

ЭТАПЫ ФЛЮИДНОГО КАТАГЕНЕЗА ПАЛЕОЗОЙСКИХ ГРАУВАКК (МАГНИТОГОРСКАЯ МЕГАЗОНА И БОРОВСКАЯ ЗОНА)

© 2014 г. Л. В. Кокшина

Ассоциации аутигенных минералов в составе песчаных пород нередко свидетельствуют о влиянии различных наложенных процессов на фонный ката- и метагенез. Признаки такого воздействия прослеживаются и в верхнедевонских и нижнекаменноугольных песчаниках Боровской и Магнитогорской структур (рис. 1), которые по составу отвечают петрокластической разновидности полевошпатовых и кварц-полевошпатовых граувакк, по классификации В.Н. Шванова [19], реже собственно грауваккам [7, 10].

Наиболее характерны в этом отношении псаммиты **Боровской зоны**, где на некоторых участках разреза присутствует аномальный набор вторичных минералов, либо прослеживающийся по всей

толще (более 2000 м), либо встречающийся локально независимо от состава пород, что не согласуется с общей тенденцией постдиагенетических преобразований, которые по комплексу аутигенных минералов и по отражательной способности витринита отвечают уровню мезокатагенеза (МК₂₋₃). В первую очередь обращают на себя внимание выделения цеолита (клиноптилолита) в количестве до 30% от объема породы, а также в некоторых породах – натролита [8]. Эти минералы кристаллизовались лишь в одном участке разреза, среди нижневизейских красноцветных образований, хотя состав аллотигенных компонентов породы с цеолитами не отличается от выше- и нижележащих песчаников, в рентгенограммах которых только иногда

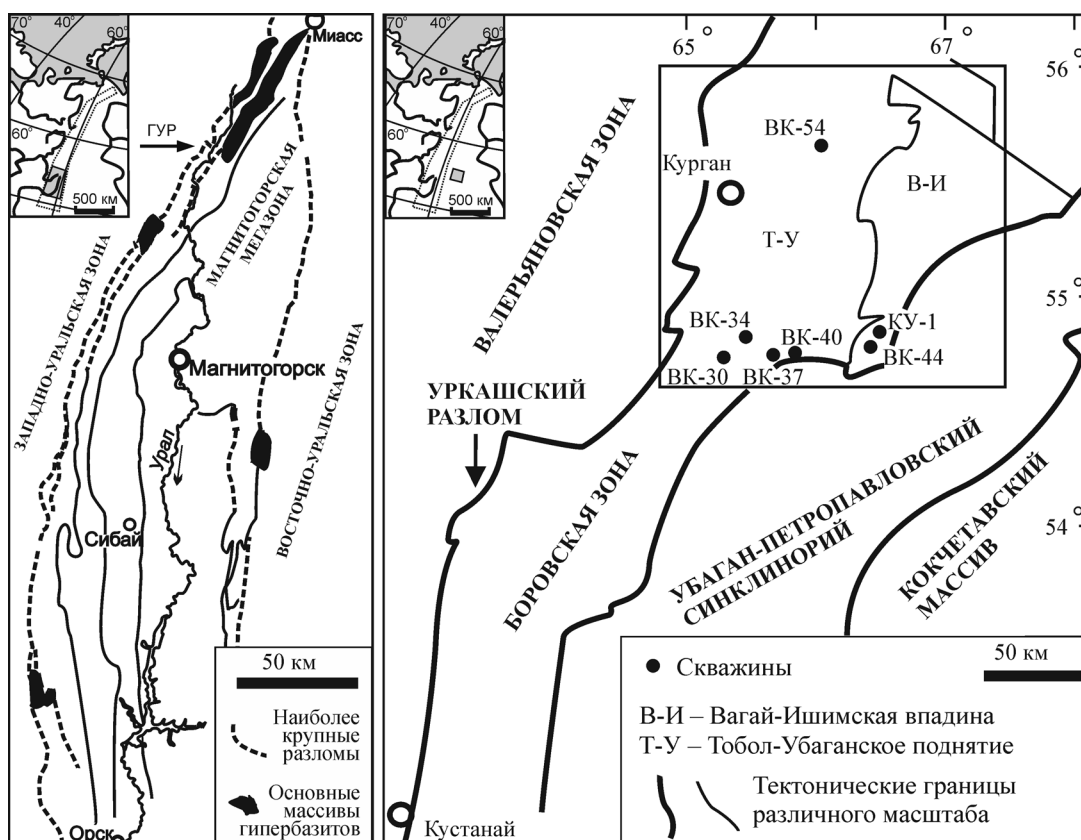


Рис. 1. Схема расположения основных структурных элементов Южного Урала (слева) на основе схемы [11] и в сопряженной области Западной Сибири (справа) на основе схемы А.И. Ивлева [6].

