

УДК 552.14/51:551.76(571.1)

РОЛЬ ПОСТСЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ФОРМИРОВАНИИ И ИЗМЕНЕНИИ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ МЕЗОЗОЙСКИХ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД ЗАПАДНОЙ СИБИРИ (ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ)

Л.Г. Вакуленко

Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН

E-mail: vakylenkolg@ipgg.sbras.ru

Сделан исторический обзор публикаций, направленных на изучение постседиментационных изменений мезозойских терригенных пород Западной Сибири и их влияния на коллекторские свойства. Выделено четыре этапа развития этого направления. Кратко рассмотрены основные результаты и выводы, полученные разными авторами по закономерностям процессов уплотнения, аутигенного минералообразования, перераспределения вещества, структурно-минералогических преобразований, стадияльному и наложенному эпигенезу.

Ключевые слова: постседиментационные изменения, коллекторские свойства, терригенные резервуары, мезозой, Западная Сибирь

Фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) алеврито-песчаных пород формируются и изменяются на всех стадиях литогенеза, поэтому выявление определяющей роли седиментационных или постседиментационных факторов, а также направленности их влияния является важнейшей задачей литологических исследований. История таких исследований в Западной Сибири тесно связана с этапами освоения Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Первый этап – конец 40-х - 60-е годы XX в. Начало изучения литологии мезозойских отложений приурочено к концу 1940-х годов, когда в Западной Сибири начали разворачиваться полномасштабные геологоразведочные работы на нефть и газ, и на юге были заложены первые опорные глубокие скважины. В составах специализированных геологических и геофизических предприятий, созданных в г.г. Новосибирске и Тюмени, были и коллективы специалистов-литологов, яркими представителями которых являлись В.П. Казаринов, Т.И. Гурова, Ф.Г. Гурари, Г.Н. Перозио в СНИИГГиМСе; Ф.С. Бузулуцков, З.Я. Сердюк в Западно-Сибирском геологическом управлении. Наряду с производственными организациями к поисково-разведочным работам, проводимым на территории Западной Сибири, привлекаются научные коллективы из центральных институтов (ВСЕГЕИ, НИИГА, ВНИГРИ, ИГИРГИ), Академии наук СССР и ее филиалов (Западно-Сибирского и Уральского).

Представления о литологии и обстановках формирования мезозойских отложений Западно-Сибирской низменности были опубликованы в многочисленных журнальных статьях, сборниках и ряде монографий. Однако, проблема постседиментационных изменений пород обсуждается лишь в публикациях узкого круга исследователей: наиболее детально и разносторонне она рассмотрена в работах Г.Н. Перозио с соавторами [1-5 и др.], выполнивших комплексные исследования юрских и меловых отложений центральной и юго-восточной частей Западной Сибири в интервале глубин 1500-3000 м.

Остановимся на результатах немного подробнее, т.к. они во многом предопределили дальнейшее развитие этого направления. Часть их вошла в первый, посвященный указанной проблеме, сборник 1967 года «Постседиментационные преобразования осадочных пород Сибири», а все основные – в знаменитую монографию Галины Николаевны [6]. Было замечено, что постседиментационные преобразования идут быстрее в алевроито-песчаных породах, чем в глинистых. Для них выделено 4 зоны эпигенетических изменений со своим набором аутигенных минералов и вариациями значений физических/петрофизических параметров, отнесенные к стадиям начального и глубинного эпигенеза. Установлена общая потеря пористости в связи с развитием процессов эпигенеза и указано на то, что выявленная зональность может иметь практическое значение при поисках пород-коллекторов нефти и газа. Большое внимание Г.Н. Перозио уделила аутигенному минералообразованию. Ею описано более 15 аутигенных минералов – их типоморфные особенности, приуроченность к определенной стадии, последовательность формирования. Во многих статьях приводятся стадийные генетические ряды. Большинство этих минералов формирует разнообразные типы цемента алевроито-песчаных пород, детально охарактеризованные в рассматриваемых публикациях, а как было подмечено классиками (А.Г. Коссовской, В.Д. Шутовым, Н.В. Логвиненко), преобразование пород начинается с изменения цемента.

Наиболее распространенными минералами цемента изученных пород являются полистадийные карбонаты, а среди них кальцит разных генераций. Г.Н. Перозио считает, что формирование многих аутигенных минералов, в том числе, и карбонатов, связано с растворами, циркулирующими по проницаемым породам и системам трещин. Для обломочной части ею описаны разнообразные изменения породообразующих компонентов. Еще один вопрос, который рассмотрен в работах Г.Н. Перозио, это изменения характера межзерновых контактов в обломочной части терригенных пород и факторы, их обуславливающие. Если на ранних этапах эпигенеза изменения в поровом пространстве происходят в основном за счет выполнения его цементом, то в глубинном эпигенезе – за счет уплотнения обломочного каркаса. Усовершенствовав методику Дж. Тейлор, Г.Н. Перозио использовала наблюдения над межзерновыми контактами для количественной оценки интенсивности эпигенеза изучаемых отложений по структурным параметрам, постоянно подчеркивая, что она зависит от состава пород (снижаясь при обилии первичного глинистого цемента и насыщении УВ на ранних стадиях литогенеза), мощности слоя (снижаясь в средних частях мощных выдержанных пластов). Эта избирательность эпигенеза позволяет искать коллекторы и в зонах глубинного эпигенеза, поэтому Галина Николаевна цитирует В. Энгельгардта [7], считающего, что нельзя указывать глубину, ниже которой исключено существование пористого песчаника.

