

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕФТЕНОСНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПАЛЕОЗОЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

В статье описывается современное представление о формировании коллекторских свойств пород на различных этапах литогенеза, модели формирования структуры пустотного пространства и флюидонасыщенности на основе атласов пород основных нефтеносных горизонтов Палеозоя Республики Татарстан.

Ключевые слова: основные нефтеносные горизонты, литологические исследования.

Идея создания атласов пород основных нефтеносных горизонтов Палеозоя Республики Татарстан (Рис. 1) (Морозов, Козина 2007; Морозов и др., 2008; Данилова, 2009) принадлежит Т.Е. Даниловой и директору ООО «ЦСМРнефть» при АН РТ Ю.А.Волкову. Основной целью являлось не только создание атласов, показывающих разнообразие структур и текстур пород как коллекторов нефти различной практической значимости, но также и разработка литологических аспектов модели формирования структуры пустотного пространства пород-коллекторов нефти, что необходимо для оптимизации геологоразведочных работ, подсчета запасов, выбора методики рациональной нефтедобычи.

В данной статье речь идёт о книгах (Морозов, Козина 2007; Морозов и др., 2008), в которых разработаны модели формирования коллекторских свойств карбонатных пород – известняков и доломитов, основанные на структурно-генетической типизации известняков и характера их вторичных изменений с учетом тектоно-флюидодинамического фактора формирования залежей нефти. Проведено литологическое описание осадочных образований, являющихся нефтегазоносными комплексами на территории Республики Татарстан. Рассматриваются три из шести нефтегазоносных комплексов – эйфельско-франский терригенный, турнейский карбонатный и окско-башкирский карбонатный (Нефтегазоносность..., 2007). Проведено описание и анализ карбонатных отложений турнейского, визейского, серпуховского и башкирского ярусов. Авторы книг (Морозов, Козина 2007; Морозов и др., 2008), не ограничились «простым» описанием изученных разрезов с выделением пород-коллекторов, плотных пород и пород-флюидоупоров. В их задачу входила реконструкция палеоусловий седиментогенеза карбонатов в обстановках эпиконтинентальных морских бассейнов, их литогенеза, в том числе вторичных изменений, обусловленных наложенными процессами.

Изучены коллекторские свойства пород и их флюидонасыщенность, проведены литолого-фациальный и литогенетический анализы. Последние стали основой реконструкции схемы седиментогенеза карбонатных осадков, процессов их литификации, вторичных изменений минерального состава, структуры и текстуры пород. При этом использован системный подход к интерпретации полученных данных.

Проведение подобного системного анализа на историко-геологической основе (Дмитриевский, 1998) необходимо

для оценки факторов, механизмов и способов седиментогенеза и литогенеза карбонатов, включая выявление условий формирования пустотного пространства матрицы карбонатных пород и их нефтенасыщенности.

Изучение разрезов нижнего и среднего карбона позволило создать схемы седиментогенеза карбонатов. Карбонаты турнейского и визейского веков формировали отложения мелководных шельфовых равнин, образуя широкие пояса, располагающиеся параллельно береговой линии. Поэтому при стратификации таких отложений можно использовать как структурно-генетическую типизацию известняков, так и данные ГИС. Карбонаты серпуховского и башкирского ярусов накапливались преимущественно выше базиса волнового воздействия и на значительном удалении от береговой линии. При этом вследствие высокой гидродинамической активности формировались баровые отложения, сложенные биокластово-зоогенными карбонатными осадками, литификация которых осуществлялась при их выходе из-под уровня моря. Благодаря такой литификации в субаэральных условиях и гипергенезу шло образование продуктов их разрушения – литокластовых (обломочных) карбонатов. Поэтому область седиментогенеза представляла собой архипелаг. Между островами шло накопление пелитоморфных карбонатных илов. В более глубоководных условиях, ниже базиса волнового воздействия, формировались биокластово-зоогенные и пелитоморфные карбонатные осадки. В силу невыдержанности типов осадков по латерали стратификация отложений серпуховского и башкирского ярусов до горизонтов на практике по литологическим признакам и данным ГИС не делается.



Рис. 1.

