



Эволюция речных систем нижней-средней юры Западной Сибири

Жуковская Е.А., Шпиндлер А.А.

ООО «Газпромнефть НТЦ», г. Санкт-Петербург; Zhukovskaya.EA@gazpromneft-ntc.ru,
Shpindler.AA@gazpromneft-ntc.ru

В ходе многолетних региональных и детальных литологических исследований нижнесреднеюрского осадочного комплекса мезозойского чехла Западной Сибирского бассейна (Конторович и др., 1995; Сурков и др., 1999; Девятов, 2000; Гулари и др., 2005; Вакулenco и др., 2010; и др.) установлено чередование, переслаивание и замещение отложений разных обстановок седиментации. Это свидетельствует о циклическом характере формирования разреза и нашло отражение в кинематической схеме их осадконакопления, разработанной В.Б. Белозеровыми и И.А. Ивановым. Установлено, что речные отложения в разрезе неоднократно перекрываются бассейновыми – озерными, прибрежно-морскими, мелководно-морскими, формируя, таким образом, систему резервуаров и покрышек в виде последовательного чередования. И если с покрышками все относительно понятно с точки зрения их формирования в результате трансгрессии/регрессии как следствие эвстатических колебаний, то резервуары преимущественно континентального генезиса хранят в себе много вопросов и неопределенностей: невыдержанность по площади, литологическая неоднородность и часто разнофациальный характер осадочных тел, сложное распределение фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС).

Сложность геологического строения резервуаров нижнесреднеюрского возраста континентального генезиса, неясность моделей их геологического строения до сих пор не позволили дать адекватную оценку их ресурсной базы, сдерживают планирование их разведки, систем разработки и реалистичных уровней нефтедобычи. Так, выработанность запасов тюменской свиты составляет всего 5% (Федорова и др., 2016).

Одним из ключевых вопросов перед нефтяниками стоит вопрос прогнозирования речных резервуаров в нижнесреднеюрском комплексе (поздний плинсбах – поздний келловей), который невозможно решить без анализа истории формирования отложений.

Основываясь на опыте изучения разных районов Западно-Сибирского бассейна можно заключить, что развитие речных систем вне зависимости от времени и условий начала их

заложения (инициации) определяется преимущественно этапами тектонического развития, палеорельефом, составом коренных пород, удаленностью источника сноса и климатическим изменением. Прерывание классического аллювиального цикла трансгрессией или ингрессией моря возможно на любом этапе, и чем раньше начался аллювиальный седиментогенез, тем больше таких «осложнений» и больше резервуаров в разрезе.

На начальном этапе формирования осадочного чехла в результате выветривания и денудации в условиях достаточно расчлененного рельефа у подножия склонов накапливаются делювиальные и пролювиальные отложения (Аксенова, 2013; Недоливко, 2002 и др.), которые в последующем перераспределяются горными реками или при проникновении морских вод – волнениями и течениями. Для элювиальных образований наблюдается тесная связь с материнскими породами, характерны фрагменты внутриформационных кор выветривания, а при стабильном тектоническом режиме в гумидном климате встречаются реликты педиментарных образований.

На момент формирования базальных горизонтов осадочного чехла (слабый орогенез) рельеф соответствовал низкогорью, имел средние величины вертикальной и горизонтальной расчлененности. Относительные высоты обычно не превышали 200–400 м. Для выходов осадочных пород характерны плавно очерченные контуры водоразделов или системы куполовидных вершин, разделенных пологими седловинами, для устойчивых к выветриванию выходов интрузивов – в виде скалистых гряд. Морфологический облик низких гор также определялся гумидным климатом с господством эрозионных, в том числе и карстовых по известнякам, и водно-склоновых процессов. Долины преимущественно V-образного профиля поддерживали высокую скорость течения, особенно в паводковые периоды. Руслу неразветвленные неширокие, повторяли морфологию долин. Характерны вертикальные флуктуации дна речного русла, так называемая «игра уклонов», что затрудняет их интерпретацию по сейсмическим данным.

Морфология русел как прямолинейная, так

и извилистая, но следует сразу отметить, что излучины горных рек коренным образом отличаются от типичных меандр равнинных рек. т.к. формируются, главным образом, под воздействием различного рода береговых выступов или струенаправляющих «перемычек» (литологических, структурных, обвалных, селевых и т. п.), т. е. при ведущей роли внешних, а не внутренних факторов.