Отметим результаты исследования Г.Э. Прозоровича, рассмотревшего постседиментационные изменения мезозойских нефтегазоносных отложений Широкого Приобья [8, 9]. В его публикациях акцент сделан на аутигенное минералообразование в водоносных и нефтеносных пластах, в последних оно приостановлено приходом нефти. Таким образом, по содержанию некоторых аутигенных минералов, а также пелитизиро-

ванных полевых шпатов можно оценить время формирования месторождений нефти. В нижнемеловых отложениях Широкого Приобья на глубине 2400-2500 м установлена граница резкого уменьшения проницаемости песчаников, которая увязана с ростом процента выпукло-вогнутых межзерновых контактов.

Завершился рассматриваемый этап появлением монографии О.А. Черникова «Преобразование песчано-алевритовых пород и их пористость» [10], основанной на результатах большого объема петрографических исследований тюменской свиты Среднего Приобья. Автор считает, что все постседиментационные изменения происходят в результате действия механических (уплотнение) и химических (аутигенное минералообразование и коррозия) процессов. Описаны аутигенные минералы, намечена этапность их формирования и влияние на пористость пород. Определена последовательность проявления изменений, которые соотнесены со стадиями диагенеза и катагенеза. Значения открытой пористости находятся в обратной зависимости от степени их преобразования. Для оценки стадии преобразования предлагается использовать коэффициент метаморфичности. В отличие от механических процессов, для которых форма и состав обломков песчаников устанавливают предел уменьшения пористости, химические процессы могут привести к полному ее уничтожению. В то же время О.А. Черников обращает внимание на то, что иногда глубокое преобразование оказывает положительное влияние на пористость пород. Так в результате раскристаллизации хлорита в тюменских песчаниках происходит увеличение свободного порового пространства, но подобные случаи редки и не представляют практического интереса. Последнее положение автора будет неоднократно оспорено в публикациях других авторов.

Второй этап литологических исследований (70-80-е годы) связан с активным непрерывным бурением на территории Западно-Сибирской плиты (ЗСП), объемы которого в этот период были максимальными. Для поиска неантиклинальных ловушек стали широко привлекаться и результаты литолого-фациальных исследований, которые давали возможность более обоснованно прогнозировать закономерности распространения алеврито-песчаных тел. Эти результаты были опубликованы в многочисленных статьях, целом ряде сборников и монографий.

Монография исследователей ЗапСибНИГНИ [11], рассматривающая вопросы литологии нефтегазоносных меловых отложений ЗСП (глубины 400-3020 м), содержит разделы и по эпигенезу пород. Большое внимание уделено описанию различий эпигенетического уплотнения и аутигенного минералообразования в водоносных, нефтеносных и газоносных гранулярных коллекторах. Рассмотрено влияние этих процессов на ФЕС песчано-алевритовых пород. Авторы считают, что эпигенетические изменения прежде всего и сильнее всего сказываются на проницаемости. Ими, одними из первых для объектов ЗСП, проведена статистическая обработка материала для установления количественных зависимостей между 3 группами параметров пород-коллекторов: фильтрационные свойства (проницаемость), эпигенетические преобразования (количество выпукло-вогнутых межзерновых контактов и количество регенерированных зерен кварца и полевых шпатов) и седиментационные особенности (медианный размер об-

ломков). Для изученных песчаников до глубины < 2200 м коллекторские свойства предопределяются седиментационными особенностями. С глубин 2300-2400 м фильтрационная характеристика песчаников с малым содержанием глинистого цемента начинает зависеть, главным образом, от степени их уплотнения.

Новым направлением, активно развиваемым на этом этапе Р.С. Сахибгареевым (ВНИГРИ), стало изучение вторичных изменений коллекторов в процессе формирования и разрушения залежей, результаты которого опубликованы с соавторами в серии статей и монографии [12-14 и др.]. В качестве объекта исследования были, в том числе, нефтегазоносные полимиктовые песчаники неокома Среднего Приобья. Установлено явление разуплотнения терригенных нефтewмещающих коллекторов в процессе многоэтапного формирования нефтяных залежей. Оно вызвано растворением минералов продуктами окисления нефтей в переходных частях прогрессивных древних ВНК. Сопровождающий процесс – пелитизация полевых шпатов. В зоне растворения пористость пород увеличивается до 1,5-2 раз, а проницаемость – на порядок. Развитие аутигенного кварца на ВНК в терригенных коллекторах ЗСП обсуждается также в работах И.Н. Ушатинского и О.Г. Зарипова [15], примеры кальцитовой цементации - у Ю.В. Щепеткина [16, 17 и др.].

