

УДК 553.984;552.54;551.253

ВЛИЯНИЕ ПРОГРЕССИВНОГО, РЕГРЕССИВНОГО ЭПИГЕНЕЗА, ГИПЕРГЕНЕЗА, ВТОРИЧНОГО КАТАГЕНЕЗА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ В ПАЛЕОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ГЕОСИНЕКЛИЗЫ

А.Е. Ковешников

Томский политехнический университет
Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН
E-mail: Koveshnik@mail.ru

Палеозойские отложения при формировании и последующих преобразованиях прошли несколько этапов изменения: диагенез и прогрессивный эпигенез (катагенез); герцинская складчатость и сопутствующий ее проявлению регрессивный эпигенез части отложений; орогенез и формирование кор выветривания; регрессивный эпигенез стадии вторичного опускания или вторичный катагенез с формированием трещинных гидротермально-метасоматических по происхождению пород-коллекторов. Каждый из этих этапов характеризуется своими особенностями проявления, оказывающими различное влияние на конечное формирование в палеозойских образованиях пород-коллекторов и связанных с ними месторождений нефти и газа.

Ключевые слова:

Вторично-эпигенетические преобразования, доюрские отложения, Западно-Сибирская геосинеклиза, метасоматоз, трещинообразование, порода-коллектор.

Key words:

Secondary epigenetic transformation, pre-Jurassic deposits, Western-Siberian geosineclise, metasomatism, crack formation, reservoir rock.

Палеозойские отложения, развитые на территории Западно-Сибирской геосинеклизы по литологическим особенностям вскрытых бурением разрезов подразделены на 23 структурно-фациальные района (СФР), каждый из которых характеризуется присущим только ему комплексом отложений (рис. 1). Эти отложения прошли последовательно ряд преобразований, в различной степени повлиявших на формирование пород-коллекторов в отложениях различного возраста и литологического состава: диагенез, прогрессивный эпигенез (катагенез), тектонические движения при герцинском складкообразовании, в результате которых часть образований палеозоя претерпела поднятие и воздействие процессов регрессивного эпигенеза, а часть – гипергенеза, затем, при формировании юрско-палеогенового моря, палеозойские отложения вторично прошли период регрессивного эпигенеза стадии повторного погружения или стадию вторично-катагенетических преобразований. Рассмотрению этих процессов и посвящена настоящая статья.

При подготовке материалов статьи нами изучены керн, шлифы и литературные данные по литологическому составу и мощности палеозойских отложений Западно-Сибирской геосинеклизы [1], более подробно некоторые разрезы палеозойских отложений Вездеходного, Варьганского, Колпашевского, Краснотенинского СФР [2, 3], значительно более подробно отложения Нюрольского СФР [4], особенно его наиболее перспективной в плане нефтегазонакопления части – Чузикско-Чижапской зоны нефтегазонакопления [5].

Все осадочные породы в процессе литогенеза с участием газо-водных флюидов, претерпевают последовательно проявляющиеся прогрессивный эпигенез (катагенез) и затем метаморфизм. На

любом этапе прогрессивный эпигенез может смениться регрессивным при воздымании территории. Л.Б. Рухин в 1953 г. предложил выделять регрессивный эпигенез. При очень интенсивном воздымании регрессивно-эпигенетические процессы могут сомкнуться с гипергенными. О.В. Япаскурт пишет: «Регрессивно-эпигенетические новообразования бывают присущи таким участкам стратисферы, которые испытывали погружение вперемежку с инверсионным воздыманием (например, в пределах Западно-Сибирской эпипалеозойской плиты) либо с латеральными тектоническими смещениями своих отдельных блоков» [6. С. 121].