Мощность руслового аллювия 3–15 м при вертикальном наложении нескольких аллювиальных циклов – до 50 м, а в Аржаминском структурно-фациальном районе нижний песчаный пласт урманской свиты имеет по данным ГИС мощность 100 м (Вакуленко и др., 2007, 2010). Основание аллювиального цикла имеет эрозионный контакт. Толщина одного руслового цикла незначительна, до первых десятков сантиметров. Речные отложения базальных горизонтов грубообломочные – гравийно-галечный и гравийно-песчаный аллювий без отмостки с плохой или средней сортировкой, с низкой структурной и минералогической зрелостью. Конгломераты, гравелиты и конглобрекчии содержат более 50% псефитовых обломков. Обломки галечной размерности до 10 см в поперечнике имеют разнообразный состав и разную степень окатанности, которая зависит от удаленности источников сноса. Местные источники сноса поставляют неокатанный и плохоокатанный грубозернистый материал, что наиболее характерно для шеркалинской свиты (Конторович и др., 1995; Денисов, Дьяконова, 2005). В отложениях урманской свиты галечные и гравийные обломки имеют лучшую окатанность (Недоливко, 2002; Вакуленко, 2009; Мищенко, Чернова, 2012; Вакуленко, 2009). В целом, чем крупнее река, тем более структурно разнороден русловый аллювий, т.к. в небольших реках основные наносы сосредоточены в стрежневой части. Крупность обломков препятствует размыву аллювия. Наблюдается ритмичность вовлечение элювия крупными паводками. Текстура конгломератов в керне беспорядочная, ориентированная, не янослоистая.

Со временем возрастает значение структурных форм рельефа, обусловленных эрозионным процессом. Долины рек расширились, склоны выполаживались в связи с широким развитием делювиальных и гравитационных образований. Тип рек сменялся на разветвленные реки с русловой многорукавностью. Фиксирование и стабилизация растительными сообществами и почвенным покровом осередков и побочной отсутствовала. Увеличилась площадь аккумулятивного рельефа.

Широкие разветвленные русла накапливали галечные и гравийно-галечные наносы повсеместно, а при дефиците наносов – в при береговых частях русел. К дефициту грубообломочного материала приводит ослабление динамики потока, что могло иметь климатические причины (падение уровня реки, подпорные полово-

дья и пр.), а также служить результатом естественного развития речной системы – «старения» реки. Мощность речных отложений обычно не превышает 10–15 м, ритмичное строение заключается в смене грубообломочных осадков песчаными по направлению вверх. Максимальная толщина таких ритмов до 1,5 м. Состав руслового аллювия грубообломочный, но доля песчаного материала возрастает, как в прослоях гравелитов и конгломератов, так и в разрезе аллювия в целом, часто более 50%. Песчаники представлены полимиктовыми разностями с высоким содержанием полевых шпатов и обломков пород (аркозы, граувакки и пр.). Сортировка и окатанность обломков средняя, реже плохая. Текстурированный рисунок более выражен в силу уменьшения зернистости. Помимо массивной отмечаются слоистые текстуры: пологоволнистые, косоволнистые и косые срезанные (Недоливко, 2002; Оипова и др., 2007; Жуковская и др., 2018). Также встречаются прослои алевролитов и аргиллитов, линзы углей, прослой, обогащенные углефицированным растительным детритом разной крупности, что свидетельствует о развитии пойменных и болотных отложений.

В последующем типичным рельефом является мелкосопочник и останцовый (для областей развития карбонатных пород). В процессе денудации мелкосопочник преобразуется в систему остаточных холмов, расширяющимися аллювиальными и аллювиально-озерными равнинами. На предгорной равнине реки теряют скорость потока, преобладает боковая эрозия и осуществляется постепенный переход от разветвленных к меандрирующим рекам. Меандрирование сначала носит ограниченный и незавершенный (прорванный) характер, развитие пойм приводит к накоплению озерно-болотных отложений, которые при изменении положения русла вовлекаются в поток и сохраняются в русловом аллювии в виде глинистых интракластов, сидеритовых окатышей, крупных углефицированных фрагментов (Недоливко, 2002; Алексеев и др., 2007, Жуковская и др., 2018; и др.). Источником сноса служит предгорное обрамление, реже внутренние источники сноса – сохранившиеся выступы фундамента.

В ассоциации фаций руслового аллювия возрастает роль отложений пойм, стариц, низинных озер и болот. Как правило, в разрезе этих рек отмечается несколько достаточно крупных аллювиальных ритмов – от 0,7 до 10 м мощностью. В основании ритмов наблюдаются маломощные прослои гравийного материала, песчаник значительно менее зернистый, в сравнении с выше описанными типами рек. Отмечается утонение песчаника вверху ритмов, характерно обилие растительного детрита, следов корней растений в песчано-глинистых прослоях.

