

УДК 552.14

К ВОПРОСУ О КАТАГЕНЕЗЕ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

О.В. Япаскурт

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию 27.07.15

Анализируется понятие и содержание термина «катагенез», подчеркнута его многоаспектность. В новой формулировке это последиагенетическая стадия внутривстратиферных осадочно-породных изменений, обусловленных химическими и физико-механическими процессами взаимодействия минеральных компонентов и между собой и с внутривстратиферными газоводными флюидами, обеспечившими механизмы минеральных трансформаций, коррозии, аутигенеза, диффузии и метасоматоза, а также процессами внутривстратиферных и межвстратиферных перераспределений вещества исходного осадка совместно с трансформациями рассеянных в нем органических веществ и ростом степени углекислотности гумусовых компонентов в рамках бурогоугольной и каменноугольной стадий

Ключевые слова: осадочные породы, катагенез, диагенез, стадийность, классификация, процессы.

Введение

Катагенез, или стадия последиагенетического породообразования и всяческих породных изменений до начала термального либо контактового метаморфизма породы, своей длительностью в десятки, сотни миллионов лет, а в отдельных случаях — миллиардов и своей масштабностью (охватывает наибольший объем всей осадочной оболочки земли — ее стратисферы) представляет особый интерес для литологов, так как в большинстве случаев эта стадия существенно меняет минеральный состав, микроструктуру исходного осадка (важно учитывать при палеогеографических реконструкциях), меняет его физико-механические свойства (важно для инженерной, нефтяной геологии и гидрогеологии) и, в конкретных случаях, обеспечивает концентрацию металлических элементов в стратиформных рудах (важно для учения о полезных ископаемых). На эту стадию обращали свое внимание не только профессионалы-литологи, но и гидрогеологи, нефтяники, угольщики и металлогенезисты. Автор привлекал внимание к процессам упомянутой стадии осадочного процесса также и тектонистов (Япаскурт, 2014).

Естественно, что в зависимости от главных научных интересов исследователя катагенезу давались разные определения, в которых, как правило, высвечивались только отдельные аспекты этого многогранного этапа формирования и бытия осадочной породы. Здесь предпринята попытка проанализировать эти взгляды геологов (во временном интервале, приближающемся к столетию, начиная от работ впервые употребившего слово «катагенез» в 1922 г. А.Е. Ферсмана), а также суммировать и конкретизировать сведения о многогранном катагенетических процессах и, в конечном итоге, предложить уточненную формулировку данного понятия.

Исторический обзор

Начнем с краткой констатации идей основоположника данного термина А.Е. Ферсмана. Вот как он формулировал это понятие дословно: «Именем катагенез я называю всю совокупность химических преобразований породы после того, как она оказалась отделенной от водного бассейна слоем нового осадка и вплоть до того момента, когда она сделалась поверхностью материка, т.е. оказалась на границе с атмосферой. Конечно при этом я исключаю процессы, связанные с действием высокой температуры, т.е. всю область контактового и глубинного метаморфизма, но не могу не отметить, что частично катагенез протекает при несколько повышенных температурах, согласно геотермическому градиенту Земли» (Ферсман, 1934, с. 128). Этим сказано главное, кроме температурного барьера, после которого порода становится метаморфической.

Исследователи, ссылающиеся на это определение, обычно упускают из вида очень важную характеристику особенности именно внутривстратиферного процесса: «Если явление диагенеза, как показывает само слово, заключалось в перегруппировке элементов внутри того же слоя, то катагенез связан как раз с обменом растворов между петрографически и геохимически разными слоями и горизонтами» (Ферсман, 1934, с. 128).

Впоследствии многие геологи не обращали на это внимание, трактуя катагенез только как приспособление минеральных компонентов и органических веществ (ОВ) породы к меняющимся по мере ее тектонического погружения температурой (T) и давлениями (литостатическим P_s , флюидным P_f и стрессовым P_{st}).

Главный акцент на P - T факторы среды, в которую входит вещественная система (с частично или полностью химически уравновешенными на стадии

диагенеза своими компонентами), мы видим в определениях катагенеза, данных в работах Л.В. Пустовалова (1940), который не употреблял слово «катагенез», а именовал соответствующую стадию «региональным эпигенезом», а также Н.М. Страхова (1963) и многих их учеников — А.Г. Коссовской (1962), А.Г. Коссовской и В.Д. Шутова (1955 и др.), Н.В. Логвиненко (1968) в его ранних работах, а позднее — И.М. Симановича (1978), автора (Япаскерт, 1992) и многих других.