содержатся следы анальцима, несмотря на обилие свежих плагиоклазов и обломков вулканитов. Здесь же встречаются кристаллы сфалерита, которые, хотя и распространены несколько шире цеолитов, тоже развиты локально. Гнезда и их микроскопические вкрапленники обнаружены также в других частях палеозойского разреза, в том числе и в карбонатных толщах. В карбонатах и песчаниках местами присутствуют агрегаты кристаллов фиолетового флюорита. В глинистых породах и песчаниках в визейской части разреза нередко выделения барита и целестина как в виде отдельных кристаллов и агрегатов из нескольких кристаллов, вкрапленных в породу, так и агрегатов, выполняющих пустоты, а иногда и трещины. В порах по всему разрезу встречается пирит и халькопирит, иногда минералы титана (по-видимому, брукит). Характерно наличие пятнистого кальцитового цемента, каолинита в составе цемента и в порах, кристаллов ангидрита, появляющихся местами в виде порового и пойкилобластового цемента в песчаниках, а также в порах и полостях в карбонатах, в том числе местами частично замещая ромбические кристаллы доломита.

Степень фоновых преобразований песчаников **Магнитогорской мегазоны** соответствует позднему катагенезу (МК₃₋₅), что было установлено по составу и особенностям новообразований [7]. В отличие от пород Боровской зоны наложенные процессы не оставляют здесь улик в виде атипичного минералообразования. Однако, несмотря на устойчивый состав аллотигенных компонентов, в рядом расположенных разрезах или участках пород иногда наблюдается резко различная насыщенность аутигенными минералами (пренином, пумпеллиитом, эпидотом, кварцем и кальцитом). Особенно характерны в этом отношении песчаники западных разрезов ирендыкской свиты и рыскужинской толщи, измененные до стадии метагенеза (АК₁), тогда как стратиграфически более древние образования (ильтибановская и мансуровская толщи) менее изменены. Не соответствует общей картине изменения пород присутствие в составе улутауской свиты (например, в нижнем течении р. Таналык) и ильтибановской толщи (р. Урал напротив с. Ильтабаново) участков с резко повышенным содержанием пренита и пумпеллиита. Так, в песчаниках улутауской свиты обнаружены ориентированные цепочки светлых изометричных пятен диаметром до нескольких миллиметров, сложенных в основном пренином. Этот новообразованный алюмосиликат в пределах светлых пятен, в отличие от основной массы породы, слагает агрегаты крупных розеток и лейст (до 0.5 мм). Вдоль упомянутых цепочек отмечается также насыщение породы пумпеллиитом (густоокрашенным, с размером чешуй до 0.3–0.4 мм). В верхней части ирендыкской свиты у оз. Кара-Балык-Ты, как и в песчаниках ильтибанов-

ской толщи и улутауской свиты, часто встречаются прерывистые и сплошные полосы, обогащенные пренином. Эти полосы толщиной до 5–6 см ориентированы параллельно напластованию. О влиянии наложенных процессов свидетельствует также неравномерное распределение кальцита и аутигенного кварца. В пределах однородных толщ девонского разреза Магнитогорской мегазоны насыщенность пород этими минералами может значительно варьировать – от первых процентов до 10–12% (кварц) и 15–25% (кальцит).

Одна из наиболее полных и развернутых классификаций наложенных (“наложенно-эпигенетических”) процессов принадлежит Б.А. Лебедеву [9], который предложил рассматривать для этой цели характер взаимодействующих фаз: **воды – породы**, **воды – воды**, **породы – воды**, **породы – углеводороды**, **воды – углеводороды** и **углеводороды – углеводороды**. Наряду с вещественной классификацией он создал дополнительную – пространственную – типизацию, базирующуюся на источнике флюидов и дальности их миграции. В целом Б.А. Лебедев выделяет четыре разновидности наложенного изменения: 1) внутрикомплексное, обусловленное перетоком флюидов из одной толщи в другую в пределах одного комплекса; 2) межкомплексное, в пределах разных комплексов; 3) глубинное, обусловленное поступлением флюидов из фундамента в осадочный чехол; 4) инфильтрационное, обусловленное поступлением флюидов с поверхности Земли. Таким образом, наложенные процессы были классифицированы путем сочетания типа, подтипа (характера системы) и источника флюидов. Однако сам автор подчеркивает, что в естественной среде редко удается наблюдать их в “чистом виде”, обычно имеет место смешение нескольких процессов. В связи с этим для каждого осадочного бассейна необходимо создавать поэтапную модель, описывающую смену вышеназванных типов наложенных процессов во времени.

