

УДК 553.984;552.54;551.253

ВТОРИЧНО-КАТАГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДОЮРСКИХ ПОРОД ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ГЕОСИНЕКЛИЗЫ

А.Е. Ковешников^{1,2}, Н.М. Неволинко¹¹Томский политехнический университет²ТФ Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Томск

E-mail: Kovesh@mail.ru

В результате проявления вторично-катагенетических преобразований доюрских отложений Западно-Сибирской геосинеклизы в палеозойских карбонатных породах сформировались породы-коллекторы трещинно-метасоматической природы. Ведущие гидротермальные процессы – доломитизация и вышлачивание известняков, каолинизация и сидеритизация кремнисто-карбонатных и кремнисто-глинистых пород. Развитие резервуаров и ловушек нефти и газа гидротермально-метасоматической природы контролируется сеткой разломов северо-западного и северо-восточного простирания, при наложении которых на поля развития карбонатных пород формируются породы-коллекторы. Геометрия залежей зависит не от рельефа доюрской поверхности, а от направления разломов и степени проявления вторичных процессов. Они могут проявляться отдельно или составлять с залежами, приуроченными к корам выветривания, единый комплекс.

Ключевые слова:

Вторично-катагенетические преобразования, доюрские отложения, Западно-Сибирская геосинеклиза, метасоматоз, трещинообразование, разломы.

Key words:

Secondary catagenetic transformation, prejurassic adjournment, Western-Siberian geosineclise, metasomatism, formation of cracks, faults.

В настоящее время в Западной Сибири добыча нефти и газа осуществляется преимущественно из юрских и меловых песчано-алевритовых отложений. Поиск новых источников нефти и газа в последние годы все больше направляется на палеозойские отложения карбонатного, кремнисто-карбонатного и кремнисто-глинистого состава. Формирование в них пород-коллекторов происходит не в процессе осадконакопления, а в результате воздействия вторичных, гидротермально-метасоматических процессов, и, как следствие, такие отложения менее понятны относительно перспектив их нефтегазонасности в сравнении с юрско-меловыми отложениями, залежи в которых совпадают с песчано-алевритовыми телами определенного генезиса.

Нами, в последние годы, предложено подразделение вторичных процессов, ведущих к формированию пород-коллекторов в доюрских отложениях (венд и палеозой) юго-восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы на три периода [1], включающие: диагенез и первичный катагенез (венд – карбон); формирование кор выветривания в период континентального стояния региона в пермский и триасовый периоды; вторично-катагенетические преобразования палеозойских пород после формирования юрско-палеогенового моря. Первые два процесса описаны в [1]. Зона их проявления именуется НГГЗК (нефтегазоносный горизонт зоны контакта палеозойских и юрских отложений). Третьему, а именно вторично-катагенетическим преобразованиям, и связанным с этим процессом особенностями формирования пород-коллекторов в палеозойских отложениях юго-восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы в результате трещинно-метасоматических процессов, а значит, и с особой геометрией формирования залежей нефти и газа, и посвящена настоящая статья.

Доюрские отложения юго-восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы

Нами достаточно детально изучены доюрские отложения юго-восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы: вендские отложения северо-западной части Томской области (Чкаловская площадь) и ряд площадей Нюрольского структурно-фациального района (Межовского срединного массива), расположенного на территории Нюрольской впадины [2], которую в последние годы предложено именовать Чузиско-Чижапской зоной нефтегазонакопления [3].

Вендские отложения представлены доломитами с прослоями псефитолитов и аргиллитами, а палеозойские отложения (кембрий – средний карбон) представлены карбонатными, в том числе доломитизированными или окварцованными породами, кремнисто-глинистым отложениям верхнего девона и нижнего карбона [2, 4], корами выветривания глинисто-кремнистого состава, в том числе щебнистыми и переотложенными и бокситами, развитыми по измененным эффузивам основного состава и их туфам [1].