Н.Б. Вассоевич (1957, 1975), ратуя за всеобщее принятие термина «катагенез» взамен эпигенеза, главное значение придавал фактору T , так как его схемы расчленения этой стадии на подстадии и градации опирались на параметры постседиментационных трансформаций рассеянных органических веществ (РОВ), включенных в глинистые и песчаные породы, сверяя эти данные со степенью углефикации гумусовых ОВ. После этого все нефтяники и многие литологи, занятые проблемами нефти, приняли схему Н.Б. Вассоевича. Она очень удобна тем, что современная лабораторная аппаратура позволяет довольно быстро и массово накопить информацию, требуемую для диагностики подстадий и градаций катагенеза по палеотемпературному признаку.

Однако многие забывают о том, что это анализ измененности только ОВ, обособленно от минеральных компонентов. Минеральное вещество реагирует не только на значения T , но на все виды давлений и на химизм газоводных флюидов, которые не влияют или очень слабо влияют на степень трансформированности ОВ.

Сознавая вышесказанное, Н.В. Логвиненко сделал попытку скоординировать два принципа диагностики этапности процессов катагенеза и их интенсивности. Эти данные он опубликовал в монографии (Логвиненко, Орлова, 1987).

До этого Н.В. Логвиненко, а также А.Г. Коссовская и их последователи, включая автора (Япаскерт, 1992), делили катагенез на две либо три подстадии, именуя их ранним и поздним, слабым и глубинным, или ранним, средним и глубоким. Параметрами были конкретные парагенезы аутигенных силикатов в песчаных породах и трансформированность кристаллических наноструктур глинистых минералов. Дополнялись к этому и микроструктурные признаки — такие, как регенерация терригенного кварца, терригенных полевых шпатов и рекристаллизационный бластез кварца. Последний принимался как признак послекатагенетической стадии *метагенеза* (Симанович, 1978), именуемой в англоязычной литературе *анхиметаморфизмом*, а в шкале Н.Б. Вассоевича — *апокатагенезом*. Этот минерально-парагенетический и минерально-структурный принцип ранжирования катагенеза Н.В. Логвиненко попытался соединить со шкалой преобразований ОВ и РОВ.

Получилась стройная и логичная схема, но на практике она не всегда соответствовала реально-

сти. Так, например, в зонах усиленного проявления Pst минеральное вещество из подстадии глубинного катагенеза переходило в стадию метагенеза, а угли при этом не повышали степень своего «метаморфизма». Это, в частности, устанавливалось нами возле покровно-надвиговых границ Верхоянской складчатой системы с терригенно-угленосной нижнемеловой формацией восточного крыла Приверхоянского прогиба (Соколов, Япаскерт, 1983). Нами этот вариант расхождения в степени измененности ОВ и силикатного вещества принимался как индикатор палеострессовых тектонических нагрузок. Иные соотношения, когда ОВ достигло стадии антрацитов или близких к ней, а минеральные парагенезы и вторичные микроструктуры свойственны слабому (начальному) или среднему катагенезу, описаны В.М. Жилинским (1980) в Чульманском угольном бассейне и объяснялись повышенным притоком тепла от эндогенного источника (глубинной интрузии), на который чутко среагировал уголь, а для прочих пород этого тепла оказалось недостаточно, чтобы достигнуть глубокого катагенеза.

Думается, что вышеназванные расхождения вполне естественны, учитывая гетерогенность вещественных составов и физико-механических свойств пород в большинстве геологических формаций. Уложить их в единое прокрустово ложе не удастся, да и не требуется. Потому что существует еще один мощный фактор катагенеза — подземные воды и флюиды иного рода (проникающие из нижележащих формаций). На это обратили внимание А.И. Перельман (1968, 1979), А.А. Махнач (1989) и В.Н. Холодов (1983, 2006).

Первый из них вообще сосредоточил внимание только на водном факторе, дав такое определение рассматриваемой здесь стадии: «Изменение горных пород под влиянием подземных вод именуется *катагенезом*» (Перельман, 1968, с. 129).