В 1976 г сотрудниками ВНИГРИ под руководством Б.А. Лебедева опубликована монография «Влияние эпигенетических процессов на параметры коллекторов и покрышек в мезозойских отложениях Западно-Сибирской низменности» [18], в дальнейшем дополненная им результатами органической и неорганической геохимии, гидрогеологии, нефтяной и рудной геологии [19]. Пожалуй, впервые эпигенетические изменения осадочных пород четко подразделены на стадийные, вызванные постепенным возрастанием глубин залегания, пластовых давлений и температур, и наложенные, обусловленные воздействием флюидов, поступающих в породы из внешних источников. Самым важным стадийным минералогическим процессом, определяющим ухудшение коллекторских свойств, является замещение обломков глинистыми минералами и переход их в состав цемента. Второй стадийный процесс, систематически сокращающий поровое пространство, - структурные преобразования, ведущие к замене первичных межзерновых контактов вторичными (внедрения). Не установлено ни одного стадийного процесса, который приводил бы к улучшению коллекторских свойств. Ряд различных минералого-геохимических процессов рассматривается авторами как проявления наложенного эпигенеза, приводящего к возникновению афациальной горизонтальной минералогической зональности. При этом часть из них (каолинизация, хлоритизация слюд и изменение состава хлоритов) сопровождается растворением и выносом исходных компонентов, а также образованием вторичной пористости. Другая же часть (карбонатизация, регенерация кварца, образование цеолитов) – привнесением вещества и заполнением пор хемогенными цементами. Отмечается, что различить некоторые процессы, проявляющиеся как в стадийном, так и в наложенном эпигенезе, часто невозможно, т.к. их основные аутигенные минералы практически одинаковы (глинистые минералы, карбонаты и различные полиморфные модификации кремнезема). Этот вывод

несколько снижает индикаторные возможности некоторых минералов, как показателей определенных стадий. Картирование авторами значений проницаемости песчаников разных продуктивных пластов в наиболее изученных районах ЗСП показало наличие линейных зон повышенной проницаемости и определенных минералогических изменений, возникновение которых обусловлено наложенным эпигенезом и, вероятно, связано с размещением разломов.

Примером процессов наложенного эпигенеза могут служить описанные А.А. Розиным и З.Я Сердюк [20] в нижнемеловых отложениях Межовского района (юг ЗСП) преобразования минералогического состава пород, происходящие под влиянием миграции вдоль разломов глубинного углекислого газа, залежи которого обнаружены в юрских отложениях. Минералогические аномалии характеризуются резким изменением состава руководящих акцессорных и породообразующих минералов. Наблюдается интенсивная кальцитизация и каолинитизация пород, образование вторичных титанистых минералов (лейкоксен, анатаз), повышенного содержания пирита. В рассматриваемом районе установлены повышенные значения температуры (до 90-100°), играющей важную роль в преобразовании пород. Детальное исследование вторичных карбонатов, развитых в трещинах преимущественно алеврито-глинистых пород и порых алеврито-песчаных пород палеозоя, юры и неокома, показало большое их разнообразие, уменьшающееся вверх по разрезу: кальцит трех групп, доломит, анкерит двух групп, сидерит двух групп [21]. Карбонаты, присутствующие в порых терригенных пород, формируют базальный и поровый цементы, проявленные локально в пределах месторождений.

Многочисленные публикации рассматриваемой направленности вышли в этот период у исследователей из Тюмени (ЗапСибНИГНИ). В обобщающей монографии [15] И.Н. Ушатинский и О.Г. Зарипов рассмотрели минералого-геохимические показатели, присущие продуктивным и непродуктивным отложениям мезозоя ЗСП, вскрытым в интервале глубин 700-3200 м. В том числе, ими был обсужден вопрос влияния катагенеза на коллекторские свойства пород. Признается, что воздействие процессов уплотнения и минерального аутигенеза пород неравномерно и часто противоположно по знаку. Стремлению основных катагенетических факторов (давление, температура, время) ликвидировать поровое пространство противостоят тормозящие аутигенез силы (влияние УВ, разуплотнение пород углекислотой и УВ, растворение, превращения минералов и др.), действие которых приводит в определенных условиях к улучшению коллекторских свойств. Детально изучены и установлен стадийный ряд аутигенных минералов песчано-алевритовых пород. Время возникновения большинства новообразований раннеэпигенетической генерации совпадает с началом формирования залежей, а более поздних – со стабилизацией контактов нефть (газ) – вода и преобразованием УВ в залежах. Уплотнение отложений приводит к сближению, деформации зерен, внедрению их друг в друга, а отсюда и к сокращению порового пространства. В изученных районах лишь с глубин 2,7-2,9 км начинают преобладать (более 60%) выпукло-вогнутые межзерновые контакты. До этих глубин в песчаниках превалируют изометричные поры с размером лишь в 1,5-2 раза меньше среднего диаметра зерен. Глубже происходит суже-

