



УДК 551.1.

ОТКУДА БЕРЕТСЯ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ МОРСКИХ КАРБОНАТНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Б.Р. Кусов*

Аннотация. На основе анализа особенностей залегания, строения, состава, форм и размеров карбонатных пород (толщ, рифов, куполов), а также их соотношения с окружающими породами делается вывод о глубинном источнике материала для формирования морских карбонатных пород. Обосновывается ведущая роль эндогенных процессов в образовании пустотного пространства карбонатных коллекторов.

Ключевые слова: карбонатные породы, риф, купол, коллектор, гидротермальный процесс, глубинный разлом.

Хемогенные известняки и доломиты наряду с терригенными породами служат основным местом залежей углеводородов (УВ). Морской генезис хемогенных карбонатных пород, равно как и некоторых обломочных, сомнений не вызывает. Вместе с тем хемогенные известняки и доломиты принципиально отличаются от обломочных пород морского генезиса в части источника материала (вещества) для их формирования. Известно, что материал для образования морских терригенных пород в бассейн седиментации поступает с суши в основном с водными потоками. Механизм привноса материала отражается на особенностях строения, состава, форм и других характеристик формирующихся отложений. Эти особенности наиболее полно были описаны в работах [10, 12 и др.] и выражаются в частой и резкой смене гранулометрического и вещественного состава, текстурных особенностей, размеров и форм осадков в зависимости от расстояния до источника обломочного материала, интенсивности привноса, глубины и гидродинамики бассейна седиментации.

Источником материала для хемогенных карбонатных пород, как и для галогенных, считается морская вода [3], что формально правильно. Но тот факт, что после выпадения из морской воды огромных масс карбонатных и галогенных осадков ее состав существенно не меняется, по крайней мере за всю историю фанерозоя [9], говорит о существовании внешнего, относительно морской воды, источника вещества для образования карбонатных и галогенных пород. Вопросы образования последних ранее были рассмотрены [7]. Для морской воды внешней средой, откуда может поступать материал, являются суша и мантия. Анализ особенностей состава, строения и залегания хемогенных карбонатных и галогенных пород дает возможность определить местонахождение источника материала с

той степенью обоснованности, как и для морских терригенных пород.

При изучении строения карбонатных толщ обращают на себя внимание следующие их особенности. Максимальные мощности и наиболее чистые разности пород всегда приурочены к глубинным разломам. По мере удаления от разлома и приближения к палеосуше (к источнику обломочного материала) в разрезе появляется примесь терригенного материала, количество и размер частиц которого возрастают в направлении к палеосуше вплоть до полного перехода в терригенные отложения. Известны факты увеличения концентрации различных металлов по мере приближения к глубинному разлому.

Например, в Припятском прогибе верхнедевонская (задонско-елецкая) терригенно-карбонатная межсолевая толща распространена по всей его территории. Развитие субширотных краевых глубинных разломов прогиба сыграло главную роль в формировании литологического облика межсолевой толщи. В зоне северного краевого глубинного разлома толща представлена чистыми известняками и доломитами (часто вторичными) мощностью до 1000 м, карбонатность пород составляет 97–99 %. По мере удаления от северного краевого разлома и приближения к Украинскому кристаллическому щиту – активному поставщику терригенного материала в задонско-елецкий бассейн – карбонатная толща обогащается терригенным материалом, в разрезе появляются глинистые известняки, мергели, аргиллиты. В зоне южного краевого разлома породы представлены глинисто-песчаными разностями с незначительным содержанием карбонатного материала.

В северной карбонатной фации отмечено увеличение содержания никеля, кобальта, хрома и ванадия по мере приближения к северному краевому разлому [Антипова Т.М., Кусова З.А., 1973].

* Кусов Батырбек Рамазанович – к. г.-м. н. СКО института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (bkusov@yandex.ru).

Аналогичные особенности характерны для многих карбонатных толщ. Мощность позднедевонско-турнейских карбонатных отложений в зоне Камско-Кинельской системы впадин (ККСВ) составляет более 600 м и на север в сторону палеосуши сокращается до 300 м, увеличивается глинистость разреза, появляются прослои глинистых карбонатов и аргиллитов. На границе мелководного шельфа и ККСВ выделяется краевая барьерно-рифовая зона, ограниченная двумя системами разломов в фундаменте, которые образуют два древних тектонических уступа [2].

Нижнефранские отложения в пределах Соль-Илецкого поднятия представлены карбонатными породами мощностью 350 м. На север в сторону береговой линии девонского моря происходит постепенное замещение их терригенными отложениями и сокращение мощности [11].