Палеозойский разрез подразделен нами на литолого-петрофизические толщи [1]: терригенную; доломито-известняковую ($S_{1-2}-D_1l$); глинисто-карбонатную ритмически построенную (S_1-D_1e); глинисто-карбонатную псефитолитовую (D_{1p-e}); известняково-глинисто-гравелитовую (D_{2ef-zv}); карбонатно-глинистую битуминозную, (D_2zv^2); известняков с биогермами и биостромами ($D_1^2-D_3^1$); кремнеаргиллитовую с радиоляритами (D_3f-fm); карбонатную (D_3); туфогенно-глинистую с прослоями известняков (C_1t-s^1); известняков окварцованных со спонголитами (C_1t-s_1); терригенную с прослоями туфов ($C_1s^1-C_2b^1$);

В палеозойских отложениях выделяются зоны воздействия гипергенных процессов: маломощная зона микротрещиноватых и микропористых известняков в приповерхностной зоне выхода на доюрскую поверхность толщ (доломито-известняковой, известняков с биогермами и биостромами, карбонатной); мощная зона преобразования кремнисто-карбонатных и кремнисто-глинистых по составу пород толщ (кремнеаргиллитовой с радиоляритами, туфогенно-глинистой с прослоями известняков). Толщи карбонатно-глинистого состава, как мало перспективные для формирования пород-коллекторов, в дальнейшем изложении, подробно не рассматриваются. По выходам на доюрскую поверхность кремнисто-карбонатных и кремнисто-глинистых пород сформированы переотложенные коры выветривания: кремнисто-глинистая обломочная толща (образования калиновой свиты, Р-Т); по эффузивам основного состава – бокситы.

Вторично-катагенетические преобразования

При начале формирования юрско-палеогенового моря палеозойские отложения, значительно преобразованные в зоне коры выветривания, переотложенные коры выветривания и бокситы вновь включились в процесс осадконакопления. Эти образования были частично размыты во время формирования отложений тюменской свиты юрского возраста, затем перекрыты морскими отложениями и вместе с юрским комплексом пород прошли, и продолжают проходить в настоящий момент, процесс катагенеза, который для палеозойских пород является вторично-катагенетическим.

Если переотложенные коры выветривания и бокситы в плане формирования в них пород-коллекторов аналогичны песчаным пластам мезозойского возраста, как по форме, так и по способу формирования пустотного пространства, то известняки от кембрия до раннего карбона и кремнисто-глинистые образования верхнедевонско-раннекаменноугольного возраста участками представлены как потенциально благоприятные зоны для формирования пород-коллекторов трещинного типа. Известняки представляют собой особые геологические тела, напоминающие по механическим свойствам пакеты стекла. Они были частично доломитизированы в стадию диагенеза и первичного катагенеза, что придало этим толщам некоторое отличие, реализуемое в дальнейшем при проявлении вторично-катагенетических процессов. Затем они были разбиты на блоки в орогенный этап развития региона, и по их выходу на доюрскую поверхность сформировались маломощные зоны пород с улучшенными коллекторскими свойствами.

Потом они были подвержены длительному процессу медленного смещения блоков. Это движение можно оценить при анализе отражающего горизонта IIa – подошвы баженовской свиты. Эти по-

роды в момент отложения имели приблизительно горизонтальное расположение, затем, на этой поверхности, появились выпуклые и вогнутые участки, отражающие подъем или погружение расположенных ниже блоков палеозойского фундамента. По тектоническим швам, разделяющим блоки палеозойского фундамента, могли циркулировать гидротермальные растворы, вызывающие доломитизацию, окремнение, выщелачивание.

Далее блоки, сложенные известняками, в различной степени диагенетически доломитизированными, могли быть, как пачки стекла, расколоты разломами северо-западного и северо-восточного простирания, не сопровождающимися значительным смещением, но являющимися путями разгрузки тектонического напряжения. Такие разломы сопровождались оперяющимися трещинами, затрагивающими значительный объем пород, прилегающих к тектоническому нарушению. В этих тангенциально ориентированных зонах трещиноватости проявились процессы гидротермального метасоматоза и гидротермального выщелачивания. Здесь, при наложении данных разломов на известняки, в той или иной степени доломитизированные (в стадию диагенеза и первичного катагенеза), происходило формирование пород-коллекторов того или иного типа, и были сформированы ловушки нефти и газа трещинно-метасоматического типа, описанные нами в [2]. При пересечении данными разломами массивов, сложенных кремнисто-глинистыми отложениями, значительно преобразованными в зоне проявления гипергенных процессов, формируются зоны воздействия процессов гидротермального выщелачивания, сопровождаемого осаждением каолинита и сидерита.