Развивая эту идею, А.А. Махнач и В.Н. Холодов типизировали катагенез в соответствии с особенностями гидрогенных режимов. В.Н. Холодов, например, выделял такие категории катагенеза: инфильтрационный, элизионный, гравитационно-рассольный и смешанный. Первый — это там, где субаэральные воды проникают по наклонным пластам песчаников на глубины в сотни метров, привнося с собой в растворенном виде вещества, из которых формируются минералы цемента (преимущественно карбонатные), а в благоприятных для этого условиях — рудные скопления урана и ванадия. Элизионный тип катагенеза (от слова «элизия», греч. — выжимание) обуславливается отжиманием из глин в соседние песчаные или карбонатные пласты вод под влиянием P_s . В начале отжимаются погребенные в осадке иловые воды, а при достижении $T = 100 \pm 20^\circ\text{C}$ к ним добавляется вода конституционная, т.е. связанная в кристаллических решетках глинистых минералов, главным

образом, смектитов. Там же осуществляется массовая трансформация глинистых веществ (смектиты превращаются в иллиты и (или) в хлориты; а иллиты полиморфной модификации $1Md$ трансформируются в слюды $2M_1$ и проч.). В песчаных пластах обводнение активизирует процессы аутигенного минералогенеза; в известняках — окварцевание, доломитизацию и другие вторичные изменения.

Гравитационный катагенез обеспечивается просачиванием тяжелой рапы эвапоритовой формации в нижележащие толщи пород. Если эти породы были биоморфными известняками (как, например, в ордовике Белорусской антеклизы Восточно-Европейской платформы), то происходила их массовая доломитизация и сульфатизация.

Здесь мы видим шаги к пониманию механизмов катагенеза такими, какие сформулированы во второй из вышеприведенных цитат А.Е. Ферсмана. То есть катагенез — это не только приспособление минерально-органогенных породных компонентов к обновляемым факторам среды их нахождения — T и P_s . Это также и внутрiformационное, межпластовое перераспределение веществ, по-видимому, гигантских, но пока еще не рассчитанных масштабов. Оно, несомненно, сказывается на стратиформном рудогенезе, а также участвует как составной элемент миграции нефти из нефтематеринских свит в свиты нефтесодержащие. Элизонные воды служат необходимым фактором влияния на этот процесс. Вместе с тем, контактируя с нефтью, они приобретают «агрессивные» свойства кислотности и, проникая в породы иной формации, обеспечивают существенные изменения их состава, вплоть до полной непохожести на состав исходного осадка. Таких примеров можно привести множество, и они показывают на невсеобщность первоначально сформулированного Л.В. Пустоваловым (1940) «всеобщего закона» физико-химической наследственности осадочных пород. Это литологи поняли недавно (Холодов, 2006; Япаскерт, 2013), хотя изначально А.Е. Ферсман уже высказывал свое отношение к данной концепции: «Мы не можем согласиться с мнением Л.В. Пустовалова, что в сущности породы в нормальной осадочной серии сохраняются более или менее в том виде, в котором они получались в результате сингенеза и диагенеза, и что явления катагенеза не носят общего характера при анализе свит осадков. Тем не менее внимательный анализ каждой свиты показывает на наличие частных геохимических реакций на границах разнородных геохимических осадков» (Ферсман, 1934, с. 294). Это следует учесть петрологам, которые, изучая «изохимический» региональный метаморфизм (вне зон метасоматоза), сравнивают химический состав кристаллических сланцев с известными данными о химизме осадков — глинистых, карбонатных и песчаных. По результатам такого сравнения они получают сведения не об

осадке, а о претерпевшей предметаморфическую стадию катагенеза горной породе, которая далеко не всегда адекватна своему «прародителю».

Проблемы терминологии

Как видим, разные исследователи формулировали понятие «катагенез» неодинаково. Каждая формулировка верна, но она отражает только какую-то одну особенность очень сложного и многофакторного процесса. Самая полная в смысловом аспекте из всех известных автору формулировок принадлежала Н.В. Логвиненко: «Изменение осадочных пород в стратисфере при повышенных давлении и температуре в присутствии подземных вод и поровых растворов называют катагенезом. Эти изменения еще не сильны, так что породы не теряют своего осадочного облика, и эту стадию можно назвать стадией бытия осадочных пород» (Логвиненко, Орлова, 1987, с. 74).