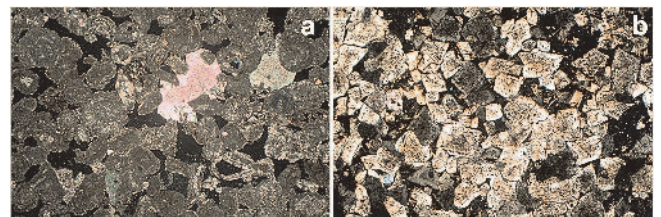


Рис. 2. Фотографии шлифов. Карбонатные породы-коллекторы с равномерной нефтенасыщенностью. Увеличение 20 \times . Никели скрещены. а – выщелачивание в биокластово-зоогенном известняке, Башкирский ярус, Демкинское месторождение; б – вторичный доломит, Тульский горизонт, Онбийское месторождение.

Постседиментационные изменения карбонатов, связанные с фоновым литогенезом, заключаются в: уплотнении; оттоке седиментогенных вод; перекристаллизации; кальцитизации, включая заполнение кальцитом пустот; формировании зерен и агрегатов пирита; окремнении наиболее крупных органических остатков известняков, имеющих зоогенную природу; появлении стилолитов. Невысокая интенсивность этих изменений, обусловленная малой скоростью погружения, предопределяет отток захороненных вод преимущественно по напластованию пород и через более проницаемые их типы. Поэтому, вследствие миграции флюида по латерали, такие изменения пород слабы по сравнению с вторичными изменениями наложенного характера.

Другой тип постседиментационных изменений – вторичные изменения. Их особенностью является то, что они не являются изохимическими, как при фоновом литогенезе. При их реализации происходят весьма существенные изменения, как минерального состава, так и структурно-текстурных особенностей пород, что обусловлено миграцией флюидов. В основу отнесения тех или иных вторичных изменений к определенной геофлюидной стадии развития бассейнов породообразования положены морфология вторично измененных пород, пространственная литолого-стратиграфическая и тектоническая приуроченность, выдержанность в пространстве, источник флюидов, вызывающих изменения.

Вторичные изменения, связанные с элизионной стадией реализуются в условиях динамотермальной активизации (Осадочные бассейны ..., 2004). Основным фактором таких изменений считается температурный режим. Последний, определяемый астеносферной конвекцией, способствует разогреву осадочных толщ и дополнительному отжиму флюидов из них (Артюшков, 1993). По сравнению с отжимом флюидов при фоновом литогенезе, его интенсивность такова, что миграция флюидов осуществляется и вкрест простирающихся пород. «Окнами» такой разгрузки служат антиклинальные поднятия (Файф и др., 1981).

Проведенный анализ показал, что присутствие среди карбонатных отложений, полностью или частично сформировавшихся за счет механического отложения материала, пород с высокими емкостно-фильтрационными свойствами не определяется наличием в них пустотности седиментогенной природы. Высокая пустотность матрицы изученных карбонатных пород определяется проявлением в них вторичных изменений, таких как выщелачивание и доломитизация (Рис. 2). Однако развитие выщелачивания, также как и доломитизации, не повсеместно. Последнее определяется тектоно-флюидодинамическим и литолого-стратиграфическим факторами.

Анализ плотности расположения месторождений нефти показывает, что их размещение в значительной мере контролируется тектоническим фактором. Он и связанный с ним флюидодинамический фактор (Соколов, 2001) оказывают влияние на генерацию водонефтяных флюидов, пути их миграции, аккумуляцию. Названные факторы «ответственны» также за формирование вторичных коллекторских свойств карбонатов. Характер тектонического развития региона влияет также на тепловой режим бассейна породообразования (Артюшков, 1993), который может меняться во времени. Современный тепловой ре-

жим региона, по-видимому, унаследован от времени формирования месторождений нефти, поскольку на определенную его связь с плотностью их распространения указывают фактические данные.

Роль тектоно-флюидодинамического фактора в формировании вторичных изменений известняков, прежде всего, выщелачивания и доломитизации, и, соответственно, в формировании высоких коллекторских свойств карбонатных пород сводится к следующим положениям: тектонический фактор обуславливает формирование положительных структур, к которым приурочены месторождения и залежи нефти; в пределах положительных структур наиболее интенсивно реализуются вторичные изменения пород; наибольший ток флюидов, приводящий к существенным вторичным изменениям пород на элизионной стадии развития бассейнов породообразования, осуществляется через более высокоамплитудные структуры.