Эти и многие аналогичные факты говорят о том, что суша не является источником материала для образования хемогенных карбонатных пород. В то же время локальное распространение карбонатных пород (толщи, формирующиеся на определенных участках морского бассейна, одиночные и барьерные рифы, купола) среди других синхронных им морских отложений говорит о наличии в морском бассейне локального источника материала для формирования карбонатных пород. Убедительным доказательством этому также является существование барьерных и одиночных рифов (куполов).

Общеизвестными особенностями рифов являются: приуроченность к глубинным разломам или к узлам их пересечения; значительное (часто в несколько раз) превышение мощности рифов над мощностями окружающих и синхронных им терригенных отложений; наличие обломков раковин и скелетов морских организмов при полном или почти полном отсутствии их в окружающих и синхронных им терригенных отложениях.

Особо следует рассмотреть строение одной из разновидностей карбонатных сооружений – карбонатных куполов. Они изучены в составе каменноугольных отложений уолтсортской фации (Англия) и в горах Сакраменто (Северная Америка) [14]. Уолтсортские купола окаймлены тонкозернистыми терригенными отложениями. Имеют форму правильных конусов, без признаков постседиментационных деформаций, состоят главным образом из тонкозернистого пелитоморфного известняка с небольшим содержанием каркасообразующих организмов. Они являются преимущественно микритовыми, с подчиненным количеством рассеянного биокластического материала, палеогеографически занимают положение ниже краев шельфов, в поясах, отделяющих шельф от впадины. Эти купола не являются эро-

зионными останцами; имеют аккреционное происхождение и характеризуются правильной сглаженной формой, крутыми (до 500) первичными уклонами поверхности осадконакопления (что значительно больше, чем угол естественного откоса известкового ила) с редкими биокластическими прослоями, параллельными внешней выпуклой поверхности и полным отсутствием шлейфа обломочного материала или брекчий вокруг большинства куполов. На то, что купола не являются осадками, сгруженными течениями, указывает смешение известкового ила и биокластического материала песчаной размерности, свидетельствующее об отсутствии сортировки во время формирования куполов. Сглаженная, округлая и почти правильная коническая форма многих куполов также подтверждает то, что осадконакопление происходило в весьма спокойных водах.

Аналогичные купола нижнекаменноугольного возраста имеются в горах Сакраменто (Северная Америка). Породы, залегающие между куполами, представлены глинистыми, кремнистыми горизонтальнослоистыми известняками [14].

Сходные черты строения имеют рифы в прибрежной зоне Уметско-Линевской депрессии. В них стратиграфические границы также параллельны наружной выпуклой поверхности рифа [1].

Перечисленные особенности строения, состава и форм различных карбонатных сооружений однозначно свидетельствуют о том, что материал для формирования карбонатных толщ и сооружений других типов поступает в бассейн седиментации по глубинным разломам в эпохи тектонической активизации региона. Тип будущих карбонатных сооружений (пласты, рифы и т. д.) зависит от интенсивности поступления материала, форм рельефа дна и гидродинамики бассейна седиментации. Одиночные куполообразные сооружения формируются при локальном поступлении насыщенных гидротермальных растворов, как правило, по узлам пересечения разломов. Предельное насыщение морской воды карбонатом кальция достигается только в местах поступления гидротермальных растворов, где садка карбонатов происходит многократно интенсивнее, чем терригенного материала вокруг, где морская вода остается в пределах нормальной солености. Осаждающийся карбонатный материал начинает принимать куполообразные формы, при которых слоистость параллельна наружной поверхности купола. В таких зонах начинают развиваться скелетообразующие (кальцийпотребляющие) организмы. Поэтому в карбонатных куполах, в отличие от окружающих и синхронных им терригенных отложений, в том или ином количестве встречаются остатки скеле-

тов и раковин различных организмов. Локальное обитание последних в морском бассейне является следствием формирования карбонатного сооружения за счет гидротермальной деятельности, а не причиной появления его. В этой связи понятие «органогенная карбонатная порода» представляется некорректным.