Таким образом, главный момент для формирования пород-коллекторов в палеозойских отложениях различного литологического состава наступает в стадию вторично-катагенетического преобразования этих отложений. По трещинам, как заложенным в орогенный этап развития региона и впоследствии подновленным при медленных вертикальных перемещениях блоков, так и по новым трещинам северо-восточного и северо-западного простирания [2] и по трещинам, их оперяющим, проявляются различные гидротермальные процессы, ведущие к формированию пород-коллекторов метасоматически-трещинного гидротермального типа.

Такие зоны трещиноватости могут развиваться как по участкам разреза, затронутого поверхностным выщелачиванием в период континентального стояния региона при формировании горизонта НГЗК, а могут и отстоять от доюрской поверхности, проявляясь в виде трещиноватых зон развития вторичных процессов, окруженных неизменными породами.

Нами ранее [5] выделено три типа гидротермальных процессов, разделенных по времени и имеющих различную геохимическую специализацию. Это вторично-катагенетические: доломит-

изация; выщелачивание, сопровождающееся процессами каолинизации с сидеритизацией; выщелачивание, сопровождаемое развитием инкрустационного доломита.

Вторично-катагенетическая доломитизация

Развитие процесса гидротермальной доломитизации, ведущего к формированию пород-коллекторов, установлено в отложениях силурийско-девонского комплекса, в толщах: доломито-известняковой, известняков с биогермами и биостромами, карбонатной. В толщах доломито-известняковой и известняков с биогермами и биостромами установлено развитие диагенетической доломитизации, при полном отсутствии проявления этого процесса по образованиям карбонатной толщи.

Породы доломито-известняковой толщи отличаются отсутствием значимых примесей глинистых минералов. Для них установлено широкое проявление диагенетической доломитизации по цементной массе породы. Возможность проявления процесса вторично-катагенетической (гидротермальной) доломитизации ограничивается преобразованием скелетных остатков, которые сохранили до этого момента первичный кальцитовый состав и незамещенной ранее диагенетическим доломитом части цемента.

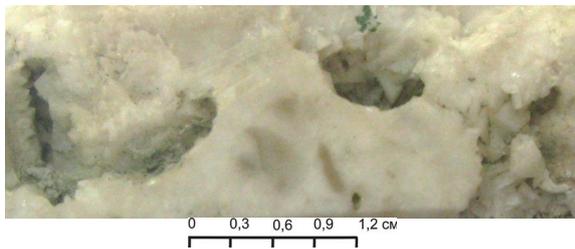


Рис. 1. Доломит замещения с полыми кавернами. Урманская скв. 9

Образования толщи известняков с биогермами и биостромами в диагенезе доломитизированы как по массе цемента, так и по скелетным остаткам. Здесь гидротермальная доломитизация может проявиться приблизительно равномерно по всей массе породы, но возможности проявления процесса ниже, чем в известняках доломито-известняковой толщи.

Перспективными для проявления процесса гидротермальной доломитизации являются известняки карбонатной толщи, где диагенетическая доломитизация не проявилась и замещению может подвергаться вся масса породы (рис. 1).

Таким образом, проявление процесса вторично-катагенетической доломитизации в рассматриваемых толщах возможно: в доломито-известняковой по незамещенным в стадию диагенеза органическим остаткам и остаточному кальциту цемента, в толще известняков с биогермами и биостромами по всей массе породы, не замещенной доломитом в стадию диагенеза, а в толще карбонатной — по всей массе породы.