Кратко, четко и понятно. Однако хотелось бы видеть многоаспектность процессов катагенеза, их своеобразие и конкретизацию границ данной стадии. Для того чтобы учесть их, задержимся на рассмотрении механизмов главных процессов и на их ранжировании.

Процессы катагенеза рассматривались автором (Япаскерт, 1999), где ранжированы согласно масштабности их проявления, для разных системных уровней организации вещества: 1) всей стратисферы; и 2) отдельной формации; 3) комплекса фаций; 4) отдельной породы (литотипа); 5) отдельного породного компонента. На двух последних рубежах мы остановимся, так как на следующей стадии — атомарном уровне процессы изучаются геохимией.

Основные виды внутрiformационно-компонентных процессов сводятся к нижеследующему перечню.

1. *Гравитационное уплотнение* и деформации формы седиментогенных компонентов в сочетании с их *коррозией*.

2. *Аутигенез*, т.е. выделение твердой фазы из растворов, заполнившей внутрiformационные пустоты.

3. *Метасоматоз*, т.е. кристаллизация минерала на месте только что растворенного (более ранней генерации).

4. *Диффузия* веществ, питающая метасоматоз.

5. *Минеральные трансформации*, т.е. обмен катионами минерала и водной среды его нахождения, когда без каких-либо фазовых переходов этот минерал превращается в иной. Пример: трансформации смектита в иллит либо в хлорит под воздействием высоких P_s и T около $100 \pm 25^\circ$ (т.е. на стадии глубинного катагенеза, в 2–3 км или еще ниже поверхности накопления осадка); трансформации слюды $1Md$ в модификации $2Md_1$ там же и проч. Прежде это все причислялось к аутигенезу, но Ж. Милло (1968), который первым внедрил в употребление термин «трансформация» применительно к глинистым минералам, особо подчеркивал, что аутигенез осуществляется не в результате смены

фазового состояния вещества (от раствора — к минералу) — трансформация от начала до конца осуществляется в твердофазном состоянии.

1. *Перекристаллизация* с фазовыми переходами.

2. *Кристаллобластез* в твердофазовой системе, активизируемый повышенной ΔT и Pst .

3. *Дегидратация и дегазация* минеральных компонентов.

4. *Дегидратация и дегазация* компонентов ОВ.

5. *Перестройка молекулярной структуры* ОВ и образование нового вещества (в том числе стадийная углефикация гумусовых компонентов).

Конкретные следы вышеперечисленных процессов, т.е. признаки их диагностики подробно описаны и проиллюстрированы (Япаскерт, 1999, 2013).

Применительно к более высокому — породному уровню системной организации различные комбинации вышеописанных «элементарных» процессов интегрируются в таксоны более крупного ранга, а именно в конкрециеобразование, цементацию и децементацию породы, перекристаллизацию породы (например, мраморизация известняка), стилолитизацию, формирование швов флюидоразрыва в крепко сцементированной породе, кливажирование, рассланцевание, будинирование пласта.

На еще более высоком уровне организации — формационном выявляются следующие процессы: элизионные, инфильтрационные (Холодов, 1983), метабластические (метаморфогенные), возникновения малых структурных форм (кливажных зон, муллион-структур и проч.), дислокационные (обусловленные эндогенным прогревом обводненных толщ и инверсий плотности их пород), газо- и нефтегенерационные, рудогенерационные. Каждый из них рождается конкретным сочетанием предыдущих категорий процессов. Однако конечный результат, как правило, не адекватен их формальному суммированию. Здесь работает *принцип эмерджентности* природной системы, т.е. приобретение ею специфического свойства, которое не присуще никакому ее элементу в отдельности (Бондарев, 2003, с. 144).

Предложенное определение общепринятого понятия «катагенез» формулируется автором так: это последиагенетическая стадия внутрискратисферных осадочно-породных изменений, обусловленных химическими и физико-механическими процессами взаимодействия минеральных компонентов и между собой и с внутрискратисферными газоводными флюидами, обеспечившими механизмы минеральных трансформаций, коррозии, аутигенеза, диффузии и метасоматоза, а также процессами внутрислоевых и межслоевых перераспределений вещества исходного осадка совместно с трансформациями рассеянных в нем органических веществ и ростом степени углефикации гумусовых компонентов в рамках буроугольной и каменноугольной стадий (т.е. при значениях глубинных T от 10–20° до 200±25° и P от 10 до 200 МПа).