Известно, что тектоническое развитие региона является стадийным. На каждой стадии происходят определенные изменения карбонатов. На основании анализа фациальной изменчивости отложений, их литологического состава, соотношений структурных планов, перерывов в осадконакоплении в истории региона можно выделить: палеоплатформенный резонансный (PR_2-T_1) и неоплатформенный автономный (T-Q) этапы (Фанерозойские осадочные ..., 2000). С первым связаны формирование осадочных формаций и реализация процессов фонового литогенеза, со вторым – процессы нефтенакпления и вторичные изменения пород. Считается, что реализация процессов нефтенакпления и вторичных изменений пород, обусловленных элизионной стадией в условиях динамотермальной активизации, определяется подъемом уровня астеносферы вследствие прихода плюма из нижней мантии и кондуктивного теплопереноса (Изотов, 2001).

Литолого-стратиграфический фактор в формировании вторичной структуры пустотного пространства карбонатных пород и участков ее пространственной локализации проявляется в том, что: карбонатные породы перекрываются породами-флюидоупорами; в разрезе карбонатных пород присутствуют известняки различных структурно-генетических типов; среди карбонатных пород наиболее высокими коллекторскими свойствами обладают биокластово-зоогенные известняки, которые подвержены процессам выщелачивания, крайне редко вторичные доломиты; нефтяные залежи в карбонатных породах образуют либо массивные литологически неоднородные, либо пластовые тела в зависимости от последовательности напластования тех или иных структурно-генетических типов известняков и других пород.

По нашим данным, вертикальная неоднородность залежей нефти в известняках обусловлена не столько неоднородностью строения осадочной толщи, поскольку коллекторские свойства неизмененных вторичными процессами известняков любых структурно-генетических типов довольно близки и характеризуются малыми величинами, сколько реализацией в определенных структурно-генетических типах известняков процессов выщелачивания. Поэтому развитие процессов выщелачивания в большей мере определяет неоднородность разреза по коллекторским свойствам, чем неоднородное сложение толщи различными типами известняков.

Существенным элементом современной теории формирования месторождений нефти и газа считается восходящий ток флюидов, что связывается с элизионной стадией гидрогеологического развития бассейнов породообразования (Карцев, Вагин и др., 1986). Данное положение теории получило свое развитие в трудах Б.А.Соколова (Соколов, 2001) и других, создавших флюидодинамическую модель нефтегазообразования.

Однако в рамках осадочно-миграционной теории и флюидодинамической модели нефтегазообразования невыясненным или весьма слабо изученным следует признать вопрос о способах формирования вторичной пустотности в карбонатных породах. Важность решения этой задачи носит не только научный характер, поскольку понимание механизмов формирования карбонатных пород-коллекторов и факторов, их определяющих, позволяет делать и практические выводы, связанные как с региональным, так и локальным прогнозом распространенности вторичных изменений пород, приводящих к формированию в них вторичной пустотности матрицы.

Особенностью рассматриваемых в работе карбонатных пород-коллекторов является то, что, в отличие от терригенных коллекторов, емкостно-фильтрационные свойства которых формируются преимущественно на стадиях седиментогенеза-катагенеза, пустотное пространство карбонатов имеет «значительно более полигенный характер». В работах доказывается, что многие карбонаты, рассматриваемые в качестве коллекторов, обладают вторичной пустотностью, обусловленной выщелачиванием и доломитизацией.

Следует сказать, что выявление тех или иных вторичных изменений, определяющих коллекторские свойства карбонатных пород, не вызывает серьезных затруднений. Сложным является оценка роли и места таких процессов как выщелачивание и доломитизация в формировании пустотного пространства матрицы карбонатных пород-коллекторов. Последнее без выявления механизмов формирования структуры пустотного пространства пород и факторов, их определяющих, следует признать невозможным.