С помощью одной из базовых моделей Б.А. Лебедева можно попытаться объяснить процессы, поэтапно протекавшие в Боровской зоне и приведшие к сложной минералогической картине. Так, **первый этап**, вероятно, характеризуется значительным влиянием реакций типа “**воды – породы**”, обусловленных поступлением из фундамента углекислоты (подтип в открытых системах, глубинный). С этим этапом связана активная локальная карбонатизация и каолинитизация, на что обращают внимание многие исследователи [13, 15, 16, 23 и др.]. Здесь принципиальным отличием от фонового катагенеза является резкое зональное разграничение этих процессов. Зоны каолинитизации выступают источником вещества, а зоны карбонатизации – аккумулятором [9]. Следует отметить, что кроме этих двух основных зон-антагонистов выделяется промежуточная зона, где активно регенерирует кварц

(за счет избытка кремнезема, образующегося при каолинитизации).

В ходе **второго этапа** доминируют относящиеся преимущественно к межкомплексному типу реакции “породы – углеводороды”. На этом этапе образуются залежи углеводородов. Однако следы его проявления слабо выражены на изученной территории, тем более следующий этап провоцирует их частичное разрушение.

Третий этап изменений характеризуется “компрессионным подтипом эпигенеза” (термин принадлежит В.Н. Холодову [17, 18], как и многие другие в типизации Б.А. Лебедева). Источником движения вещества при этом является различие пластовых давлений, с которыми связан подъем вод из нижележащих сред и фундамента в ходе тектонической активизации. Здесь господствуют реакции в системе “воды – воды” [9]. При этом происходит миграция углеводородов, которая сводится не к их аккумуляции, а к рассеянию, что выражено в постоянном присутствии битумного вещества в породах, а также в виде пленок по поверхностям многочисленных стилолитов и парастилолитов в зауральских породах. С компрессионным эпигенезом связаны процессы рудообразования [3, 5, 12, 15 и др.]. Причем источником металлов для подобных полиметаллических залежей обычно являются породы фундамента [9]. Однако образование рассеянных сульфатов в Боровской зоне, вероятно, имеет более позднюю природу, связанную с окислением сульфидов. Причем ряд устойчивости последних, согласно Е.В. Белогуб с соавторами [2], объясняет существенное сохранение пирита и рассеянное присутствие сфалерита в изученном разрезе.

Следует отметить, однако, что существуют и другие модели развития наложенных изменений, в том числе и менее углубленные, не охватывающие все разнообразие систем и этапы процессов, например классификация катагенетических аномалий [14], и более обобщенные, рассматривающие масштаб процессов [22]. Обстоятельный анализ результатов исследований в этом направлении выполнил Я.Э. Юдович [20, 21]. Он обобщил многочисленные данные, продемонстрировал, какие могут быть следствия миграции флюидов и объединил их под одним общим термином “флюидный литогенез”.

Катагенетические аномалии в песчаниках Магнитогорской мегазоны носят своеобразный характер, не выраженный в присутствии “атипичных” минералов, что затрудняет его отнесение к моделям Б.А. Лебедева [9]. По классификации катагенетических аномалий Е.А. Предтеченской [15] они могут рассматриваться как спровоцированные дизъюнктивными нарушениями. При этом предполагается, что разломы являлись проводниками не только химического вещества, но и энергии, способствующей более глубокому (метагенетическому) преоб-

разованию пород. Прежде всего это породы ирендыкской и рыскужинской свит, существенно более измененные по сравнению с другими. Появление участков, насыщенных аутигенными минералами, возможно, в некоторых случаях связано с зонами дилатантного предразрушения [1], образование которых вызвано местным стрессовым давлением. Подобные, ослабленные зоны могли запечатлеться визуально в форме более светлых “цепочек” и “полос”. Кроме того, внедрение флюида по уже “проторенному пути” является закономерным [4]. Вероятно, именно с этим процессом связано образование отдельных, непересекающихся зон насыщения аутигенными минералами. Следует отметить, что структурные аномалии, вызванные флюидным литогенезом, не раз описывались исследователями, часто они могут иметь и более масштабные проявления [20, 21]. По классификации О.В. Япаскурта [22] наложенные преобразования Боровской и Магнитогорской структур попадают в локальный гидротермально-метасоматический тип. Подобные изменения он связывает с участками повышенной трещиноватости, зонами разрывов и др.