Свободно меандрирующие реки формировались на поздних этапах развития речных сис-

тем в связи с выравниванием рельефа в результате ингрессий и устойчивым прогибанием Западно-Сибирской плиты в среднеюрское время. Для равнинных условий характерны широкие (до нескольких километров) пояса меандрирования, сложенные латерально приращенными аккреционными линзовидными барамикосами и русловыми осадками, пониженная песчаность разреза (менее 50%). Зачастую на сейсмических слайсах шнурковые тела для данного типа рек отражают отмершие русла (старицы), сложенные алевро-глинистыми породами. Русловый аллювий представлен песчаниками средне-мелкозернистыми полимиктовыми, но наиболее минералогически зрелыми из всех описанных выше, доля литокластов в них значительно сокращается, псефитовые обломки практически отсутствуют. Текстуры однородные, косослоистые, субгоризонтально и волнисто слоистые, в основании ритма нередко интракластовые (мелкие послойно ориентированные глинистые и глинисто-сидеритовые интракласты). Песчаность разреза обычно 50% и менее. Типичны пойменные горизонты с сохраненными палеопочвами, отложения старичных озер и болотные образования (прослой угля). Многочисленные следы корневых систем и мелкий углефицированный детрит.

В результате исследования установлено, что геометрия осадочных тел речного генезиса, служащих резервуарами УВ, эволюционирует от горных рек спрямленного и слабоизвилистого типа через разветвленные многорукавные к меандрирующим (ограниченно и свободно) и определяется рельефом. На начальном этапе аллювиального седиментогенеза существенное влияние оказывает состав пород фундамента. Поскольку денудация алюмосиликатных пород (граниты, кристаллические сланцы и пр.) происходит медленнее, чем карбонатных, отрицательные формы рельефа, унаследованные от речных долин, сохраняются дольше. С этим связано накопление ленточных, рукавообразных песчаных и гравийно-песчаных русловых тел в шеркалинской и тюменской свитах Красноленинского свода (Келлер и др., 2001), в то время как на юго-востоке бассейна чаще встречаются широколенточные или покровные (в пределах изученной территории) тела (Недоливко, 2002, Жуковская и др., 2018). Нет данных о четковидности погребенных русел рек, протекающих по закарстованным известнякам, но это явление вполне может иметь место. Кроме того, в результате эволюции речных систем меняется не только тип реки, морфогенетический тип русел, но и направления сноса материала, ориентация речной сети (Савенко и др., 2013).

Однотипность эволюции речных систем Западной Сибири раннесреднеюрского времени вне зависимости от времени начала и стартовых условий и приуроченности к разным структурно-фациальным зонам, близость их к

трендам развития мезозойских речных систем южного обрамления Западно-Сибирского осадочного бассейна (Le Heron et al., 2008) подтверждают вывод В.П. Алексеева о эквивалентности процессов седиментации (Алексеев и др., 2007).

Эпизодическое затопление аллювиальных долин и равнин в результате ингрессии привело к частичному сохранению в разрезах дельтовых отложений в верхах аллювиальных комплексов. Трансгрессии (тоарская и ааленская) разрушали отложения не только переходных обстановок, но частично эродировали осадки аллювиально-озерных равнин, сокращая тем самым разрез аллювиального цикла. В то же время происходило расширение области седиментации и аккумуляции речных осадков, перспективных в качестве резервуаров УВ, менялась морфология осадочных тел.

Понимание основных закономерностей эволюции речных систем в гетаннг-келловейское время позволит построить эталонные модельные седиментационные ряды для разных структурно-фациальных зон и привлечь их для прогноза речных резервуаров на основе моделирования процессов седиментации и/или геолого-гидродинамических моделей месторождений.

Литература

- Аксенова Т.П. Строение, состав и условия формирования юрских отложений, вскрытых скважиной Толпаровская № 2 (юго-восток Западной Сибири) // Сборник трудов 7-го Всероссийского литологического совещания. Том 1. Новосибирск, 2013. С. 13–16.
- Алексеев В.П., Федоров Ю.Н., Маслов А.В. и др. Состав и генезис отложений тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь). Екатеринбург: УГГУ, 2007. 209 с.
- Вакуленко Л.Г. Характеристика нижнеюрских отложений в центральной части Западно-Сибирской плиты по результатам бурения глубоких скважин // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Третье Всероссийское совещание: научные материалы. Саратов: изд. центр «Наука», 2009. С. 22–24.
- Вакуленко Л.Г., Ельцов И.С., Ян П.А. Седиментационная модель нижнеюрских отложений Ажарминского структурно-фациального района (Западная Сибирь) по материалам глубокого бурения // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Второе Всероссийское совещание: научные материалы. Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2007. С. 31–33.
- Вакуленко Л.Г., Т.П. Аксенова Т.П., Ельцов И.Н., Замирайлова А.Г., Ян П.А. Литолого-фациальная характеристика юрских отложений южной части Предьенисейской нефтегазоносной субпровинции Западной Сибири // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 4. С. 425–436.
- Гурари Ф.Г., Девятов В.П., Демин В.И. и др. Геологическое строение и нефтегазоносность нижней-средней юры Западно-Сибирской провинции. Новосибирск: Наука, 2005. 156 с.
- Девятов В.П. Стратиграфия и палеогеография неф-