Как видно из приведенной цитаты, все последующие движения территории описываются одним термином «регрессивный эпигенез» без детализации знака движения. В случае с Западно-Сибирской геосинеклизой мы имеем дело сначала с воздыманием территории и проявлением соответствующих вторичных процессов, связанных с перемещением пород с больших глубин (соответственно температуры и давления) в меньшие. Часть палеозойских отложений достигают поверхности и попадают в зону проявления гипергенных процессов. Затем, во время существования юрско-палеогенового моря, следует погружение палеозойских отложений и прохождение ими вновь процессов прогрессивного эпигенеза (катагенеза), которые будут первичны для юрско-палеогеновых отложений, а в случае с палеозойскими отложениями будут накладываться на изменения, полученные породами во всех названных выше стадиях их преобразования.

Относить и поднятие территории, и последующее опускание к одной стадии «регрессивного эпигенеза» было бы упрощением, поэтому нами поро-

ды, прошедшие прогрессивный катагенез при опускании и регрессивный эпигенез при воздымании рассматриваются в терминах, предложенных в [6]. Для пород же, прошедших эти две стадии преобразования, и вновь вовлеченных в погружение с попаданием в зону катагенеза уже в виде образований, достаточно интенсивно измененных названными выше процессами, и подвергающимся воздействию процессов катагенеза вторично нами предлагается в схему процесса, описанных в [6] процессов стадийного преобразования пород после осуществления прогрессивного эпигенеза (катагенеза) и регрессивного эпигенеза добавить стадию «вторичного катагенеза» или «вторично-катагенетических преобразований», понимая под этой стадией воздействие процессов катагенеза на интенсивно измененные породы, а не на осадок, прошедший последовательно стадии окаменения в диагенезе, затем преобразования по схеме, описанной в [6].

Диагенез и прогрессивный эпигенез (катагенез)

Все палеозойские образования после отложения на морском дне осадка проходят преобразования стадии диагенеза и прогрессивного эпигенеза (катагенеза) [6, 7]. Палеозойские отложения юго-восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы – это последовательно накапливающиеся образования толщ и свит: павловской, ларинской, межовской, армичевской, солоновской, надеждиной, герасимовской, лугинецкой, табаганской, составляющие карбонатный или рифогенно-аккумулятивный тип осадконакопления, и параллельно им накапливающиеся образования бассейнового комплекса, начиная с майзасской свиты, одновозрастной с межовской свитой карбонатного комплекса, и перекрывающие ее образования лесной, мирной, чузыкской, чагинской и кехорегской свит. Вышележащие отложения представлены единым комплексом образований средневасюганской и елизаровской свит. Породы-коллекторы и связанные с ними месторождения нефти и газа развиты по карбонатным или кремнисто-карбонатным и кремнисто-глинистым породам.

Максимальная суммарная, установленная по данным бурения, мощность вскрытых бурением палеозойских пород составляет в рифогенно-аккумулятивном комплексе 4919 и в бассейновом – 4149 м. При этом доля известняков и доломитов в них составляет, соответственно, 3400 и 1100 м. В стадию диагенеза в этих образованиях происходило перераспределение первичного материала карбонатных осадков, отмечено проявление процессов спаритизации и диагенетической доломитизации.

После диагенеза палеозойские отложения проходили стадию прогрессивного эпигенеза или катагенеза [6], выразившуюся в перекристаллизации биогенного карбонатного и кремнистого материала пород.

