, гипербола, но она подчеркивает, что остается немало трудностей при воссоздании стратификации метаморфических толщ, и вызваны эти трудности не только отсутствием ископаемой фауны или неоднозначностью изотопно-геохронологических интерпретаций.

Существенное значение здесь также принадлежит *вертикальной аккреции земной коры*, суть которой заключена в том, что в процессе структурно-вещественной перестройки пород осуществляется переход пород из одной оболочки литосферы в другую вследствие их физико-химических преобразований и изменения петрофизических свойств, что в конечном итоге приводит к смещению границ консолидированной коры в вертикальном разрезе (рис.1). Изучение конкретных объектов (*Пиренеи, Центральный Французский массив, Тянь-Шань, Карельский массив*) позволяет наметить некоторые факторы (и особенности их проявления), приводящие к нарушению первичной стратификации метаморфизованных и гранитизированных масс и осложняющие изучение их пространственно-временных соотношений. Наиболее существенные с точки зрения рассматриваемой проблемы факторы следующие: (а) вертикальная миграция фронта гранитизации (или сиализации); (б) латеральная изменчивость проявления метаморфизма и метасоматоза; (в) структурно-вещественное преобразование горных масс на границе контрастных сред в условиях сдвигового течения. Недоучет этих явлений может привести к неправильному пониманию вертикальных и латеральных взаимоотношений породных масс и, следовательно, к ошибочным представлениям о пространственно-временном соотношении геологических событий, в том числе связанных с рудообразованием.

2. «Холодная» тектоника гранитов и их потенциальная нефтегазоносность. В пределах фундамента выявлено около 450 нефтегазовых месторождений и порядка ста из них разрабатывается в промышленных масштабах. При этом около 60 % месторождений сконцентрировано в кристаллических породах (29 % – в метаморфитах и 32,5 % – в гранитах). Формирование коллекторов в пределах гранитных массивов – процесс многофакторный, и среди факторов, определяющих коллекторские свойства фундамента, называют автометасоматоз, контракционную усадку, постмагматические гидротермально-пневматолитовые процессы, тектоно-кессонный эффект, тектонические процессы (например: [1, 3]).

Как показывает анализ материала по нефтегазоносности фундамента Скандинавского щита, Мидконтинента, Западной Сибири, Татарского свода, Южного Вьетнама и других регионов, скопление углеводородного сырья в консолидированной коре контролируются, кроме прочих, двумя основными факторами, которые присутствуют обязательно [1, 3]: 1 – наличием погребенных выступов кристаллического (чаще всего гранитного) фундамента; 2 – высокой степенью тектонической дезинтеграции пород и связанным с ней дилатансионным эффектом. Изучение холодной деформации гранитных массивов Тянь-Шаня, Карельского массива, Забайкалья, Казахстана, Урала, Кавказа, Северной Америки показало, что неотъемлемой составляющей процессов, ответственных за вторичную структурную переработку горных масс фундамента, является объемное тектоническое течение, или реидная деформация.



Рис. 1. Схематический разрез, отражающий процесс вертикального аккрецирования корового слоя в Осовой зоне Пиренеев (использованы данные: [Руттен, 1963; Guitard, 1959]).

Процессы деформации сопровождаются измельчением вещества (диспергацией) [4-7], которая происходит за счет механического дробления, перекристаллизации (грануляции), частичного подплавления. Зачастую проявлен процесс автодиспергации, который связан, кроме других причин, с пластической деформацией. При этом происходит «вскипание» дислокаций, возникновение многочисленных пустот, размножение и укрупнение пор. В результате поровая проницаемость резко увеличивается, возникают системы трещин и автобрекчирование. Как показано в эксперименте [6], при наложении на литостатическую нагрузку ориентированного давления, обеспечивающего пластическую деформацию, происходит увеличение объема вещества, которое в условиях однонаправленного давления может достигать 20%. Диспергированные среды обладают резко повышенной химической активностью, что делает возможным ход многих реакций и преобразований при РТ-параметрах, значительно более низких, чем в недиспергированных системах [6.7]. В частности, в процессе диспергации углеродсодержащих минеральных веществ в присутствии воды и катализаторов, к которым относят и полевого шпат (гранитный компонент!), происходит синтез углеводородов и формируется их газовая и жидкая фаза.

Выявленные закономерности позволяют предложить модель формирования углеводородных залежей в теле кристаллического цоколя, которая хорошо согласуется с известными данными нефтяной геологии. Суть модели в следующем: зарождение и развитие долгоживущих положительных морфоструктур с кристаллическими ядрами – возрастание пористости и проницаемости - «переток» углеводородов из осадочных толщ в разуплотненные породы фундамента - формирование скоплений УВ. Для проявления такого механизма формирования залежей углеводородов особенно благоприятны гранитные массивы. Играть существенную роль в перераспределении УВ из чехольных комплексов в породы фундамента и упоминавшийся выше процессы вертикального аккрецирования консолидированной коры.