Анализ изложенного в работах фактического материала позволил сформулировать ряд положений, на основе которых была создана модель формирования кавернозности известняков промышленных залежей нефти. Основные ее положения сводятся к следующим: 1) существование антиклинальных ловушек, которыми являются поднятия III-IV порядка, и наличие над известняками толщи пород-флюидоупоров; 2) наличие поликомпонентных по составу известняков, какими являются биокластово-зоогенные известняки; 3) заполнение ловушки водонефтяным флюидом, вторичная миграция которого приводит к его фазовому разделению и нефтенакплению, генерирует углекислоту и органические кислоты; 4) выщелачивание части микрита, цементирующего органические остатки биокластово-зоогенных известняков, и вынос растворенных компонент за пределы залежей; 5) местом преимущественной реализации процессов выщелачивания известняков являются наиболее высокоамплитудные поднятия — их сводовые части, меньше — крылья.

Названные положения реализуются вследствие благоприятного сочетания тектонического и литолого-стратиграфического факторов, а также выщелачивания. Следует

признать то, что сочетание двух первых из названных положений является достаточным лишь для формирования непромышленных залежей, коллекторы которых относятся к поровым. Такой тип структуры пустотного пространства известняков сформирован в результате седиментогенеза-катагенеза пород и не затронут процессами выщелачивания.

Третье-пятое положения, показывающие возможность формирования вторичной пустотности (кавернозности) в известняках, являются основными, объясняющими формирование промышленно значимых коллекторских свойств известняков. В их основу положен фактический материал, полученный при проведении собственных исследований.

Таким образом, проведенный историко-геологический анализ карбонатных отложений позволил осуществить реконструкцию процессов их формирования, включающих седиментогенез, фоновый литогенез и вторичные изменения наложенного характера, обусловленные меняющимся во времени и пространстве геофлюидным режимом бассейна породообразования. Это потребовало «постепенного (поэтапного) снятия с карбонатов той нагрузки», которая обусловлена их постседиментационными изменениями.

Основные результаты получены благодаря использованию системного подхода к изучаемым объектам, который рассматривает их как развивающиеся во времени и пространстве. Поэтому в работе для проведения историко-геологических исследований использованы также основные положения смежных и родственных дисциплин — литологии нефтегазоносных толщ, геофлюидодинамики, геодинамики, гидрогеологии, теории формирования нефтяных месторождений, теории метасоматических процессов. В результате такого подхода предложены модели формирования кавернозных известняков и пористых доломитов, в основу которых положены внешние и внутренние факторы, определяющие возможность реализации вторичных изменений. Таким образом, раскрывается современное состояние литологической изученности нефтеносных отложений карбона, разнообразие пород, слагающих нефтеносные комплексы.

Литература

- Артюшков Е.В. Физическая тектоника. М.: Недра. 1993. 456.
- Данилова Т.Е. Терригенные породы основных продуктивных горизонтов верхнего девона и нижнего карбона (в печати).
- Дистанов У.Г., Аксенов Е.М., Ведерников Н.Н. и др. Фанерозойские осадочные палеобассейны России: проблемы эволюции и минерализации неметаллов. М.: ЗАО «Геоинформмарк». 2000. 400.
- Дмитриевский А.Н. Бассейновый анализ (системный подход). *Геология нефти и газа*. 1998. № 10. 18-26.
- Изотов В.Г. Петролого-геодинамическая модель эволюции кристаллического основания востока Русской плиты и его углеводородный потенциал. *Мат-лы межд. научно-практ. конф.: «Нефтегазоносность фундамента осадочных бассейнов»*. М. 2001. 77-78.
- Карцев А.А., Вагин С.Б., Шугрин В.П. Нефтегазовая гидрогеология. М.: Недра. 1992. 208.
- Морозов В.П., Козина Е.А. Карбонатные породы турнейского яруса нижнего карбона. Казань: ПФ Гарт. 2007. 201.
- Морозов В.П., Королев Э.А., Кольчугин А.Н. Карбонатные породы визейского, серпуховского и башкирского ярусов нижнего и среднего карбона. Казань: ПФ Гарт. 2008. 182.
- Нефтегазоносность Республики Татарстан. Геология и разработка нефтяных месторождений. Под ред. Р.Х.Муслимова. Казань: Изд-во «Фэн». 2007. Т. I. 316. Т. II. 524.
- Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволю-

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА НЕФТЕПРОМЫСЛАХ ОАО «ТАТНЕФТЬ»

Приведены результаты исследования возможного распространения радионуклидов из мест размещения нефтешламов на территории производственных объектов ОАО «Татнефть» за счет процессов выщелачивания изотопов радия и их воздействия на водоносные комплексы – зоны активного водообмена осадочной толщи юго-востока РТ. Основным объектом исследований являлись воды татарских и верхнеказанских отложений верхнепермской системы, залегающих первыми от поверхности и подверженных, по этой причине, техногенному влиянию. Показано, что в настоящее время загрязнения подземных вод за счет поступления радионуклидов из осадков с повышенным содержанием радионуклидов, размещенных на территории ОАО «Татнефть», не происходит.