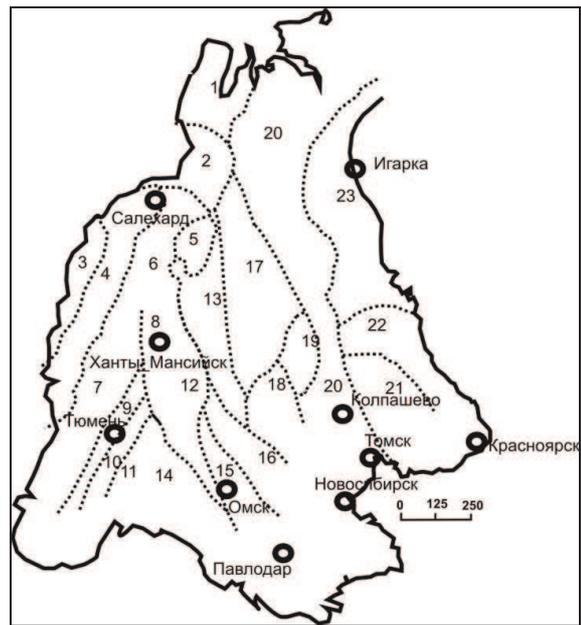


Рис. 1. Подразделение палеозойских отложений Западно-Сибирской геосинеклизы на 23 структурно-фациальных района (СФР): 1 – Бованенковский; 2 – Новопортовский; 3 – Тагильский; 4 – Березово-Сартыньинский; 5 – Ярудейский; 6 – Шеркалинский; 7 – Шаимский; 8 – Красноленинский; 9 – Тюменский; 10 – Коллаповский; 11 – Уватский; 12 – Сальмский; 13 – Усть-Балыкский; 14 – Ишимский; 15 – Тевризский; 16 – Туйско-Барабинский; 17 – Варьеганский; 18 – Нюрольский; 19 – Никольский; 20 – Колпашевский; 21 – Вездеходный; 22 – Тыйский; 23 – Ермаковский

Герцинская складчатость и сопутствующий регрессивный катагенез

После формирования отложений палеозойского моря в конце карбона и прохождения ими диагенеза и прогрессивного эпигенеза (катагенеза) последовало высыхание палеозойского моря и проявление герцинской складчатости, приведшей к длительному периоду континентального стояния региона, во время которого происходило сближение таких крупных тектонических блоков, как Русская платформа и Восточная Сибирь. В результате до этого близко горизонтально залегающие палеозойские отложения были смяты в складки северо-западного и северо-восточного простирания, разбитые на блоки, часть из которых испытала воздымание.

Гипергенез и формирование кор выветривания

Те блоки, которые были приподняты в рельефе, претерпели преобразования стадии регрессивного эпигенеза и преобразованы такими процессами, как окремнение и выщелачивание. Породы, которые были приближены к доюрской поверхности, попали после этого в зону проявления процессов гипергенеза и претерпели следующие преобразования. Карбонатные породы растворялись, и слагающий их материал выносился в виде растворов, а по-

роды кремнисто-глинистого и карбонатно-кремнистого состава механически разрушались, формируя плащеобразно залегающую кору выветривания. По выходам магматических пород основного состава формировались бокситы. Вся территория Западно-Сибирской геосинеклизы в этот период представляла собой всхолмленную равнину в условиях полупустынного климата.

В результате по выходам кремнисто-глинистых и карбонатно-кремнистых пород сформировались коры выветривания, именуемые в литературе горизонтом НГГЗК (нефтегазоносный горизонт зоны контакта палеозойских и юрских отложений). По известнякам такой зоны не сформировано, но отмечается увеличение значений пористости и проницаемости при приближении к доюрской поверхности.

Регрессивный эпигенез вторичной стадии погружения или вторичный катагенез

Во время формирования юрско-палеогенового моря палеозойские отложения были перекрыты мощной (до 3000 м) толщей терригенно-глинистого состава. Отдельные останцы палеозойского палеорельефа были перекрыты даже в конце юрского периода (запад Западно-Сибирской геосинеклизы, район Предуралья).

В процессе перекрытия палеозойских отложений чехлом мезозойско-кайнозойских пород они постепенно включились в диагенетические и катагенетические преобразования, которые проходили юрско-меловые отложения. Диагенетические процессы преобразования юрских отложений вряд ли сильно повлияли на данные породы, так как они уже были в значительной степени преобразованы в зоне НГГЗК процессами гипергенеза. Подобные изменения если и осуществлялись, то только в узкой зоне контакта палеозойских пород с дном юрского моря.

Герцинская складчатость привела к тому, что палеозойские отложения, находящиеся выше условной линии рельефа (рис. 2), были уничтоже-

ны денудационными процессами при гипергенезе. Нижележащие отложения претерпели подъем на высоту, соответствующую мощности отложений, уничтоженных эрозией. Соответствующее развитие получили и процессы регрессивного эпигенеза.