Вторично-катагенетическое выщелачивание, сопровождающееся процессами каолинизации и сидеритизации

Развитие этого процесса установлено в образованиях кремнеаргиллитовой с радиоляритами толщи верхнего девона и толщах (известняков окварцованных со спонголитами, туфогенно-глинистой с прослоями известняков) раннего карбона [5], характеризующихся повышенным количеством биогенного кремнезема в составе пород (занимают в доюрском рельефе повышенное положение). Особенностью проявления процесса является его связь с трещинной тектоникой.

В кремнеаргиллитовой с радиоляритами и туфогенно-глинистой с прослоями известняков толщах происходит вынос биогенного кварца, слагающего раковины радиолярий (рис. 2) и спиккулы губок. По образованиям толщи известняков окварцованных происходил вынос остаточного кальцита, не полностью замещенного в стадию диагенеза в результате проявления диагенетического окварцевания. В результате проявления процесса во всем толщах, где установлено его проявление, установлено развитие по трещинам новобразованного каолинита и сидерита.

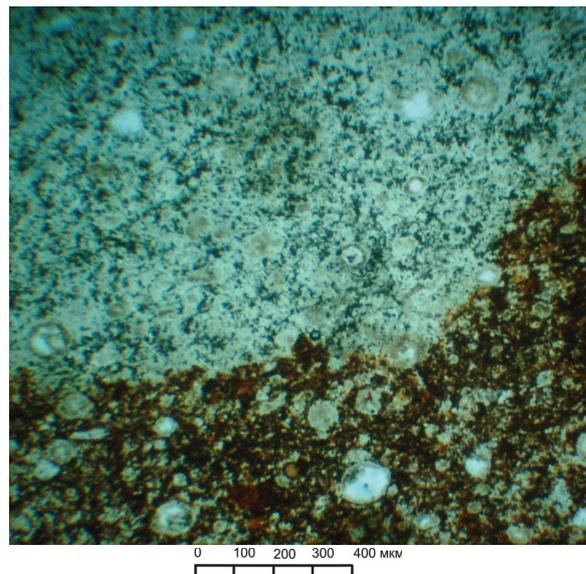


Рис. 2. Радиолярит, пропитанный окрашенной смолой под давлением. Видны раковины радиолярий, выполненные кварцем, погруженные в глинисто-кремнистый, пористый цемент. Калиновая скв. 13

Кроме описанных толщ, перспективных для формирования пород-коллекторов, развитие данного процесса установлено в толще глинисто-карбонатной псефитолитовой нижнего девона. Породы состоят из крупных обломков известняков, погруженных в глинисто-карбонатный цемент. Из вторичных процессов первоначально проявился процесс гидротермальной доломитизации (часть обломков нацело замещаются доломитом) с образованием мелких каверн. Затем следует проявление процессов каолинизации и сидеритизации, кото-

рые полностью преобразовывают цемент, который в результате превращен в микропористый агрегат. Формируются породы-коллекторы, состоящие из кавернозных доломитов, сцементированных микропористым каолинит-сидеритовым агрегатом.

Отсюда следует вывод о проявлении данного процесса после процесса гидротермальной доломитизации.

Вторично-катагенетическое выщелачивание, с развитием инкрустационного доломита

Наиболее лучшие коллекторские свойства пород сформировались в результате проявления процесса выщелачивания, сопровождавшегося выносом из породы, имеющегося в ней карбонатного материала. Воздействие процесса установлено как по карбонатным, так и по кремнисто-карбонатным и кремнисто-глинистым образованиям девонского возраста, рассматриваемым нами в настоящей статье. Данный процесс проявился после описанных выше гидротермальной доломитизации и гидротермального выщелачивания, сопровождающегося в кремнисто-карбонатных и кремнисто-глинистых породах проявлением вторичного каолинита с сидеритом.