ние пор, они приобретают извилистые очертания. На глубинах свыше 3 км размер пор обычно в 2-4 раза меньше диаметра обломочных зерен. Основной закономерностью высокопроницаемых коллекторов ЗСП является доминирование в их цементе катагенетического порового каолинита, частично хлорита. Особо отрицательную роль играет монтмориллонит. Улучшение ФЕС связано с превращением последнего в гидрослюду или хлорит. В целом степень совершенства структуры и морфологии аутигенных минералов в нефтеносных породах ниже, чем в водоносных. Максимальное количество аутигенных минералов приурочено к зонам ВНК, ГНК залежей (минералогические ореолы).

Другие известные исследователи из ЗапСибНИГНИ А.И. Сидоренков и В.Н. Высоцкий в 70-80-е годы опубликовали целый ряд статей, касающихся конкреционного анализа нефтегазоносных отложений ЗСП. В числе различных нефтегеологических задач, которые решаются ими с применением этого анализа, есть и изучение влияния процессов карбонатного конкрециеобразования на коллекторские свойства пород. В общем виде упомянутые процессы выражаются в локальной литификации осадков/пород, существенно снижая их коллекторские свойства. Последние зависят от степени заполнения цементом порового пространства. Так, при содержании карбонатной составляющей более 25% породы часто становятся практически непроницаемыми. Выявленные тесные корреляционные зависимости между коэффициентами конкрециенности и коллекторскими свойствами вмещающих пород дают возможность приближенно оценивать их пористость и проницаемость и создавать более точную модель строения резервуара [22].

В отдельный этап выделены 90-е годы, характеризовавшиеся сильным сокращением объемов бурения и фактическим сворачиванием геологоразведочных работ в некоторых районах ЗСП. Небольшое количество публикаций, содержащих результаты изучения постседиментационных изменений, вышло по юго-востоку ЗСП, где активно начали работать томские литологи, изучавшие преимущественно юрские отложения, в первую очередь, келловей-оксфордский продуктивный горизонт Ю₁, являющийся основным объектом поисково-разведочных работ в Томской области. (Жуковская и др., 1999; Краснощекова, 1998; Недоливко, Симанова, 1991; Цибулькикова, 1998). Максимальное развитие эти работы получили уже в 2000-е годы.

Яркой особенностью этого этапа было появление работ с результатами изучения юрских коллекторов глубоководных горизонтов севера ЗСП. В монографии исследователей ИГиРГИ М.С. Зонн и А.Д. Дзюбло [23] рассмотрены отложения в интервале глубин ниже 3500, до 5000 м. Авторами подтверждено наличие низкопроницаемых коллекторов сложного строения ниже 4000 м. Для Уренгойского района зоны разуплотнения, связываемые с появлением в цементе аутигенной удлиненно-пластинчатой гидрослюды, отмечены на глубинах 3700-4000 и 4250-4800 м. Пробуренная Тюменская сверхглубокая скважина ТСГ-6 дала возможность проследить изменения терригенных отложений до глубины 6509 м. Коллективы нескольких научных институтов и научно-производственных предприятий, занимавшихся комплексным анализом керна, издали ряд статей и сборник с результатами петрофизических, минералого-

петрографических и геохимических исследований: ГИНа и МГУ во главе с О.В. Япаскуртом, ИГиГ СО РАН во главе с Ю.П. Казанским, Л.В. Сиротенко (КамНИИКИГС, г. Пермь) и др. Стадиальный анализ терригенных пород нижней-средней юры и триаса наиболее детально разработан О.В. Япаскуртом [24, 25 и др.]. Установлено, что они претерпели многоэтапные постседиментационные преобразования, свойственные региональному позднему катагенезу, раннему метагенезу, а также наложенному локально-регрессивному эпигенезу. Выделено 7 этапов аутигенного минерагенеза и изменения пористости песчаников раннего мезозоя. Показано, что глубже 4,9-5,0 км изменения физико-механических свойств терригенных пород утрачивают характер прогрессирующего уплотнения вниз по разрезу. В частности, возле интервалов 5,4-5,7 и 6,2 км зафиксированы значения аномально повышенной пористости песчаников – более 10-12%. Некоторые процессы литогенеза как бы «затормаживали» уплотнение благодаря возникновению вторичной пористости различных типов: растворения, расслоения, трещинной и межкристаллической.