- тегазоносных нижнесреднеюрских отложений Сибири. Дисс. на соиск. учен. степ. д.г.-м.н., Томск. 2002. 253 с.
- Денисов С.Б., Дьяконова Т.Ф. Генетическая природа отложений шеркалинской свиты Талинского месторождения // Нефтяное хозяйство. 2005. № 2. С. 60–64.
- Жуковская Е.А., Попова О.А., Пишулева А.В. Закономерности и факторы изменения коллекторских свойств пластов Ю14-Ю15 Урманно-Арчинской зоны // Геофизика. 2010. № 4. С. 59–66.
- Келлер М.Б., Славкин В.С., Шик Н.С., Голованова М.П. Создание новой методологии – необходимое условие для успешного освоения нефтяных ресурсов шеркалинской свиты // Геология нефти и газа. 2001. № 6. С. 210.
- Конторович А.Э., Андрусевич В.Е., Афанасьев С.А., Вакуленко Л.Г., Данилова В.П., Злобина О.Н., Ильина В.И., Левчук М.А., Казанский Ю.П., Казарбин В.В., Карогодин Ю.Н., Москвин В.И., Меленевский В.Н., Солотчина Э.П., Фомин А.Н., Шурыгин Б.Н. Геология и условия формирования гигантской Талинской зоны газонефтенакопления в континентальных отложениях нижней юры // Геология и геофизика. 1995. № 6. С. 5–28.
- Мищенко М.В., Чернова О.С. Литогенетические типы и фации аллювиального комплекса отложений Нюрольской впадины // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2012. № 1с. С. 68–72.
- Недоливко Н.М. Литогенетические типы русловых фаций юры зоны сочленения Пудинского мегавалла и Нюрольской впадины (Томская область) // Известия Томского политехнического ун-та. 2002. Т. 305. Вып. 8. С. 48–58.
- Осипова Е.Н., Ежова А.В., Недоливко Н.М., Перевертайло Т.Г., Полумогина Е.Д. Литолого-петрографические особенности и условия формирования пород регионального циклита Ю15, вскрытых параметрической скважиной 1 Западно-Тымской площади // Известия ТПУ. 2007. Т. 310. № 1. С. 21–25.
- Савенко В.А., Раковская И.П., Кныш Н.С. Реконструкция латеральной миграции палеоландшафтов в средней юре на основе палеогеоморфологических и литолого-фациальных исследований в Шаимском районе // Сборник трудов 7-го Всероссийского литологического совещания. Новосибирск, 2013. Т. 3. С. 46–50.
- Сурков В.С., Серебренникова О.В., Казаков А.М., Девятков В.П., Смирнов Л.В., Комаров А.В., Тищенко Г.И. Седиментогенез и геохимия ниже-среднеюрских отложений юго-востока Западной Сибири. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999. 213 с.
- Le Heron D.P., Buslov M.M., Davies C., Richards K., Safonova I. Evolution of Mesozoic fluvial systems along the SE flank of the West Siberian Basin, Russia // *Sedimentary Geology*. 2008. V. 208. P. 45–60.

Evolution of West Siberian Lower–Middle Jurassic river systems

Zhukovskaia E.A., Shpindler A.A.

“Gazpromneft Science & Technology Centre” LLC, St. Petersburg;
Zhukovskaya.EA@gazpromneft-ntc.ru, Shpindler.AA@gazpromneft-ntc.ru

The hydrocarbon prospects of the Lower–Middle Jurassic sedimentary sequence of the West-Siberian Mesozoic platform mantle have traditionally been studied by seismic methods, well logging and by complex core analysis.

Frequent interlayering, alternation and substitution of different types of sediments were found out due to long-term regional studies. In this way, sediments form cyclic structure of overlapping reservoirs and seals. Predominantly terrestrial reservoirs cause a lot of questions and uncertainties such as lateral heterogeneity and often multi-facies nature of sedimentary bodies, complex distribution of flow properties.

The complexity of the geological structure of the reservoirs still has not allowed an adequate assessment of their resource potential, planning of prospection, systems of exploration and realistic levels of oil production.

Considering the basic laws of river systems evolution from Hettangian to Callovian and periodic flooding of the territory because of transgression, it is necessary to evaluate volume of re-deposited sediments on the one hand and a denudation slice in the accumulation area (volume of incoming stock) on the other. This approach will allow building reference sedimentation series for different structural and facies zones and using them to forecast fluvial reservoirs, create the Lower–Middle Jurassic sedimentation models and geological and hydrodynamic models of deposits.

The successful exploration of the Lower–Middle Jurassic hydrocarbon play depends on the use of one-size-fits-all approaches to the integration of seismic, lithological and well log data of cross-functional methodological basis.