Проблема стадийных границ (верхней и нижней) ясна в принципе, но до сих пор в деталях не решена полностью. Обычно считается началом катагенеза превращение торфа в бурый уголь, донного ила — в пластичную глину и исчезновение живого биоса (бактериального в том числе). Впрочем, бактерии при катагенезе привносятся из субаэральной среды инфильтрационными водами, но это не те особи, метаморфизм которых влиял на параметры pH и Eh среды во время диагенеза.

Применительно к песчаным и карбонатным осадкам граница диагенез-катагенез получается неопределенной. Если опираться на литифицированность, то таковая фрагментарно возникает и во время диагенеза (конкреции, слившиеся в пласты песчаника; известковые илы в приливно-отливной зоне, затвердевающие в течение первых лет и т.п.), и наоборот, в зоне катагенеза, особенно на его начальной стадии, многие породы сохраняют свою рыхлую, рассыпчатую консистенцию.

В таких случаях оригинальный рецепт для определения принадлежности геологического тела к образованиям диагенеза либо катагенеза предложил Г.Ф. Крашенинников. Он писал об этом так: «...приходится считать границу между осадком и породой (или этапом диагенеза и катагенеза) условной. На взгляд автора, ей соответствует полный выход осадка из-под влияния обстановки и среды его накопления. Иными словами, если осадок лежит на дне водоема, хотя, может быть, покрылся новыми слоями, но еще сохранил элементы связи с породившей его средой, то это еще осадок. Если же эта связь утрачена, то мы имеем дело с породой... Так, морена четвертичного оледенения — порода, а морена современного горного или покровового оледенения — осадок. Песок, накапливающийся в русле реки или на морском пляже, — осадок, а песок, залегающий на террасе, — порода и т.д., впрочем, возможны и другие решения этого вопроса» (Крашенинников, 1984, с. 57–58).

Нижняя граница катагенеза — его граница с термальным метаморфизмом — еще менее конкретная. Переход осадочной породы к кристаллическим сланцам и гнейсам, у которых порообразующие компоненты количественно и качественно дозированы, представляя собой закономерно меняющиеся вместе с изменениями P – T условий парагенезы химически равновесных минералов, не мгновенен. Граница таких образований с неметаморфизованными не резкая (если только между ними не было длительного перерыва с эрозионно-денудационными процессами). Вследствие этого между образованиями глубинного (позднего) катагенеза и метаморфитами выделяется переходная зона, которая в поздних работах Н.М. Страхова вместе с Н.В. Логвиненко (Страхов, Логвиненко, 1959), а также А.Г. Коссовской и В.Д. Шутова именовалась *метагенезом*. На этой стадии каменный уголь становится антрацитом, карбонатные породы полностью либо частично мраморизируются, аргил-

литы становятся глинистыми сланцами, а песчаники — метапесчаниками. Последние сохраняют явные признаки псаммитовой структуры, но абсолютно все песчаные зерна не сохраняют своей первоначальной формы. Одни из них корродированы, иные регенерированы. Регенерации подвергается не только кварц (как в зоне катагенеза), ей подвержены и полевые шпаты, обломочные эпидоты и гранаты. Кроме того, в краевых участках зерен плагиоклаза фиксируются признаки их начальной альбитизации (которая завершается на ранней подстадии зеленосланцевого метаморфизма). В цементе песчаников возникают новообразования серицитоподобной слюды политапа $2M_1$ и магнезиального хлорита, которые вырастают в края терригенных зерен кварца и смектитов, а также в кливажные швы. Все это метаморфогенные образования, но они не находятся в состоянии необходимой для метапороды равновесности.

Еще один микроструктурный признак стадии метагенеза — кристаллобластез кварца (Симанович, 1978), упоминавшийся выше. Но бластез еще не приобретает качества всеобщности. Поэтому к данной стадии исследователи относятся двойственно. Большинство считает ее крайним, пред-метаморфическим этапом литогенеза. Петролог А.А. Маракушев (1986), а под его влиянием и автор (Япаскерт, 1981) отнесли метагенез к категории самого начального этапа регионального метаморфизма. Вопрос этот дискуссионный и нуждается в дальнейших уточнениях (Япаскерт, 2013).