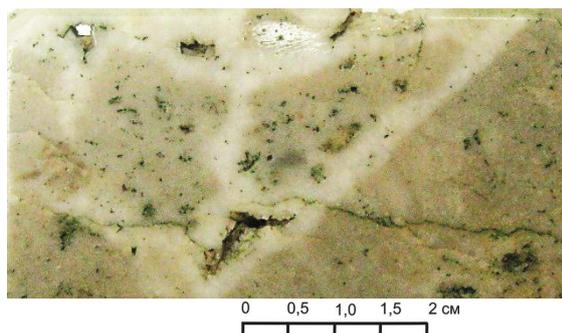


Рис. 3. Доломит замещения с двумя системами трещин, подверженный процессу гидротермальной доломитизации, затем гидротермального выщелачивания. По трещинам первой генерации отлагался чистый доломит, трещины второй генерации открытые. Видны каверны с инкрустационным доломитом

Установлен вынос биогенного карбонатного и кремнистого материала: доломита из диагенетически и гидротермально доломитизированных известняков толщи известняков с биогермами и биостромами и из гидротермально доломитизированных известняков карбонатной толщи; биогенного кварца и остаточного кальцита из толщи известняков окварцованных со спонголитами; биогенного кварца из аргиллитов толщи туфогенно-глинистой с прослоями известняков; диагенетического и гидротермального сидерита из пород толщи кремнеаргиллитовой с радиоляритами. Процесс сопровождается развитием инкрустационного доломита (рис. 3) в доломитах замещения карбонатной толщи; в спонголитах толщи известняков окварцованных со спонголитами.

Особенности проявления трех гидротермальных процессов

Для гидротермальных процессов установлена последовательность их проявления: доломитизации последовал процесс выщелачивания, сопровождаемый развитием вторичного каолинита с сидеритом; завершающим является выщелачивание с проявлением инкрустационного доломита. При анализе значений пористости и трещинной проницаемости установлены зависимости, характерные для проявления того или иного из описанных выше процессов (таблица).

В приведенных формулах первая цифра отражает начальные значения пористости при построении кривой зависимости, числовое значение параметра «х» отражает наклон полученной кривой. При вторично-катагенетической доломитизации по породам толщ доломито-известняковой и карбонатной в трех выборках при изначальном различном значении пористости характер поведения кривой зависимости очень близок, что указывает на то, что процесс проявился, в основном, в формировании пустотного пространства, и проницаемость связана с матрицей, т. е. процесс гидротермальной доломитизации проявился в замещении определенных масс пород, примыкающих к трещинам при незначительной проницаемости самих трещин.

Таблица. Зависимость значений пористости y от проницаемости x при проявлении различных вторично-катагенетических процессов (ВК) в палеозойских отложениях юго-восточной части Нюрольского осадочного бассейна

Процесс	Возраст	Характер зависимости
ВК доломитизация по породам доломитово-известняковой (S-D ₁) и карбонатной толщ D ₃	S-D ₁	$y=0,47+0,009x$
	S-D ₁	$y=1,6+0,01x$
	D ₃	$y=0,64+0,12x$
ВК выщелачивание по карбонатной толще D ₃	D ₃	$y=1,50+0,28x$
ВК выщелачивание. Толща кремнеаргиллитовая с радиоляритами	D ₃	$y=1,33+0,2x$

При изучении зависимости пористости от проницаемости в результате проявления процесса гидротермального выщелачивания поведение кривых зависимости значений пористости от проницаемости как в карбонатных (карбонатная толща), так и кремнисто-глинистых породах (кремнеаргиллитовая с радиоляритами толща) очень близок по наклону полученных зависимостей, что отражает факт, что при повышении проницаемости пропорционально растет и пористость, а это – следствие проницаемости трещин, при меньшем участии проницаемости по матрице породы.

Формирование по палеозойским отложениям зон трещинной проработки

Трещины или зоны трещиноватости, по которым проявляется преобразование карбонатных по-

род палеозойского возраста, широко развиты на изученной территории. Примером такой зоны является территория Северо-Останинского месторождения [6, 7], где пробурен дублер скважины, дающей постоянный приток нефти. Она попала в слабо измененные породы, почти не затронутые вторичными процессами, и нефти не дала. Вероятно, существует серия зон метасоматически-трещинных коллекторов, аналогичных установленным для Северо-Останинской площади, обнаружение которых в будущем повысит перспективы нефтегазоносности Западно-Сибирской геосинеклизы.