Формирование барьерных рифов на границе шельфа с глубоководной частью бассейна происходит в результате интенсивной гидротермальной деятельности по разломам, отделяющим шельф от остальной части бассейна. В местах поступления гидротермальных растворов образуются куполообразные карбонатные сооружения, затрудняющие водообмен между шельфом и остальной частью морского бассейна. Поскольку в зоне шельфа объем морской воды несравнимо меньше, чем в остальной части бассейна, то часто (или почти всегда) в пределах шельфа вода насыщается карбонатом кальция, и он начинает выпадать в осадок с образованием пластов (толщ) карбонатных пород. По мере приближения к суше карбонатный осадок обогащается терригенным материалом вплоть до полного замещения. По другую сторону барьерных рифов (в глубоководной части бассейна) образование карбонатных толщ не происходит из-за недостатка карбоната кальция для предельного насыщения огромных масс морской воды. В этой (глубоководной) части образуются одиночные купола (риффы) вдоль глубинных разломов, если по ним поступают насыщенные растворы. По этой причине многие глубоководные купола не то что не имеют следов волнобоя, а наоборот – указывают на весьма спокойную гидродинамику в момент формирования их [14].

Механизм образования карбонатных и соленосных толщ идентичен с той лишь разницей, что карбонатные породы в отличие от соленосных не образуют вторичных (постседиментационных) куполов. А генетическим аналогом карбонатных куполообразных сооружений (риффов) в соленосных толщах являются первичные (конседиментационные) соляные купола [6].

Следует заметить, что материал для формирования морских отложений переходного состава (терригенные с различным содержанием карбонатного материала) поступает из двух источников: терригенный – с суши, а карбонатный – из мантии, в составе гидротермальных растворов. Но этим не ограничивается роль эндогенных факторов в формировании карбонатных пород-коллекторов, одного из главных резервуаров для залежей УВ.

Из всех горных пород, в которых известны залежи нефти и газа, а это хемогенные, терригенные, вулканогенные, вулканогенно-осадочные, кристаллический фундамент, первичной кон-

диционной пористостью и проницаемостью обладает только небольшая группа песчано-алеувитовых пород в основном прибрежно-морского генезиса. Во всех остальных породах появление коллектора обязано вторичным процессам – эндогенным и экзогенным, причем роль эндогенных факторов превалирует над ролью последних. Рассмотрим конкретные примеры.

В Припятском прогибе распространение коллекторов в межсолевой задонско-елецкой карбонатной толще характеризуется следующими особенностями. Коллекторы, имеющие площадное распространение на значительной части территории, развиты только на двух строго определенных стратиграфических уровнях, приуроченных к поверхностям региональных внутрiformационных перерывов с частичным размывом уже литифицированных пород. Мощность коллектора за редким исключением не превышает 20 м. Иные особенности распространения имеют коллекторы в зонах региональных глубинных разломов. Здесь они развиты по всему или почти по всему разрезу карбонатной толщи, мощность коллектора доходит до 200 м и более, составляя 80–90 % от общей мощности карбонатной толщи. Причем они сформировались только в зонах тех разломов, которые интенсивно продолжали формироваться и после накопления карбонатной толщи. По мере удаления от разломов мощность такого коллектора быстро сокращается, и на некотором расстоянии (3–5 км) в разрезе толщи остаются только коллекторы, приуроченные к поверхностям перерывов [5]. Изучение структуры порового пространства, состава и последовательности вторичного минералообразования в порах, кавернах и трещинах коллектора показало, что коллекторы в зонах региональных разломов образовались под действием гидротермальных процессов [8].

Пример наложения эндогенных и экзогенных процессов при формировании вторичной пустотности в карбонатных отложениях детально изучен в пределах Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазоаккумуляции, расположенной в центральной части Байкитской антеклизы (запад Сибирской платформы). Здесь нефтегазоаккумулятивные коллекторы приурочены к линейно-очаговым зонам аномальной трещиноватости. Эти зоны не ограничиваются поверхностью несогласия, разделяющей рифейские и вендские образования, а составляют единый венд-рифейский резервуар. Продуктивная часть таких резервуаров представлена трещинно-кавернозными доломитами. На участках развития каверн и стилолитовых швов карбонатные толщи приобретают зеленую пятнистость, а в кавернах появляется минеральный агрегат зеленого цвета (гидрослюда и хлорит). Трещинно-

кавернозные доломиты по сравнению со «свежими» обогащены различными микроэлементами (Nb, As, Th, U, Cr, Ba, Zn, Br, Pb, Y, V, Sr, Co, Ni, Rb, Zr) от 2 до 90 раз. Это свидетельствует о том, что микроэлементы в карбонатные толщи привносились гидротермальными растворами. Процессы вторичного кавернообразования (выщелачивания) в породах венда прослеживаются в интервале первых десятков метров вверх по разрезу от контакта с отложениями рифея. В результате этого образовался единый венд-рифейский карбонатный резервуар Юрубчено-Тохомской зоны [4].