Катагенез осадочных пород и геодинамические условия формирования осадочных бассейнов (ОБ) и последующих складчато-надвиговых систем (СНС)

Известно, что закономерности седиментогенеза управляются экзогенными факторами, в первую очередь, климатическими (Страхов, 1963). На седиментогенные процессы определенное влияние оказывает также ландшафтный фактор, а он, в свою очередь, обусловлен тектоногенезом. Роль последнего усиливается по мере перехода от седиментогенеза к постседиментационным этапам породообразования и породных изменений. Процессы катагенеза находятся в полной зависимости от процессов тектонических, так как в стратифере климат сказывается только косвенно — через вещественный состав седиментифонда (т.е. через вещественные составы минеральных и органических компонентов осадка).

Проблеме «седиментогенез и тектоника» уделяли внимание множество исследователей. Перечислим только некоторых наиболее известных. Это Л.Б. Ронов и В.Е. Хаин, А.Л. Яншин, Г.Ф. Крашенинников, Ф.Дж. Петтиджон, Р.К. Селли, В.К. Крамбейн и Л.А. Слосс, Е.К. Деппз и очень многие другие. Работ, которые в таком же аспекте посвящены особенностям катагенеза, на порядки меньше — ос-

новные из них: (Каледа, 1985; Коссовская, 1962; Коссовская, Шутов, 1976; Симанович, Тучкова, 2010; Симанович, Япаскерт, 2002; Япаскерт, 2013, 2014). Многие вопросы проблемы «катагенез и тектоника» еще ждут своего решения.

В самых общих чертах было давно очевидно, что глубина, темпы и степень импульсивности тектонического погружения дна осадочного бассейна оказывают прямое влияние на характер катагенетических породных изменений. Вышеупомянутые факторы обеспечивают размеры глубинных T и P_s , а также влияют на режимы миграции подземных вод, что прямо сказывается на особенностях аутигенного минералогенеза и на стадийности изменений ОБ в породе. В СНС дополнительное влияние на минерально-структурные внутривидовые изменения оказывают также импульсы ΔT и P_{st} на этапах активизации тектонических дислокаций в флюидно-породной системе.

Автор делал неоднократные попытки типизации литогенетической зональности в терригенных комплексах при разных тектонических режимах формирования ОБ и СНС. Последнюю из них см. в (Япаскерт, 2014). Однако автор осознал неполноту предложенной схемы, так как в ней должным образом не учитывался флюидный фактор катагенеза. Теперь предстоит разработать теоретические модели постседиментационных процессов с учетом и этого фактора в бассейнах, формировавшихся при разных геодинамических режимах в литосфере. Некоторые примеры приводятся ниже как три конкретных модели (не исчерпывающих всего разнообразия катагенетических процессов, но иллюстрирующих пути к их дальнейшей расшифровке).

Модель I — терригенные формации аллювиально-дельтаво-морского генезиса в обстановках непрерывного нахождения морского бассейна на данной территории на протяжении от нескольких десятков до первых двух сотен миллионов лет, при интенсивных темпах погружения дна бассейна. Тогда процессы диагенеза, раннего и среднего катагенеза обеспечиваются погребенными иловыми растворами, к которым на уровне позднего (глубинного) катагенеза добавлялись выжатые из глинистых толщ конституционные водные флюиды (рожденные в результате трансформаций кристаллических структур глинистых минералов — см. выше). Обе категории флюидов усиливают донорские качества седиментифонда в результате корродирования минералов аллотингенной природы. Они в основном являлись поставщиками веществ для генерации аутигенных минералов (способ аутигенеза A_1). Итог — отчетливо выраженная в геологическом разрезе зональность минеральных новообразований, подобная описанной в работах (Коссовская, 1962 и Япаскерт, 1992). Типичные образования: верхоянский терригенный комплекс мезозойд Северо-Востока Азии и терригенно-угленосная формация нижнемелового возраста в Приверхоанском переломе прогибе.