Установленная нами ранее [6] связь развития пород-коллекторов в палеозойских отложениях Нюрольского осадочного бассейна с тектоническими нарушениями северо-западного и северо-восточного простирания, вероятно, проявляется в системе взаимосвязанных протяженных разломов, составляющих определенную сетку, пересекающую палеозойский фундамент. При наложении активных разломов этой сетки на чистые по составу карбонатные отложения палеозойского возраста, происходит преобразование палеозойских пород гидротермальными процессами, и формируются залежи и месторождения трещинно-метасоматического типа по схеме, предложенной нами для Северо-Останинского месторождения [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковешников А.Е., Недолывко Н.М. Коры выветривания доюрских отложений Западно-Сибирской геосинеклизы // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – № 1. – С. 77–81.
2. Конторович А.Э., Иванов И.А., Ковешников А.Е. и др. Геологические условия нефтегазоносности верхней части палеозойского разреза Западной Сибири (на примере Межовского срединного массива) // В кн.: Теоретические и региональные проблемы геологии нефти и газа / под ред. И.С. Грамберга и др. – Новосибирск: Наука, 1991. – С. 152–171.
3. Конторович В.А. Сейсмогеологические критерии нефтегазоносности зоны контакта палеозойских и мезозойских отложений Западной Сибири (на примере Чузикско-Чижапской зоны нефтегазоаккумуляции) // Геология и геофизика. – 2007. – Т. 48. – № 5. – С. 538–547.
4. Terleev A.A., Tokarev D.A., Kontorovich V.A., Makarenko S.N., Koveshnikov A.E., Sennikov N.V., Tatianin G.M. New paleontological data from the Upper Vendian of the Chkalovskoe Territory of the Fore-Yenisei sediment of the West Siberian Megabasin (boreholes 10, 17, 26, 501) // Neoproterozoic Sedimentary Basins Strati-

Выводы

1. По доюрским отложениям юго-восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы во вторично-катагенетический этап их преобразования проявились три вида гидротермально-метасоматических процессов, ведущих к формированию пород-коллекторов: доломитизация; выщелачивание, сопровождаемое процессами кальцинизации с сидеритизацией; выщелачивание с развитием инкрустационного доломита.
2. Породы-коллекторы трещинно-метасоматического происхождения представлены в виде зон, ориентированных вертикально или под различными, в том числе острыми углами к доюрской поверхности. Геометрия их выходов на доюрскую поверхность имеет северо-западное и северо-восточное простирание в виде полос, сопряженных с разломами соответствующего направления.
3. В зонах пересечения полосами гидротермальной проработки толщ карбонатных пород сформированы ловушки нефти и газа метасоматически-трещинной природы, которые могут быть развиты самостоятельно вне связи с доюрской поверхностью, а также могут составлять с ловушками нефти и газа, развитыми в корях выветривания, единую систему.

graphy, Geodynamics and Petroleum Potential: Труды Междунар. конф. – Новосибирск, 30 июля – 02 августа 2011 г. – Новосибирск: IPGG SB RAS, 2011. – Р. 100–102.

5. Ковешников А.Е. Литология и закономерности размещения пород-коллекторов в палеозойских отложениях Томской области: автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук. – Новосибирск, 1990. – 22 с.
6. Ковешников А.Е., Ежова А.В. Литология и условия образования девонских пород-коллекторов Северо-Останинского нефтяного месторождения (Томская область) // Геологические формации Сибири и их рудоносность. – Томск: ТГУ, 1983. – Вып. 2. – С. 103–106.
7. Бурдаков Д.А., Меркулов В.П. Определение ориентации трещиноватости и слоистости для оптимального заложения скважин в палеозойском карбонатном коллекторе // Современные вызовы при разработке и обустройстве месторождений нефти и газа Сибири: Труды научно-практ. конф. – Томск, ТомскНИПИнефть, 18–19 апр. 2011. – Томск, 2011. – С. 40–41.

Поступила 30.09.2011 г.