В работе [13] на примере карбонатной пачки «А» Северо-Ракушечного нефтяного месторождения (Мангышлак) также показана генетическая связь формирования вторичных коллекторов и залежей УВ доюрского комплекса с интенсивностью проявления новейших разломов. Особенности строения коллекторов свидетельствуют о наложенном относительно структуры и фациальной зональности характере процессов, определяющих его формирование. Метасоматическую природу формирования резервуара залежей «А»

подтверждают следующие особенности строения. Резкие переходы известняков в доломиты по простиранию и напластованию пород в пределах продуктивной площади; локальное развитие метасоматических доломитов; наложенный характер и отсутствие связи морфологии эпигенетического резервуара со структурой и изменением мощности пачки «А»; наличие реликтов незамещенных известняков среди доломитов. Наблюдается тесная связь доломитов с гидрохимическими и гидродинамическими аномалиями пластовых вод, аномалиями фильтрационно-емкостных свойств резервуара и, наконец, с нефтегазонасностью. Весь комплекс этих аномалий приурочен к локальной зоне разломов новейшего времени, контролирующей восходящий поток магнийсодержащих вод и УВ.

Из изложенного вытекает, что материал для формирования морских карбонатных пород (толщи, рифы, купола) в бассейн седиментации поступает из мантии в составе различных гидротерм. В формировании пустотного пространства карбонатных пород главную роль также играют эндогенные факторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батанов Г.П., Бендерович Л.Ю. Условия формирования и распространения франского рифогенного комплекса приобортовой зоны Умётско-Линёвской депрессии // Геология нефти и газа, 1982, № 2. С. 44–47.
2. Дедюхин В.Н., Прооров В.Н., Прийма Г.Ю., Щербинина Г.П., Сапрыкин Э.В. Особенности латерального изменения верхнедевонско-турнейской карбонатной толщи на севере Удмуртской АССР // Геология нефти и газа, 1985, № 10. С. 57–60.
3. Карбонатные породы. Генезис, распространение, классификация. Т. 1. Под редакцией Дж. Чилингара, Г. Бисселла, Р.Фэйрбриджа. – М.: Мир, 1970. С. 396.
4. Коробов А.Д., Коробова Л.А. Эпигенетические изменения рифей-вендских карбонатных толщ и пермотриасовых интрузивов Байкитской антеклизы в связи с проблемой формирования трещинно-кавернозных коллекторов // Геология нефти и газа, 2008 г, № 1. С. 16–24.
5. Кусов Б.Р. Тектонические критерии поисков зон развития и коллекторов в карбонатных задонско-елецких отложениях Припятской впадины // Геология нефти и газа, 1981, № 10. С. 36–39.
6. Кусов Б.Р., Дзайнуков А.Б. Генетические типы соляных куполов // Геология нефти и газа, 2008, № 6. С. 45–49.
7. Кусов Б.Р. Еще раз о генезисе соленосных толщ в осадочном чехле // Вестник Владикавказского научного центра. Том 7, № 1, 2007. С. 53–55.
8. Махнач А.А. Постседиментационные изменения межселевых девонских отложений Припятского прогиба. – Мн.: Наука и техника, 1980. С. 220.
9. Океанология. Химия океана. Том 1. Под ред. Моница А.С. – М.: Наука, 1979. 518 с.
10. Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. – М.: Мир, 1976.
11. Соловьев Б.А., Подкорытов Н.Г., Левшунова С.П., Карнаухов С.М. Зональный прогноз нефтегазонасности девонского (эмско-нижнефранского) комплекса юга Оренбургской области // Геология нефти и газа, 1998, № 5. С. 21–29.
12. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Том 1. – М.: АН СССР, 1960.
13. Тимурзиев А.И. Строение и формирование резервуаров и ловушек в доюрском комплексе Мангышлака // Геология нефти и газа, 1989, № 9, стр. 16–21.
14. Уилсон Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории. Пер. с англ. – М.: Недра, 1980. 463 с.

MATERIAL FOR THE FORMATION OF MARINE CARBONATE DEPOSITS

B.R. Kusov

PhD, Researcher of the SKO Institute of geology of ore deposits, petrography, mineralogy and geochemistry of RAN (bkusov@yandex.ru)

Abstract. On the basis of evaluation of characteristics of bedding, structure, composition, geometries and gages of carbonate breeds (layers, reefs, bells), and also their correlation with surrounding breeds drawn conclusion about the deep source of material for the generation of marine carbonate breeds. The leading role of endogenous processes is grounded in formation of blowhole space of carbonate collectors.

Keywords: Carbonate rock, reef, the dome, the collector, the hydrothermal process, deep break.