Модель II — чередующиеся формации различного вещественного состава (терригенные морские и озерно-лагунные, кремнистые, карбонатные и кое-где эвапоритовые) в обстановках переменной интенсивности тектонических погружений, изменчивости глубин и морфологии водных бассейнов. Здесь на характере постседиментационных изменений сказались не только процессы категории A_1 , но и усложнившиеся их новообразования A_2 (привнесенные флюидами вещества из одной формации в другую). Особенно наглядно это выражено в комплексах пород, подстилающих эвапоритовую формацию. Просачивание из нее вглубь тяжелых рассолов обеспечивает сплошную доломитизацию и частичную сульфатизацию известняков, как это было показано А.А. Махначем (1989) на примере нижнего палеозоя Белорусской антеклизы Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Другие образования рассматриваемой здесь модели можно наблюдать в палеозое Днепровско-Донецкой впадины ВЕП и в палеозое Воронежской антеклизы. Там литогенетическая зональность сменяется мозаичным характером постседиментационной литификации.

Модель III — там, где большие мощности приобрели субаэральные отложения, во многом прошедшие через стадию гипергенных изменений, которые залегают над формациями морского генезиса либо с ними перемежаются при наличии длительных перерывов в седиментации. Пример — кайнозойско-мезозойские отложения Московской синеклизы, Белорусской и Воронежской антеклиз ВЕП

и др. В них большое влияние на катагенез оказывали подземные воды фреатической природы, питаемые от атмосферных осадков. Проникая в пласты морских отложений (литифицированных до этого под влиянием собственных иловых вод), они существенно меняют геохимию среды. На геохимических барьерах возникает интенсивная вторичная карбонатизация либо окремнение породы, а при благоприятных случаях формируются урано-ванадиевые роллы, как это показали А.И. Перельман (1968) и В.Н. Холодов (2006). Могут возникать также медные руды (Габлина, 1983) и другие полезные ископаемые. То есть здесь всюду доминируют процессы категории A_2 .

Вышеописанные модели, естественно, не претендуют на полный охват своеобразия катагенетических процессов. Они только иллюстрируют подход к дальнейшей типизации этих процессов с учетом геодинамики формирования и эволюции ОБ.

Большой проблемой в этом аспекте служит познание последиагенетических процессов в океанском секторе стратисферы. Им посвящалась работа (Коссовская, Шутов, 1976), однако с тех пор остается еще много нерешенных вопросов (Япаскурт, 2013).

Представляется, что целенаправленное раскрытие взаимозависимости литогенеза и геодинамики в различных сегментах стратисферы — очень перспективное научное направление, которое при условии его развития и наращивания, наверное, выльется в обособленную научную дисциплину — *динамическую литологию*. Впрочем, то, как это случится и случится ли вообще, покажет будущее.

ЛИТЕРАТУРА

- Бондарев В.П. Концепции современного естествознания: Учеб. пособие для студентов вузов. М.: Альфа-М, 2003. 464 с.
- Вассоевич Н.Б. О терминологии, применяемой для обозначения стадий и этапов литогенеза // Геология и геохимия. Т. 1, № 7. Л.: Гостоптехиздат. 1957. С. 156–176.
- Вассоевич Н.Б. Происхождение нефти // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1975. № 5. С. 5–23.
- Габлина И.Ф. Условия меденакпления в красноцветных континентальных формациях. М.: Наука, 1983. 112 с.
- Желинский В.М. О катагенезе терригенных пород и метаморфизме углей Южной Якутии // Литол. и полез. ископ. 1980. № 2. С. 99–114.
- Каледа Г.А. Изменчивость отложений на тектонических структурах. М.: Наука, 1985. 192 с.
- Коссовская А.Г. Минералогия терригенного мезозойского комплекса Вилуйской впадины и Западного Верхоянья. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 204 с.
- Коссовская А.Г., Шутов В.Д. Зоны эпигенеза в терригенных комплексах мезозойских и верхнепалеозойских отложений Западного Верхоянья // Докл. АН СССР. 1955. Т. 103, № 6. С. 1085–1088.
- Коссовская А.Г., Шутов В.Д. Типы регионального эпигенеза и начального метаморфизма и их связь с тектоническими обстановками на континентах и в океанах // Геотектоника. 1976. № 2. С. 15–20.
- Крашенинников Г.Ф. Выделение и типизация обстановок осадконакопления и породообразования // Об- становки осадконакопления и их эволюция. М.: Наука, 1984. С. 51–60.
- Логвиненко Н.В. Постдиагенетические изменения осадочных пород. Л.: Наука, 1968. 91 с.
- Логвиненко Н.В., Орлова Л.В. Образование и изменения осадочных пород на континенте и в океане. Л.: Недра, 1987. 237 с.
- Маракушев А.А. Соотношения литогенеза и метаморфизма // Глинистые минералы в литогенезе. Мат-лы совещ. МОИП. М.: Наука, 1986. С. 103–112.
- Махнач А.А. Катагенез и подземные воды. Минск: Наука и техника, 1989. 335 с.
- Милло Ж. Геология глин (выветривание, седиментология, геохимия) / Пер. с франц. Л.: Недра, 1968. 359 с.
- Перельман А.И. Геохимия эпигенетических процессов (зона гипергенеза). Изд. 3-е. М.: Недра, 1968. 331 с.
- Перельман А.И. Геохимия. Учеб. пос. для геолог. спец. ун-тов. М.: Высш. школа, 1979. 423 с.
- Пустовалов Л.В. Петрография осадочных пород. М.; Л.: Гос. науч.-техн. изд-во нефтяной и горно-топлив. лит.-ры. 1940. Ч. I. 476 с. Ч. II. 420 с.
- Симанович И.М. Кварц песчаных пород // Тр. Геол. ин-та АН СССР. Вып. 314. М.: Наука, 1978. 152 с.
- Симанович И.М., Тучкова М.И. Последиагенетические преобразования терригенных пород в складчатых и платформенных областях: сравнительный анализ // Литосфера. 2010. № 4. С. 3–19.