Карбонатные породы, лишенные примеси глинистых минералов, вероятно, как при прохождении прогрессивного, так и регрессивного эпигенеза не претерпели значительного изменения состава, только могли быть в различной степени перекристаллизованы, и в них по системе трещин могли отложиться те или иные минералы (кальцит, доломит, кварц). При попадании пород, претерпевших последовательно прогрессивный и затем регрессивный катагенез в зону гипергенеза, они были в значительной степени разрушены, и все следы изменений, произошедших с породами в предшествующие этапы их преобразования, были уничтожены процессами поверхностного выщелачивания.

Иное дело глинисто-карбонатные отложения бассейнового комплекса, особенно отложения чагинской свиты, сложенной кремнеаргиллитами, радиоляритами с прослоями и линзами известняков, выпадающими вверх по разрезу. Эти породы при прохождении прогрессивного эпигенеза претерпевали процессы преобразования глинистых минералов в сторону формирования хлоритов и перераспределения кремнезема, слагавшего ранее остатки раковин радиолярий. Петрофизические свойства пород менялись в сторону увеличения их проницаемости.

При регрессивном эпигенезе, сопровождавшемся уменьшением давления и температуры, могло происходить как частичное преобразование сформированных при более высоких температуре и давлении хлоритов, так и перераспределение и выщелачивание кремнезема с формированием на месте ранее существовавших существенно кремнистых по составу прослоев – зон развития микропористого кремнисто-глинистого агрегата.

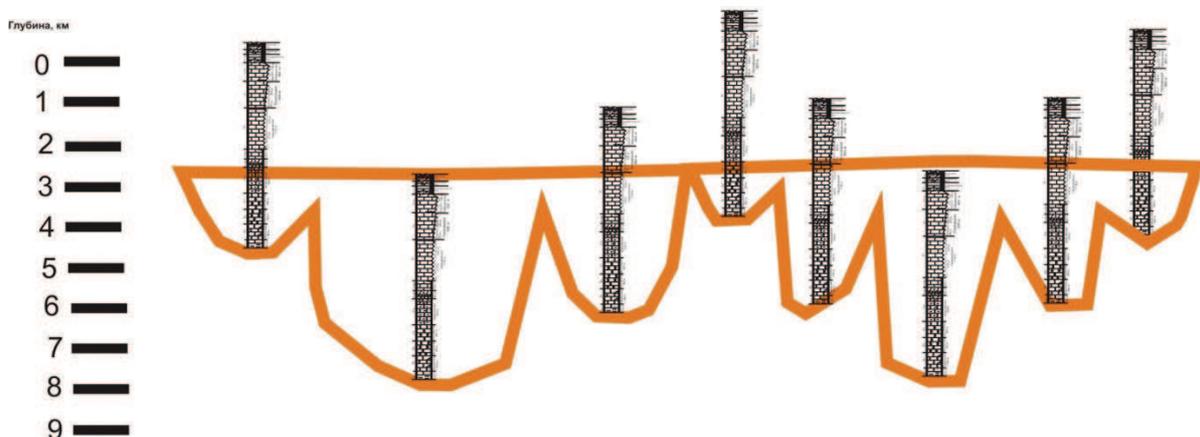


Рис. 2. Схематический разрез палеозойских отложений Нюрольского СФР. Выше горизонтальной линии оранжевого цвета палеозойские отложения разрушены. Нижележащие породы претерпели воздействие процессов регрессивного эпигенеза кратное мощности вышележащих пород, уничтоженных при их эрозии

При дальнейшем воздымании территории, абразии вышележащих отложений и выходе описываемых нами образований на доюрскую поверхность последние претерпели воздействие процессов поверхностного выщелачивания, выразившегося в выносе имевшегося в породе остаточного биогенного кремнезема и биогенного кальцита. При этом сформированный ранее кремнисто-глинистый каркас породы сохранился от разрушения.

При последующем погружении дна юрского моря при перекрытии палеозойских останков отложениями юрско-палеогенового моря, палеозойские породы, прошедшие описанные выше преобразования, подвергались, наряду с мезозойскими отложениями, процессам каолинизации с сидеритизацией, что несколько ухудшило облик сформированного пустотного пространства пород.