В качестве интереснейшего и важнейшего объекта, активно обсуждавшегося на этом этапе, были нижнеюрские отложения запада Среднеширотного Приобья, где в шеркалинской свите были открыты крупнейшие залежи УВ – знаменитое Талинское месторождение. По поводу происхождения шеркалинских коллекторов фигурировали 2 точки зрения [26, 27 и др.]. Тюменские специалисты В.И. Белкин и А.К. Бачурин (1990), Р.А. Абдуллин (1991), М.Ю. Зубков с соавторами (1991), А.Е. Лукин и О.М. Гарипов (1994) считали, что резкое улучшение ФЕС пород продуктивных пластов ЮК₁₀ и ЮК₁₁ связано с их гидротермальной проработкой. При этом происходит разрушение неустойчивых минералов и складывается диккит-каолинит-кварцевая ассоциация. В результате возникает вторичная пористость и формируется порово-кавернозный коллектор, который может быть отнесен к новому классу вторичных коллекторов гидротермального происхождения. Новосибирские исследователи под руководством Ю.П. Казанского и А.Э. Конторовича (1993, 1995), детально описав разнообразные постседиментационные изменения, выделяют те из них, которые улучшают ФЕС. В первую очередь, это процессы растворения, которые могут захватывать все компоненты породы, при этом имеется ввиду и циркуляция пластовых, видимо, разогретых вод. Однако, более низкая структурная упорядоченность шеркалинского диккита по сравнению с описанными гидротермальными не позволяет считать его индикатором гидротермального воздействия.

2000-е годы характеризуются определенным своеобразием, присущим началу общего подъема геологической науки. Более широкое применение аналитических методов, основанных на современной приборной базе, разнообразных компьютерных технологий позволило выполнять более детальные и тонкие исследования кернового материала, использовать при интерпретации материалы геофизических исследований скважин, массовые анализы петрофизических свойств пород-коллекторов и т.д. В этот этап активно развивается флюидодинамическое направление. Исследователи Саратовского университета под руководством А.Д. Коробова издали целый цикл работ, посвященный

роли гидротермальных процессов в эпигенетических изменениях мезозойских пород-коллекторов ЗСП [28-30 и др.]. Так нижнеюрские коллекторы Талинского месторождения рассматриваются ими как геодинамическая аномалия – породы, подвергшиеся глубоким гидротермальным преобразованиям, сформировавшим диккит-каолинит-кварцевые метасоматиты, со сложнопостроенным пустотным пространством и широким развитием крупных пор и каверн. Явления разуплотнения обусловлены растворением неустойчивых терригенных минералов и их частичным замещением, в одних случаях, каолинитом и диккитом, а в других – карбонатами. Коллекторы шеркалинской свиты вторичные, сформированы в раннюю (прогрессивную) стадию тектоногидротермальной активизации под действием агрессивных горячих (260-280°) растворов, которые, наряду с CO₂, были обогащены H₂SO₄. Условия высокой тектонической напряженности, резкого пульсирующего режима стресса, высокой агрессивности растворов контролировали стремительную смену кислотности-щелочности, состава и температуры растворов, что приводило к быстрой кристаллизации и возникновению высокодисперсных кварца, адуляра, каолинита, диккита, а также аморфного опала. Таким образом, коллекторы обязаны своим происхождением сернокислотному выщелачиванию и отнесены к формации вторичных кварцитов или формации сернокислотного выщелачивания. Авторы подчеркивают, что в шеркалинских терригенных породах происходит полная замена терригенной ассоциации минералов на гидротермальную. В позднюю (регрессивную) тектоногидротермальную стадию происходило заполнение их нефтью. При ослабевании всех вышеуказанных условий осуществлялось медленная кристаллизация из разбавленных растворов диккита, триклинного каолинита и кварца, отличающихся идиоморфизмом, очень большими размерами кристаллов и структурным совершенством решеток. Подобный подход реализован для нижнемеловых отложений Большехетской синеклизы. В некоторых случаях гидротермальная природа наложенных (эпигенетических) процессов определяется авторами по чужим опубликованным материалам – юра, мел юго-востока ЗСП. В целом, как написано в одной из аннотаций к статье названных авторов, «разработана логичная и последовательная теория...», «разработана универсальная минералого-катагенетическая шкала...». Однако, не понятен масштаб процессов – насколько глобальными могут быть выводы по единичным участкам, с которыми работали авторы? Второй настораживающий момент – говоря о зональности аутигенного минералообразования, авторы сравнивают в одном ряду минералы заведомо разных стадий и разного генезиса, например, диагенетический сидерит, связанный с условиями седиментации и катагенетический (эпигенетический) кальцит, часто афациальный.