Таким образом, несмотря на различия в классификациях и названиях, природа атипичных наложенных преобразований, вероятнее всего, связана с поступлением флюидов и энергии по тектоническим зонам. Кроме того, их роль на более поздних этапах наложенных преобразований является результирующей при формировании залежей различных полезных ископаемых [9]. Так, дальнейший рост тектонических процессов приводит к разрушению залежей углеводородов (накопленный материал второго этапа флюидных преобразований) и последующему развитию рудных проявлений (увеличение интенсивности третьего), что в очередной раз подчеркивает близость процессов нефте- и рудогенеза, необходимость их объединения, а также непосредственную связь с процессами флюидного литогенеза.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант № 12-05-31274 мол_а) и Интеграционного проекта УрО, СО и ДВО РАН № 12-С-5-1014.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белкин В.И., Медведский Р.И. Жильный тип ловушек нефти и газа // Сов. геология. 1987. № 9. С. 25–33.
2. Белогуб Е.В., Щербакова Е.П., Никандрова Н.К. Сульфаты Урала: распространенность, кристаллохимия, генезис. М.: Наука, 2007. 160 с.
3. Виноградов В.И. Изотопный состав серы и вопросы генезиса стратиформных месторождений свинца и цинка // Литология и полез. ископаемые. 1969. № 5. С. 60–68.
4. Галкин В.А. Роль флюидов в формировании деформационных структурных парагенезов // Вестн. МГУ.

- Сер. 4. 1993. № 5. С. 59–70.
5. *Зарипов О.Г., Ушатинский И.Н.* Аутигенно-минералогические формы железа в нефтегазоносных отложениях Среднего Приобья // Тр. ЗапСибНИГНИ. Вып. 35. Тюмень, 1970. С. 253–263.
 6. *Ивлев А.И.* Магматизм и геодинамика области сочленения Урала и Казахстана. Рудный–Костанай: Акад. мин. рес. Респ. Казахстан, 2008. 500 с.
 7. *Кокшина Л.В.* Особенности катагенеза девонских петрокластических граувакк Магнитогорской мегазоны (Южный Урал) // Литосфера. 2013. № 5. С. 26–41.
 8. *Кокшина Л.В., Мизенс Г.А.* Влияние флюидных эманацій на фоновый катагенез палеозойских граувакк: Магнитогорская мегазона (Южный Урал) и Боровская зона (юго-запад Западной Сибири) // Ежегодник-2012. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 160. 2013. С. 48–52.
 9. *Лебедев Б.А.* Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах. Л.: Недра, 1992. 239 с.
 10. *Мизенс Г.А., Кокшина Л.В.* Петрографическая характеристика девонских и нижнекаменноугольных терригенных образований юго-запада Западно-Сибирской плиты (Вагай-Ишимская и Тобол-Убаганская структуры) // Геология и геофизика. 2012. № 11. С. 1513–1529.
 11. *Мизенс Г.А., Свяжжина И.А.* О палеогеографии юга Урала в девоне // Литосфера. 2007. № 2. С. 29–44.
 12. *Нестеров И.И., Щепеткин Ю.В., Рыльков А.В.* Эпигенетическое пиритообразование в нефтеносных отложениях Западно-Сибирской низменности // Труды ЗапСибНИГНИ. Вып. 58. Тюмень. 1972. С. 196–203.
 13. *Пероззо Г.Н.* Эпигенез терригенных осадочных пород Западно-Сибирской низменности // Тр. СНИИГТИМСа. М.: Недра, 1971. 160 с.
 14. *Предтеченская Е.А.* Катагенетические преобразования нижне-среднеюрских нефтегазоносных отложений Западно-Сибирского осадочного мегабассейна. Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. Екатеринбург, 2011. 40 с.
 15. *Предтеченская Е.А., Шиганова О.В., Фомичев А.С.* Катагенетические и геохимические аномалии в нижне-среднеюрских нефтегазоносных отложениях Западной Сибири как индикаторы флюидодинамических процессов в зонах дизъюнктивных нарушений // Литосфера. 2009. № 6. С. 54–65.
 16. *Розин А.А., Сердюк З.Я.* Преобразование состава подземных вод и пород Западно-Сибирской плиты под воздействием глубинного углекислого газа // Литология и полез. ископаемые. 1970. № 4. С. 102–113.
 17. *Холодов В.Н.* Постседиментационные преобразования в элизионных бассейнах (на примере Восточного Предкавказья). М.: Наука, 1983. 152 с.
 18. *Холодов В.Н.* Типы катагенеза и осадочно-гидротермальное рудообразование // Подземные воды и эволюция литосферы. Т. 1. М.: Наука, 1985. С. 226–253.
 19. *Шванов В.Н.* Петрография песчаных пород (компонентный состав, систематика и описание минеральных видов). Л.: Недра, 1987. 269 с.
 20. *Юдович Я.Э.* Флюидное минералообразование альтернатива литогенезу? Обзор // Урал. геол. журн. 2009. № 4 (70). С. 31–80.
 21. *Юдович Я.Э., Кетрис М.П.* Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). Сыктывкар: Геопринт, 2011. 742 с.
 22. *Янаскурт О.В.* Аспекты теории постседиментационного литогенеза // Литосфера. 2005. № 3. С. 3–30.
 23. *Boles J.R.* Calcite as an indicator of vertical fluid transport in hydrocarbon systems // Mineralogy for the new millennium: 18 general meeting of the International mineralogical association. Edinburgh: IMA. 2002. P. 302.