Трещинно-гидротермальный метасоматоз

Карбонатные породы при прохождении стадии вторично-катагенетических преобразований были значительно изменены процессами гидротермально-метасоматической доломитизации и гидротермального выщелачивания с формированием пород-коллекторов трещинно-метасоматического гидротермального генезиса. Эти преобразования ведут в конечном итоге к формированию месторождений нефти и газа в палеозойских образованиях, связанных пространственно с тектоническими нарушениями, по которым поступали те или иные растворы, ведущие к возникновению пород-коллекторов трещинно-каверно-порового типа.

Если для юрских пород, испытывающих погружение под весом перекрывающих их пород, это были процессы прогрессивного катагенеза, то для палеозойских пород – вторичными прогрессивно-катагенетическими преобразованиями. Данные преобразования являются трещинно-метасоматическими, гидротермальными по своей природе. Они вызывают повышенный интерес исследователей, так как с их проявлением связано формирование в палеозойских отложениях как пород-коллекторов, так и миграция по этим вторично-измененным породам нефти и газа, приводящая к возникновению месторождений.

Наиболее значимыми для формирования месторождений нефти и газа в палеозойских отложениях процессами являются следующие: вторично-катагенетическая доломитизация, вторично-катагенетическое выщелачивание, сопровождавшееся процессами каолинизации с сидеритизацией, и вторично-катагенетическое выщелачивание, сопровождающееся развитием инкrustационного доломита [8, 9].

Вторично-катагенетическая доломитизация

Развитие процесса гидротермальной доломитизации, ведущего к формированию пород-коллекторов, установлено в отложениях силурийско-нижнекарбонного комплекса, в свитах и толщах: ларинской, межовской, кыштовской, и после не-

большого перерыва – в герасимовской, лугинецкой и табаганской.

Породы свит ларинской, межовской и кыштовской отличаются отсутствием значимых примесей глинистых минералов с развитием диагенетической доломитизации по цементной массе породы. Проявление процесса вторично-катагенетической (гидротермальной) доломитизации ограничивается преобразованием скелетных остатков, имеющих кальцитовый состав.

Образования герасимовской свиты в диагенезе доломитизированы как по массе цемента, так и по скелетным остаткам. По ним гидротермальная доломитизация может проявиться равномерно по всей массе породы.

Перспективными для проявления процесса гидротермальной доломитизации являются известняки лугинецкой свиты, где диагенетическая доломитизация не проявилась, и воздействию гидротермальной доломитизации подвергалась вся масса породы.

Отложения табаганской свиты диагенетически окремнены, и процессы доломитизации на формирование в них пород-коллекторов значительного влияния не оказали.

Вторично-катагенетическое выщелачивание, сопровождающееся процессами каолинизации и сидеритизации

Развитие этого процесса наиболее характерно для образований чагинской свиты верхнего девона, в диагенетически окремненных известняках нижнего карбона табаганской свиты и параллельно с ней накапливающимися отложениями кехорегской свиты. В кремнеаргиллитах чагинской свиты, и, соответственно, в диагенетически окремненных известняках кехорегской свиты происходил вынос биогенного кварца, слагающего раковины радиолярий и спикулы губок. Из диагенетически окремненных известняков табаганской свиты происходил вынос остаточного кальцита, не полностью замещенного в стадию диагенеза в результате интенсивно проявившегося диагенетического окварцевания. Процесс вторично-катагенетического выщелачивания, по всем толщам, где установлено его проявление, сопровождается развитием по трещинам новобразованного каолинита и сидерита.

Вторично-катагенетическое выщелачивание с развитием инкrustационного доломита

Наилучшие коллекторские свойства пород сформировались в результате проявления процесса выщелачивания, сопровождавшегося выносом из породы имеющегося в ней карбонатного материала. Данный процесс проявился после описанных выше гидротермальной доломитизации и гидротермального выщелачивания, сопровождающихся в кремнисто-карбонатных и кремнисто-глинистых породах развитием по трещинам вторичного каолинита с сидеритом.