В 2000-е годы активно публикуются томские исследователи (ТПУ, ТГУ, ТО СНИИГиМСа). Хорошая разбуренность территории Томской области, условия, созданные здесь для хранения и работы с керном, позволили получить качественные результаты комплексного изучения пород-коллекторов различных месторождений, преимущественно горизонта Ю₁. Здесь в первую очередь отмечу работы Н.М. Недоливко с соавторами [31-33 и др.]. В них четко разделены диагенетические, катагенетические (стадии-

альные) и наложенные эпигенетические процессы. Установлено, что закономерности распространения коллекторов различного качества по латерали и вертикали определялись, в первую очередь, условиями седиментогенеза. Диагенетические и катагенетические процессы, приводящие к сокращению порового пространства и ухудшению сообщаемости пор, носят унаследованный характер и существенно не меняли указанных закономерностей. Однако, широкий спектр наложенно-эпигенетических изменений, обусловленный влиянием дизъюнктивной тектоники и УВ залежей, привел к растворению компонентов и улучшению качества коллекторов в одних участках (вблизи разломов, внутри контура УВ залежи, в приконтурной зоне ВНК), их переотложению и цементации – в других. Установлены минеральные индикаторы различных стадий постседиментационного преобразования, более детально рассмотрены морфология, состав, распространение и масштабы образования постседиментационных карбонатов (как стадийных, так и наложенных).

Для хорошо изученного на территории Томской области келловей-оксфордского нефтегазоносного горизонта Ю₁ Е.А. Жуковской с соавторами охарактеризованы особенности постседиментационных изменений пород-коллекторов, установлена зональность стадийного аутигенного минералообразования, количественно оценены масштабы диагенетического и катагенетического минералообразования. Установлены наложенные постседиментационные процессы, обусловленные тектоническим фактором и влиянием залежей УВ [34, 35 и др.]. Обсуждено влияние вторичных процессов на коллекторские свойства продуктивных пластов, в частности, для Крапивинского месторождения определена решающая роль в возникновении повышенных ФЕС процессов порового выщелачивания [36].

Интересные работы по геохимии наложенно-эпигенетических процессов выполнены в ТПУ и ТО СНИИГГиМСе под руководством Н.Ф. и Ю.М. Столбовых [37, 38 и др.]. В них рассмотрены геохимические и минералогические преобразования в системе «порода-вода» с позиций углекислотного метасоматоза. На основе изучения проявления процессов наложенного эпигенеза в юрских коллекторах месторождений Томской области и ачимовских коллекторах Уренгойского месторождения авторами установлена связь зон разуплотнения пород-коллекторов с отрицательными литогеохимическими аномалиями, выделенными по величине U/Al_2O_3 , которая может служить геохимическим критерием прогноза зон распределения улучшенных коллекторов.

Завершает представленный краткий обзор обращение к работам Е.А. Предтеченской, продолжившей дело своего Учителя – Г.Н. Перозио. В 2000-е годы ею был издан ряд публикаций [39-42] и подготовлен обобщающий труд, защищенный в качестве докторской диссертации, включивший результаты многолетних исследований катагенетических преобразований нижне-среднеюрских нефтегазоносных отложений ЗСП. На основе комплекса литолого-минералогических и геохимических критериев, а также количественных характеристик структурно-минералогических изменений пород созданы схемы катагенетической зональности нижне-среднеюрских разрезов для всех структурно-фациальных зон ЗСП. Выявлены и закартированы катагенетические аномалии, свя-

занные с зонами глубинных разломов и повышенной тектонической активности, в ряде случаев совпадающие с аномалиями катагенетической превращенности ОВ, температурными и гидро-геохимическими. Индикаторами катагенетических аномалий, наряду с повышенными концентрациями аутигенных минералов, появлением минералов, не типичных для данных глубин, служит несовпадение границ между зонами катагенеза, установленными по структурно-минералогическим индикаторам и по степени катагенеза ОВ. Указаны глубины распространения первичных гранулярных коллекторов, различные для разных зон, характеризующиеся скачкообразным снижением открытой пористости. Ниже появляются трещинно-поровые, вторичные поровые (иногда кавернозно-поровые) и трещинные коллекторы. Охарактеризованы процессы, приводящие к появлению зон разуплотнения на современных и древних ВНК, на больших глубинах под воздействием низкоминерализованных возрожденных или элизионных вод и в участках дизъюнктивных нарушений при подтоке гидротермальных растворов, обогащенных CO_2 . Автор подчеркивает, что при прогнозе зон улучшенных коллекторов, наряду с изменениями регионального характера, необходимо учитывать и поисковые критерии зон разуплотнения.

Работа продолжается. Дальнейшие перспективы развития этого направления связаны с комплексированием методов (литохимических, изотопно-геохимических, детальной ультрамикроскопии и пр.), обеспеченных новейшим оборудованием. Весьма актуальным представляется использование широкого спектра геофизических методов для установления различных видов зональности. Очень важным является решение организационных вопросов, направленных на усиление взаимодействия широкого круга производственных, академических и научно-образовательных организаций в сфере исследований вещественного состава и петрофизических свойств резервуаров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перозиио Г.Н. Эпигенетическая зональность в терригенных породах мезозоя центральной части Западно-Сибирской низменности // Докл. АН СССР. – 1960. - Т. 135. - №5. - С. 240-245.
2. Перозиио Г.Н. Эпигенетические преобразования в песчаниках и алевролитах юры и мела Западно-Сибирской низменности / Литология и полезные ископаемые. – 1966. - №3. - С. 58-70.
3. Перозиио Г.Н. Вторичные изменения мезозойских отложений центральной и юго-восточной части ЗСН // Постседиментационные преобразования осадочных пород Сибири. - М.: Наука, 1967. - С. 5-69.
4. Перозиио Г.Н. Катагенез и глубинный эпигенез в гранулярных коллекторах нефти Усть-Балыкского месторождения // Постседиментационные преобразования осадочных пород Сибири. - М.: Наука, 1967. - С. 70-98.
5. Перозиио Г.Н., Мандрикова Н.Т. Геохимия малых элементов в карбонатный этап начального эпигенеза // Вопросы литологии и геохимии Сибири. - Новосибирск: СНИИГГиМС. - 1967. - С. 102-114.
6. Перозиио Г.Н. Эпигенез терригенных осадочных пород ЗС низменности. - М.: Недра, 1971. - 159 с.