Ключевые слова: природные радионуклиды, подземные воды, техногенное влияние.

Известно, что во многих нефтедобывающих регионах России и всего мира при добыче и подготовке нефти наблюдается образование осадков с повышенным содержанием природных радионуклидов (ПРН). Анализ физико-химических процессов, приводящих к образованию подобных осадков, показывает, что полностью предотвратить их отложения на современном уровне технологии добычи и подготовки нефти невозможно. При очистке оборудования осадки с повышенным содержанием ПРН, как правило, размещаются на территории объектов, где они сформировались.

Встает вопрос, возможен ли вынос природных радионуклидов в окружающую среду из осадков с повышенным содержанием ПРН, размещенных на территории производственных объектов. Теоретически, основными путями возможного распространения радионуклидов в окружающей среде возможно за счет: процессов выщелачивания (вымывания) изотопов радия и продуктов их распада из осадков; выделения из них радона и радиоактивных аэрозольей; механического переноса частиц.

Возможное распространение радионуклидов из мест размещения осадков с ПРН за счет механического переноса частиц контролируется относительно просто и впол-

не управляемо. Организация строгого дозиметрического контроля на местах проведения работ с осадками, содержащими ПРН, соблюдение требований действующих правил по обеспечению радиационной безопасности позволяет практически полностью исключить этот путь распространения радионуклидов в окружающей среде.

На сегодняшний день наиболее вероятными процессами, которые могут привести к поступлению природных радионуклидов в окружающую среду, являются процессы выщелачивания изотопов радия и выделения радона из осадков с повышенным содержанием ПРН.

В данной статье рассматривается влияние процессов выщелачивания изотопов радия из осадков с повышенным содержанием ПРН (размещенных на территории производственных объектов ОАО «Татнефть») на водоносные комплексы зоны активного водообмена осадочной толщи юго-востока РТ. Основным объектом исследований являлись воды татарских и верхнеказанских отложений верхнепермской системы, залегающих первыми от поверхности и подверженных, по этой причине, техногенному влиянию.

Исходя из результатов изучения гидрогеологических характеристик территории деятельности ОАО «Татнефть»,

Окончание статьи В.П. Морозова, Е.А. Козинной, Э.А. Королева, А.Н. Кольчугина «Литологические исследования ...»

ция. М.: Научный мир. 2004. 526.

Плотникова И.Н. Геолого-геофизические и геохимические предпосылки перспектив нефтегазоносности кристаллического фундамента Татарстана. СПб: Недра. 2004. 172.

Соколов Б.А. Новые идеи в геологии нефти и газа: Избранные труды. М.: Изд-во МГУ. 2001. 480.

Файф А., Прайс Н., Томпсон А. Флюиды в земной коре. М.: Мир. 1981. 436.

V.P. Morozov, E.A. Kozina, E.A. Korolev, A.N. Koluchigin.
Lithologic researches of Paleozoic oil horizons of Tatarstan Republic

Modern view on the reservoir properties formation of rocks at different stages of the lithogenesis has been described in the paper. Also formation models of the voids structure and fluid saturation have been described on basis of rock atlases of main Paleozoic oil horizons of Tatarstan Republic.

Keywords: basic oil horizons, lithologic researches.

Владимир Петрович Морозов

К.г.-м.н., доц., зав. каф. минералогии и петрографии

Елена Александровна Козина

К.г.-м.н. Научные интересы: литолого-петрофизические исследования карбонатных пород

Эдуард Анатольевич Королев

К.г.-м.н., доц. каф. общей геологии и гидрогеологии

Антон Николаевич Кольчугин

Аспирант каф. минералогии и петрографии

Казанский государственный университет
420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, 18.
Тел.: (843)292-96-92.