- Симанович И.М., Янаскурт О.В.* Геотектонические типы постседиментационных осадочных процессов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 2002. № 6. С. 3–17.
- Соколов Б.А., Янаскурт О.В.* Катагенез пород и нефтегазоносность западной окраины Верхоянского миогеосинклинального осадочного бассейна // Осадочные бассейны и их нефтегазоносность / Под ред. Н.Б. Васюковича, П.П. Тимофеева. М.: Наука, 1983. С. 226–237.
- Страхов Н.М.* Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М.: Гостоптехиздат, 1963. 535 с.
- Страхов Н.М., Логвиненко Н.В.* О стадиях осадочного породообразования и их наименовании // Докл. АН СССР. 1959. Т. 125, № 2. С. 389–392.
- Ферсман А.Е.* Геохимия. Т. 2. Л.: ОНТИ-ХИМТЕОРЕТ, 1934. 354 с.
- Холодов В.Н.* Постседиментационные преобразования в элизионных осадочных бассейнах (на примере Восточного Предкавказья). М.: Наука, 1983. 152 с.
- Холодов В.Н.* Геохимия осадочного процесса. М.: Наука, 2006. 608 с.
- Янаскурт О.В.* О взаимоотношениях катагенеза и начального метаморфизма // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 1981. № 5. С. 33–38.
- Янаскурт О.В.* Литогенез и полезные ископаемые миогеосинклиналей. М.: Недра, 1992. 224 с.
- Янаскурт О.В.* Предметаморфические изменения пород в стратисфере: процессы и факторы. М.: ГЕОС, 1999. 260 с.
- Янаскурт О.В.* Литология: разделы теории. Учеб. пособие: В 2 ч. М.: МАКСПресс, 2013. Ч. I. 216 с.; Ч. II. 188 с.
- Янаскурт О.В.* Новое о типизации постседиментационных преобразований терригенных отложений континентов и их окраин // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геол. 2014. № 4. С. 42–49.

MORE ON KATAGENESIS OF SEDIMENTARY ROCKS

O.V. Yapaskurt

Subject of term «katagenesis» is analyzed and its complex contents is stressed. The katagenesis in new formulation is postdiagenetic stage of intrastratigraphic sedimentary rocks alterations caused by chemical and physical-mechanical processes of mineral components interactions between themselves and with intrastratigraphic gas and water fluids supporting mechanisms of mineral transformations, corrosion, authigenesis, diffusion and metasomatism as well as intralayer and interlayer redistribution of original sediment matter together with transformation of dispersed organic matter and increase of coalification rank of humus components at brown coal and coal stages.

Key words: sedimentary rocks, katagenesis, diagenesis, stages, classification, processes.

Сведения об авторе: *Янаскурт Олег Васильевич* — докт. геол.-минерал. наук, проф., зав. каф. литологии и морской геологии геологического ф-та МГУ имени М.В. Ломоносова, *e-mail:* yapaskurt@mail.ru