7. Энгельгардт В.В. Поровое пространство осадочных пород.– М.: Недра, 1964. – 235 с.
8. Прозорович Г.Э. Соотношение минералов титана как показатель времени формирования Усть-Балыкского месторождения нефти (Западная Сибирь) // Докл. АН СССР. - 1966. - Т. 168. - №3. - С. 650-653.
9. Прозорович Г.Э., Валюженич З.Л. Регенерация кварца и пелитизация полевых шпатов в нефтеносных и водоносных песчаниках Усть-Балыкского месторождения нефти (ЗС) // Докл. АН СССР. – 1966. – Т. 168. - №4. - С. 893-895.
10. Черников О.А. Преобразование песчано-алевритовых пород и их пористость. - М.: Наука, 1969. - 120 с.
11. Прозорович Г.Э., Зарипов О.А., Валюженич З.Л. Вопросы литологии нефтегазоносных отложений центральных и северных районов Западно-Сибирской низменности. - Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1970. - 185 с.
12. Сахибгареев Р.С. Эпигенез юрских и меловых отложений центральной части Западно-Сибирской низменности // Советская геология. - 1970. - №5. - С. 143-146.
13. Сахибгареев Р.С. Изменения коллекторов на ВНК // Докл. АН СССР. - 1983. - Т. 271. - №6. - С 1456-1460.
14. Сахибгареев Р.С. Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных залежей. - Л.: Недра, 1989. - 260 с.
15. Ушатинский И.Н., Зарипов О.Г. Минералогические и геохимические показатели нефтегазоносности мезозойских отложений Западно-Сибирской плиты. - Свердловск: Средне-Уральское кн. изд-во, 1978. – 208 с.
16. Щепеткин Ю.В. О карбонатной цементации пород в зонах водо-нефтяных контактов / Геохимия нефтей и битумов верхнеюрских и нижнемеловых отложений Тюменской области. - Тюмень: ЗапСибНИГНИ. - 1970. - С. 170-183.
17. Щепеткин Ю.В. Вторичное изменение осадочных пород в процессе формирования УВ скоплений / Геохимия процессов нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции в мезозойских отложениях ЗС. - Тюмень: ЗапСибНИГНИ. - 1986. - С. 68-71.
18. Влияние эпигенетических процессов на параметры коллекторов и покрышек в мезозойских отложениях ЗСН. - Л.: Недра, 1976. - 132 с.
19. Лебедев Б.А. Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах. - Л.: Недра, 1992. - 239 с.
20. Розин А.А., Сердюк З.Я. Преобразование состава подземных вод и пород ЗСП под воздействием глубинного углекислого газа // Литология и полезные ископаемые. – 1970. - №4. - С. 102-113.
21. Сердюк З.Я., Эренбург Б.Г. О составе вторичных карбонатов, развитых в трещинах и порах пород фундамента и осадочного чехла Обь-Иртышского междуречья // Литология и геохимия мезозойских отложений Сибири. - Новосибирск: СНИИГ-ГиМС. - 1972. - С. 87-91.
22. Сидоренков А.И., Высоцкий В.Н. Применение конкрециологии при изучении нефтегазоносных формаций // Конкреционный анализ углеродсодержащих формаций. - Тюмень: ЗапСибНИГНИ. - 1985. - С. 18-43.
23. Зонн М.С., Дзюбло А.Д. Коллекторы юрского нефтегазоносного комплекса севера Западной Сибири. - М.: Наука, 1990. - 88 с.
24. Япаскurt О.В., Горбачев В.И. Литогенетические факторы формирования глубокой пористости отложений палеодельты (в низах разреза Тюменской скважины) // Докл. АН СССР. – 1997. - Т. 353. - № 2. - С. 241-245.
25. Япаскurt О.В., Косоруков В.Л., Золотарев Д.А. Особенности литогенеза докайнозойских дельтово-морских комплексов в бассейнах разных типов (север Сибири). Сообщение 1. Бассейн с близкой к компенсационной седиментацией в Колтогор-