3. Мезомеханика и тектоника гранулированных сред. В настоящее время приоритетными отраслями механики твердого тела является мезомеханика и механика гранулированных сред. В части, касающейся геологических знаний, важным достижением здесь является установление механизмов структурной и структурно-вещественной переработки пород, обеспечивающих внутреннюю подвижность кристаллических пород фундамента и его объемную (3D) деформацию. Установлены следующие механизмы: пластическая деформация; хрупкая макросколовая (блоковая) и микросколовая (кливажная) деформация; меланжирование; дезинтеграция и катаклаз; динамическая рекристаллизация. Характерной чертой всех механизмов перестройки породных масс в процессе деформации является их *дезинтеграция* или *повышение кристалличности* пород. В обоих случаях происходит *грануляция* горных пород. Важной особенностью дискретной (гранулированной) среды является увеличение степени текучести горных масс и дилатансионный эффект (увеличения объема и разрыхления). Происходит относительное вращение (перекатывание) гранул (кристаллов, зерен, блоков), которое приводит к возникновению упорядоченной структуры, определяет локализацию и масштаб деформаций и способствует уменьшению эффективного угла трения, что интерпретирует-

ся как проявление сверхпластичности. А при пластическом течении дискретных сред механизм дилатансионной переупаковки выражен особенно интенсивно. Последнее явление вызывает интенсификацию процессов перемещения, «внедрения» разбухающих пластифицированных масс в окружающие горизонты и формирование протрузивных тел, что приводит к образованию разуплотненных объемов. Процессы, свойственные гранулированным и диспергированным средам, сопровождающиеся механохимическими эффектами, приводят к перераспределению рудного вещества и возникновению их концентраций вплоть до промышленных. Поскольку докембрийские породы в основном являются метаморфическими, а те, в свою очередь, относятся к категории «гранулированных», то учет совокупности упомянутых явлений и процессов, приобретает существенное значение для понимания особенностей минерагения докембрия. Одним из примеров рудных концентраций железа при значительной роли совокупного действия структурных и вещественных преобразований является формирование джеспелитовых руд, а также перераспределение железа в процессе структурно-вещественных преобразований палеопротерозойских кварцитов Карельского массива (рис.2).

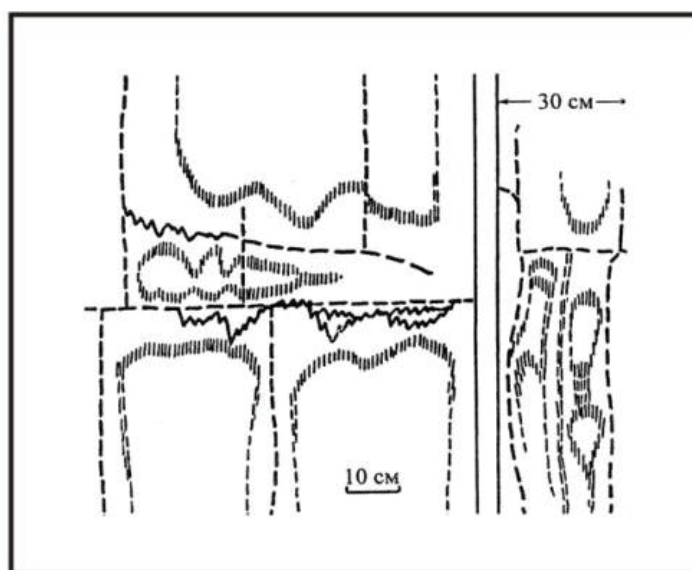


Рис. 2. Структурно-метаморфическая дифференциация и концентрация окислов железа в кварцитах сегеозерской свиты (Карельский массив).

Работа выполнена в соответствии с Программой Президиума РАН № 14, и Программой ОНЗ РАН № 10.

Литература

1. Арешев Е.Г., Гаврилов В.П., Донг Ч.Л. и др. Геология и нефтегазоносность фундамента Зондского шельфа. М.: Изд-во «Нефть и газ», 1997. 288 с.
2. Летников Ф.А., Бальшиев С.О., Лашкевич В.В. Взаимосвязь процессов гранитизации, метаморфизма и тектоники // Геотектоника. 2000. № 1. С. 3-22.
3. Изотов В.Г., Ситдикова Л.М., Муслимов Р.Х. Геодинамическая модель миграции углеводородных флюидов в кристаллическом фундаменте древних платформ // Генезис нефти и газа /ред. А.Н.Дмитриевский, А.Э.Конторович/. М. ГЕОС, 2003. С. 124.
4. Молчанов В.И. Опыты по синтезу углеводородов при тонком измельчении минеральных веществ в воде // Доклады АН СССР. 1967. Т. 174. № 5.
5. Молчанов В.И. Генерация водорода в литогенезе. Новосибирск: Наука, 1981. 142 с.
6. Поспелов В.В. Петрофизическая модель и фильтрационно-емкостные свойства пород фундамента южного шельфа Вьетнама по керновым данным // Актуальные проблемы геологии нефти и газа / под ред. проф. В.П.Гаврилова/. М.: Изд-во «Нефть и газ». 2005. С. 175-186.
7. Поспелов Г.Л. Диспергиты и автодиспергация как важная проблема физики лито-петро- и тектогенеза // Геология и геофизика. 1972. № 12. С. 53-73.