Установлен вынос биогенного карбонатного и кремнистого материала: доломита из диагенетически и гидротермально доломитизированных известняков герасимовской свиты и из гидротермально доломитизированных известняков лугинской свиты, биогенного кварца и остаточного кальцита из известняков окварцованных табанганской свиты.

Выводы

1. Палеозойские отложения юго-восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы последовательно прошли следующие преобразования: диагенез; прогрессивный эпигенез (катагенез); герцинское складкообразование и сопутствующий ему регрессивный катагенез; гипергенез; вторичный катагенез.
2. Породы-коллекторы в палеозойских отложениях сформировались в зоне воздействия процессов регрессивного эпигенеза; последовавшие

го за проявлением герцинской складчатости, гипергенеза с формированием кор выветривания; вторичного катагенеза с проявлением процессов гидротермально-метасоматической трещинной проработки, которые частично накладываются на зоны проявления кор выветривания.

3. Данные процессы проявляются преимущественно по карбонатным породам, в связи с этим зоны повышенной мощности карбонатных пород в составе палеозойских отложений являются наиболее перспективными участками для формирования пород-коллекторов и, соответственно, месторождений нефти и газа в палеозойских отложениях Западно-Сибирской геосинеклизы.

Работа выполнена при поддержке Интеграционного проекта СО РАН и УрО РАН № 50 «Геологическое строение, тектоника, история формирования и перспективы нефтегазоносности палеозоя Западно-Сибирской геосинеклизы и ее складчатого обрамления».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Решения Межведомственного совещания по рассмотрению и принятию региональной стратиграфической схемы палеозойских образований Западно-Сибирской равнины // В.С. Бочкарев, Ф.Г. Гурари, В.Н. Дубатовол и др. – Новосибирск: СНИИГиМС, 1999. – 79 с.
2. Терлеев А.А., Токарев Д.А., Конторович В.А., Сенников Н.В., Ковешников А.Е., Макаренко С.Н., Татьяна Г.М. Палеонтологические данные венд-кембрийских отложений Чкаловской площади в северо-западной части Томской области по результатам бурения (скв. Чкаловская № 10, 17, 26, 501, 210, 9, 4) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Матер. совещания. – Иркутск, Институт земной коры СО РАН, 17–20 октября 2012. – Вып. 10. – Т. 2. – С. 117–119.
3. Конторович А.Э., Варламов А.И., Гражданкин Д.В., Карлова Г.А., Клец А.Г., Конторович В.А., Сараев С.В., Терлеев А.А., Беляев С.Ю., Варакина И.В., Ефимов А.С., Кочнев Б.Б., Наговицин К.Е., Постников А.А., Филиппов Ю.С. Разрез переходных венд-кембрийских отложений восточной части Западно-Сибирской геосинеклизы (по результатам бурения параметрической скважины Восток-3) // Геология и геофизика. – 2008. – № 12. – С. 1238–1247.
4. Конторович А.Э., Иванов И.А., Ковешников А.Е. и др. Геологические условия нефтегазоносности верхней части палеозой-

ского 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.

5. Конторович В.А. Сейсмогеологические критерии нефтегазоносности зоны контакта палеозойских и мезозойских отложений Западной Сибири (на примере Чузикско-Чижалпской зоны нефтегазоаккумуляции) // Геология и геофизика. – 2007. – Т. 48. – № 5. – С. 538–547.
6. Япаскурт О.В. Литология. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.
7. Рухин Л.Б. Основы литологии. – Л.: Государственное научное издательство нефтяной и горно-топливной литературы, 1961. – 781 с.
8. Ковешников А.Е., Недоливко Н.М. Коры выветривания доюрских отложений Западно-Сибирской геосинеклизы // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – № 1. – С. 77–81.
9. Ковешников А.Е., Недоливко Н.М. Вторично-катагенетические преобразования доюрских пород Западно-Сибирской геосинеклизы // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – № 1. – С. 82–86.

Поступила 20.03.2013 г.