- ско-Уренгойском прогибе // Литология и полезные ископаемые. – 1997. - №1. - С 36-47.
26. Зубков М.Ю., Дворак С.В., Романов Е.А., Чухранцева В.Я. Гидротермальные процессы в шеркалинской пачке Талинского месторождения (Западная Сибирь) // Литология и полезные ископаемые. - 1991. - №3. - С. 122-132.
 27. Казанский Ю.П., Казарбин В.В., Солотчина Э.П., Вакуленко Л.Г., Злобина О.Н., Фомин А.Н. Литология коллекторов Талинского нефтяного месторождения // Геология и геофизика.- 1993.- Т. 34. - №5. – С. 22-31.
 28. Коробов А.Д., Коробова Л.А. Пульсирующий стресс как отражение тектоногидротермальной активизации и его роль в формировании продуктивных коллекторов чехла (на примере Западной Сибири) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. - 2011. - №6. - С. 4-12.
 29. Коробов А.Д., Коробова Л.А. Флюидодинамический режим рифтогенных бассейнов и сопряженный эпигенез – ключ к прогнозу продуктивных коллекторов чехла // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2014. - №4. - С. 29-38.
 30. Коробов А.Д., Коробова Л.А., Ахлестина Е.Ф. Минералогические и палеогеотермические критерии нефтегазоносности рифтогенных осадочных бассейнов // Изв. Саратовского университета. - 2009. - Т.9, вып. 2. - С. 28-35.
 31. Недоливко Н.М. Минеральные индикаторы стадийного и наложенного эпигенеза в песчаниках юго-востока Нюрольской впадины // Нефтегазовому образованию - 50 лет. – Томск. - 2002. - С. 84-90.
 32. Недоливко Н.М. Влияние условий осадконакопления и постседиментационных преобразований на коллекторские свойства средне-верхнеюрских отложений зоны сочленения Нюрольской впадины и Пудинского мегавала (Томская область). Автореферат дисс. на соиск. уч. степ. канд. геол.-мин. наук. - Томск. - 2003. - 20 с.
 33. Недоливко Н.М., Жуковская Е.А., Баженов В.А. Карбонаты в юрских отложениях юго-восточной части Нюрольской впадины (Томская область) // Геология и геофизика. - 2001. - Т. 42. - № 3. - С. 491-501.
 34. Жуковская Е.А. Масштабы постседиментационного преобразования зернистых пород на примере отложений васюганской свиты Нюрольской впадины (Томская область) // Материалы научно-практической конференции «Формационный анализ в геологических исследованиях». - Томск, 2002. - С. 123-125.
 35. Жуковская Е.А., Недоливко Н.М. Влияние аутигенного минералообразования на емкостно-фильтрационные свойства песчаных пород на примере Нижнетабаганского месторождения // Материалы второй Всероссийской научной конференции «Геология и нефтегазоносность ЗС мегабассейна». - Тюмень, 2002.
 36. Жуковская Е.А., Кравченко Г.Г. Влияние вторичных изменений на коллекторские свойства верхнеюрских продуктивных отложений Крапивинского месторождения / Изв. ТПУ.- 2010. - Т. 316. - №1. - С. 93-98.
 37. Столбов Ю.М., Шалдыбин М.В., Бочаров Е.И. Оценка влияния процессов наложенного эпигенеза на фильтрационно-емкостные свойства терригенных пород-коллекторов юго-востока Западной Сибири // 30 лет на службе Томской геологии. - Новосибирск: СНИИГГиМС. - 2002. – С. 114-117.
 38. Шалдыбин М.В. Геохимические критерии оценки влияния процессов наложенного эпигенеза на ФЕС обломочных пород-коллекторов (на примере нефтяных месторождений Томской области). - Автореферат дисс. на соиск. уч. степ. канд. геол.-мин. наук. - Томск, 2005. - 21 с.
 39. Предтеченская Е.А. Влияние СО₂-содержащих гидротермальных растворов на коллекторские свойства песчаников в зоне катагенеза // Изв. ТПУ. Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2002. – Т. 305, вып.8. – С. 62-70.

40. Предтеченская Е.А. Катагенетические критерии прогноза зон разуплотнения в нижне-среднеюрских отложениях Западно-Сибирского осадочного мегабассейна / Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири, 2010, №3, с. 35-43.
 41. Предтеченская Е.А., Бурлева О.В. Катагенетические аномалии в юрских нефтегазоносных отложениях Томской области как индикаторы дизъюнктивных нарушений / Геологическое строение и нефтегазоносность отложений юго-востока ЗСП (Томская область). - Новосибирск: СНИИГГИМС. – 2006. - С. 75-90.
 42. Предтеченская Е.А., Шиганова О.В., Фомичев А.С. Катагенетические и гидрохимические аномалии в нижне-среднеюрских нефтегазоносных отложениях ЗС как индикаторы флюидодинамических процессов в зонах дизъюнктивных нарушений / Литосфера. – 2009. - №6. -С. 54-65.
-



Вакуленко Людмила Галериевна, кандидат геолого-минералогических наук доцент, ведущий научный сотрудник Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск.