

## **ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ БАТ-ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГА ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО БАССЕЙНА**

### ***Людмила Галериевна Вакуленко***

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, тел. (383)333-23-03, e-mail: VakylenkoLG@ipgg.sbras.ru

### ***Алексей Юрьевич Попов***

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)333-23-03, e-mail: PopovAYu@ipgg.sbras.ru

### ***Сергей Владимирович Родякин***

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, ведущий инженер, тел. (383)333-23-03, e-mail: RodyakinSV@ipgg.sbras.ru

### ***Евгений Максимович Хабаров***

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, тел. (383)363-67-21, e-mail: KhabarovEM@ipgg.sbras.ru

### ***Петр Александрович Ян***

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, зав. лабораторией, ведущий научный сотрудник, тел. (383)363-67-21, e-mail: YanPA@ipgg.sbras.ru

Рассмотрены особенности петрографического состава бат-верхнеюрских алеврито-песчаных пород, вскрытых скважинами на юге Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. Акцент сделан на параметры, оказавшие существенное влияние на фильтрационно-емкостные свойства пород: гранулометрический и минералого-петрографический состав обломочной части, содержание, структуру и состав цемента. Сделаны некоторые выводы по пространственным закономерностям распространения различных по составу пород в пределах субизохронных осадочных комплексов. Предполагается, что значительные вариации в их составе вызваны сложным сочетанием в разной степени взаимозависимых факторов: влиянием локальных и региональных источников сноса, особенностями перераспределения материала в процессе его транспортировки и осадконакопления, а также постседиментационными изменениями. Наиболее изменчивые значения ФЕС, с зафиксированными максимальными параметрами пористости и проницаемости, установлены для пород средне-верхнеоксфордского комплекса на Верхнетарской, Дедовской, Биазинской, Веселовской, в меньшей степени – Касманской, Восточной и Тай-Дасской площадях.

**Ключевые слова:** Западная Сибирь, средняя-верхняя юра, коллекторы, петрография.

## **PETROGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE RESERVOIR ROCKS IN THE BAT-UPPER JURASSIC DEPOSITS OF THE SOUTH OF WESTERN-SIBERIAN PETROLEUM BASIN**

### ***Lyudmila G. Vakulenko***

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Associate Professor, Leading Researcher, phone: (383)333-23-03, e-mail: VakulenkoLG@ipgg.sbras.ru

### ***Aleksey Yu. Popov***

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Senior Researcher, phone: (383)333-23-03, e-mail: PopovAY@ipgg.sbras.ru

### ***Sergey V. Rodyakin***

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Leading Engineer, phone: (383)333-23-03, e-mail: RodyakinSV@ipgg.sbras.ru

### ***Evgeniy M. Khabarov***

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Leading Researcher, phone: (383)333-23-03, e-mail: KhabarovEM@ipgg.sbras.ru

### ***Peter A. Yan***

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Head of the Laboratory of Sedimentology, Leading Researcher, phone: (383)363-67-21, e-mail: YanPA@ipgg.sbras.ru

The features of the petrographic composition of the bath-upper Jurassic silt-sand rocks exposed by wells in the South of the West Siberian oil and gas basin are considered. The study is focused on the parameters that had a significant influence on the reservoir properties of rocks: granulometric and mineral-petrographic composition of the clastic part of rocks, cement content, structure and composition. Some conclusions are drawn on the spatial distribution of rocks of different composition within the subisochronous sedimentary complexes. It is assumed that significant variations in their composition are caused by a complex combination of varying degrees of interdependent factors: influence of local and regional sources of clastic material, peculiarities of redistribution of material during its transportation and sedimentation, and post-sedimentation changes. Most variable values of reservoir properties, with a recorded maximum parameters of porosity and permeability are obtained for the rocks of Medium-Upper Oxford complex on Verkhnetarskaya, Dedovskaya, Basinskaya, Veselovskaya, to a lesser extent, Kasmanskaya, Vostochnaya and Tai-Dasskaya drilling sites.

**Key words:** Western Siberia, Middle-Upper Jurassic, reservoir, petrography.

На фоне падения добычи углеводородов (УВ) и истощения фонда крупных и средних антиклинальных структур в Западно-Сибирском нефтегазоносном бассейне (НГБ) все более актуальным становится необходимость прогноза структурно-литологических ловушек. Комплексный седиментологический анализ, позволяющий устанавливать пространственно-временные закономерности

распространения литофаций с различными фильтрационно-емкостными свойствами, повышает достоверность прогноза. Литолого-фациальные исследования нефтегазоносных средне-верхнеюрских отложений на юге Западной Сибири (Новосибирская область) выполнялись в ПГО «Новосибирскгеология» под управлением З.Я. Сердюк в 70-80-х годах прошлого столетия. Большинство результатов, в том числе, сведения по петрографии пород-коллекторов, содержится в фондовых работах, частично их можно найти в немногочисленных публикациях [1-4].

Возобновившиеся на рассматриваемой территории в 2000-х годах исследования позволили коллективу лаборатории седиментологии ИНГГ СО РАН выполнить комплексный седиментологический и петрофизический анализ бат-верхнеюрских отложений юга Западной Сибири, базировавшийся на разностороннем изучении керна и результатов геофизических исследований скважин (ГИС). Было выделено 4 комплекса, отвечающие определенным этапам развития бассейна: средне-верхнебатский, келловейский, нижнеоксфордский и средне-верхнеоксфордский [5], отличающиеся палеогеографическими особенностями и закономерностями пространственного распространения гранулярных коллекторов. В данной работе приводятся результаты петрографических исследований алеврито-песчаных пород-коллекторов указанных комплексов.

В составе средне-верхнебатского комплекса наиболее грубозернистые породы выявлены в пределах Верхнечековской, Чековской и Тай-Дасской площадей. Вскрытые здесь песчаные пласты сложены песчаниками среднезернистыми, мелкозернистыми и переходными между ними гранулометрическими разновидностями. На большинстве же площадей, где выделен указанный комплекс, терригенные породы представлены алевролитами крупнозернистыми, разнозернистыми, алевропесчаниками и песчаниками мелкозернистыми.

Состав обломочной части средне-верхнебатских терригенных пород полевошпатово-кварцево-литокластитовый, характеризующийся заметным преобладанием обломков пород (в среднем 45-50 %), при этом наблюдается различное соотношение каркасных и пластичных литокластов. Обычно каркасные (кремнистые породы, кислые эффузивы, кварциты) преобладают, составляя от 55 до 90 % литокластов, однако, на Бергульской и Западно-Калгачской площадях увеличена доля пластичных обломков (разнообразные сланцы, глинистые породы), часто в разной степени деформированных, с переходом в цемент. Содержание кварца варьирует от 30 до 35 %, иногда возрастая в алевролитах до 50-60 %. Среди полевых шпатов (в среднем 15-20 %) значительно преобладают калиевые разновидности, но в некоторых разрезах (Верхнечековская, Чековская, Западно-Калгачская площади) до половины их представлено плагиоклазами. Часто отмечаются разнообразные слюды (0,5-3 %). В пределах Пешковской площади состав алеврито-песчаных пород определен как кварцево-литокластитовый с незначительным содержанием полевых шпатов (3-5 %), снижением содержания кварца (21-28 %), увеличением обломков пород (68-72 %). Существенно отличается состав песчаников на Тай-Дасской площади, здесь он

литокластитово-полевошпатово-кварцевый: кварца – 44-52 %, полевых шпатов – 22-31 %, литокластов (преимущественно каркасных) – 18-28 %.

Содержание глинисто-карбонатного цемента незначительное (2-14 %), редко возрастая до 50% в случаях интенсивной кальцитизации, проявленной, например, в разрезе Тай-Дасской скв. №3. В составе цемента глинистая часть представлена хлорит-гидрослюдистым материалом (1-15 %), с присутствием в более грубозернистых породах порового тонко- и мелкочешуйчатого каолинита (0,5-3 %). Постоянно отмечается пелитоморфный сидерит (1-25 %), формирующий поровый, иногда пленочный тип цемента. Карбонатная часть представлена также небольшим количеством порового кальцита – от 0,5 до 5 %. Редко присутствует аутигенный пирит (0,5-1 %), поровое органическое вещество (до 1 %), в более грубозернистых песчаниках отмечается небольшое количество регенерационного кварца.

Терригенные породы келловейского комплекса представлены в основном алевролитами различного гранулометрического состава, в меньшей степени алевропесчаниками, песчаниками мелко-, иногда среднезернистыми и переходными между ними разновидностями. Более грубозернистые породы изучены по разрезам Ракитинской площади, где в составе комплекса выделяются мало-мощные песчано-алевритовые и алеврито-песчаные пласты, и в разрезе, вскрытом в скв. Дедовская №1, где хорошо выражен довольно мощный песчаный пласт.

Состав обломочного материала изменяется в направлении с запада на восток изученной территории следующим образом: на Рифтовой площади он полевошпатово-кварцево-литокластитовый со средним содержанием литокластов (преимущественно каркасных) – 51 %, кварца – 30 %, полевых шпатов (преимущественно калиевых) – 19 %. В Дедовской скв. №1 отмечается близкое содержание полевых шпатов (30 %) и кварца (32 %), при уменьшении доли литокластов (38%). На Ракитинской площади состав пород меняется на полевошпатово-литокластитово-кварцевый, с содержанием кварца 43-47 %, литокластов (в более восточных скважинах половину литокластов составляют пластичные компоненты) – 28-41 % и полевых шпатов – 15-26 %, постоянно в более тонкозернистых породах присутствует слюда – от 0,5 до 5 %.

Цемент в породах преимущественно глинисто-карбонатного состава, составляет от 4-13 % до 25-55 %. Хлорит-гидрослюдистый материал (от 3-10 до 20-25 % в более тонкозернистых породах) формирует пленочно-поровый цемент. В песчаниках встречается поровый каолинит (1-6 %), лучше всего он проявлен в Дедовской скв. №1. Карбонатная часть представлена кальцитом (0,5-18 %, редко до 40-50 %), иногда к нему добавляется сидерит (5-15 %), содержание которого в алевролитах достигает 35 %, при этом концентрация пелитоморфных сгустков приурочена к прослоям, обогащенным гелефицированным и фюзенизированным растительным детритом. Часто в составе цемента отмечается небольшое количество пирита (1-3 %), на Ракитинской площади – поровое органическое вещество (2-3 %).

В составе нижнеоксфордского комплекса среди терригенных пород преобладают мелкозернистые песчаники, в меньшей степени распространены алевропесчаники и алевролиты различной зернистости. Более грубозернистые отложения с заметной долей средне- и средне-мелкозернистых песчаников вскрыты в пределах Чековской, Верхнечековской, Восточно-Межовской, Бергульской и Тай-Дасской площадей.

Состав обломочной части алеврито-песчаных пород в пределах изученной территории довольно значительно изменяется. Преобладают полевошпатово-литокластитово-кварцевые породы с содержанием кварца в среднем от 40 до 50 %. Обломки пород (23-38 %) на 60-90 % представлены каркасными компонентами. Средние содержания полевых шпатов (преимущественно калиевых разновидностей) варьируют от 14 до 26 %. На Восточно-Межовской площади их доля снижается до 9 %, наблюдается максимальное содержание кварца (41-69 %, в среднем 60 %), состав песчаников становится литокластитово-кварцевый. В ряде разрезов состав меняется на полевошпатово-кварцеволитокластитовый, характеризующийся значительным увеличением доли обломков пород (в среднем 44-55 %), уменьшением – кварца (30-42 %), средние содержания полевых шпатов изменяются от 13 до 21 %. В Чековской скв. № 1 последние снижаются до 8 %, здесь нижнеоксфордские песчаники имеют кварцево-литокластитовый состав. В восточной части изученной территории установлен литокластитово-полевошпатово-кварцевый состав пород, характеризующийся преобладанием кварца (в среднем от 40 до 54 %), повышенным содержанием полевых шпатов (27-37 %) и самым низким содержанием литокластов (20-28 %).

Цемент пород преимущественно поликомпонентный карбонатно-глинистый, иногда глинистый или карбонатный. Содержание его часто незначительное – 2-15 %, прослоями превышает 25 %, достигая 50-60 %, с формированием переходных терригенно-карбонатных пород. Глинистая часть цемента представлена хлорит-гидрослюдистым материалом – от 1 до 5 %, увеличиваясь в алевролитах до 15-20 %. В песчаниках отмечается небольшое количество порового каолинита, не превышающее обычно 1 %, в редких разрезах достигающее 3-5 %. Карбонатная часть цемента представлена кальцитом, который при содержании от первых % до 10-15 % формирует поровый тип, а при интенсивной кальцитизации содержание его составляет 30-55 %, структура разнокристаллическая, иногда пойкилитовая, тип цемента базально-поровый и порово-базальный. Постоянно отмечается пелитоморфный сгустковый сидерит (от 1-5 до 20-30 %), формирующий поровый, иногда базально-поровый цемент, повышенное содержание его отмечается в алевролитах. В редких случаях отмечается заметное содержание (до 1-3 %) пирита, порового органического вещества (до 1,5-2 %). В песчаниках Восточно-Межовской площади встречен регенерационный кварцевый цемент – до 1-2 %.

Средне-верхнеоксфордский комплекс характеризуется наиболее широким распространением песчаных пород различного гранулометрического состава. Более грубозернистые песчаники (средне-, реже крупно-средне- и крупнозернистые) представлены на Южно-Тарской и Восточно-Межовской площадях. До-

вольно часто отмечаются песчаники среднезернистые, которые совместно с мелкозернистыми и переходными между ними гранулометрическими разновидностями слагают песчаные пласты на Бергульской, Биазинской, Тай-Дасской, Восточно-Тарской, Западно-Калгачской, Восточной и в некоторых разрезах на Верхнетарской площадях. На большинстве площадей среди пород-коллекторов средне-верхнеоксфордского комплекса преобладают песчаники мелкозернистые, формирующие вместе с подчиненными алевропесчаниками и алевритами крупнозернистыми и разнозернистыми песчаные и алеврито-песчаные пласты различной мощности.

По составу обломочной части среди средне-верхнеоксфордских терригенных пород преобладает полевошпатово-литокластитово-кварцевый тип, при этом содержание кварца составляет обычно 45-50 %, содержание литокластов (преимущественно каркасного типа) часто лишь незначительно превышает содержание полевых шпатов, среди которых обычно существенно преобладают калиевые разновидности. Наиболее обогащены кварцем песчаники Восточно-Межовской и Южно-Тарской площадей, где его среднее содержание составляет соответственно 65 и 67 % при содержании литокластов 21 и 23 %, полевых шпатов 11 и 10 %. Гораздо реже отмечается литокластитово-полевошпатово-кварцевый состав обломочной части алеврито-песчаных пород – Восточная и Бергульская площади. Преобладание литокластов отмечено в пределах Межовской (полевошпатово-кварцево-литокластитовый состав) и Узасской (кварцево-полевошпатово-литокластитовый состав с повышенным содержанием литокластов (42-57 %), среди которых 2/3 составляют обломки пород каркасного типа) площадей.

Характерной особенностью терригенных пород средне-верхнеоксфордского комплекса являются значительные вариации в содержании цемента – от 1-7 до 50-60 %, с переходом в терригенно-карбонатные (известняковые) породы, часто содержащие, особенно в верхней части комплекса, остатки раковинчатой фауны кальцитового состава. Состав цемента чаще всего поликомпонентный – глинисто-карбонатный. Глинистый цемент представлен хлорит-гидрослюдистым материалом (от 0,5 до 18 %), постоянно отмечается поровый, в различной степени перекристаллизованный, каолинит (0,5-7 %). Карбонатная часть цемента представлена кальцитом, содержание которого сильно варьирует от первых % до 55 %, реже небольшим количеством доломита, иногда в подчиненном количестве встречается сидерит. Уровни интенсивной кальцитизации отмечаются практически во всех изученных разрезах, особенно характерны они для Восточно-Межовской, Восточной, Ракитинской, Верхнетарской площадей. Процессы карбонатизации, в результате дифференцированной коррозии и замещения различных минеральных компонентов, часто приводят к значительным изменениям в соотношении первичных седиментационных составляющих пород. В цементе отмечается также аутигенный пирит (1-10 %), в более грубозернистых песчаниках – аутигенный кварц, формирующий регенерационный тип цемента (1-4 %), в нефтенасыщенных породах – поровое органическое ве-

щество (1-5 %). В песчаных пластах верхней части комплекса встречен аутигенный глауконит.

Значительные вариации в составе обломочной части изученных терригенных пород вызваны дифференцированным влиянием различных локальных и региональных источников сноса, особенностями перераспределения материала в процессе транспортировки и осадконакопления, а также в разной степени проявленными постседиментационными изменениями и отражаются на результатах определений их фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС).

Наиболее изменчивые значения ФЕС, с зафиксированными максимальными параметрами пористости и проницаемости, установлены для пород средне-верхнеоксфордского комплекса. Пористость в них варьирует от 0,7 до 22,0 % (в среднем – 11,41 %), проницаемость – от  $<0,001$  до  $931,24 \times 10^{-15}$  мкм<sup>2</sup> (в среднем –  $38,68 \times 10^{-15}$  мкм<sup>2</sup>). Максимальные показатели фильтрационно-емкостных свойств отмечены на Верхнетарской, Дедовской, Биазинской, Веселовской, в меньшей степени – Касманской, Восточной и Тай-Дасской площадях.

*Работа выполнена при поддержке проекта ФНИ № 0331-2019-0021 «Основные седиментационные и постседиментационные процессы и закономерности их эволюции в протерозойских и фанерозойских осадочных бассейнах Сибири», и проекта РФФИ и Правительства Новосибирской области № 18-45-540004 р\_а.*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Запивалов Н.П., Сердюк З.Я., Яшина С.М. Условия формирования отложений баткелловой-оксфорда в Межовско-Убинском районе // Вопросы литологии и палеогеографии Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС. – 1970. – С. 13-18
2. Залазаева Л.В., Запивалов Н.П. Породы-коллекторы продуктивного пласта Ю<sub>1</sub> Верх-Тарского месторождения нефти (ЗС) // Литология и геохимия мезозойских отложений Сибири. - Новосибирск: СНИИГГиМС. - 1972. - С. 42-47.
3. Сердюк З.Я., Эренбург Б.Г. О составе вторичных карбонатов, развитых в трещинах и порах пород фундамента и осадочного чехла Обь-Иртышского междуречья // Литология и геохимия мезозойских отложений Сибири. - Новосибирск: СНИИГГиМС. - 1972. - С. 87-91.
4. Розин А.А., Сердюк З.Я. Преобразование состава подземных вод и пород ЗСП под воздействием глубинного углекислого газа // Литология и полезные ископаемые. – 1970. – № 4. – С. 102–113.
5. Палеогеографические критерии распределения коллекторов в средне-верхнеюрских отложениях юга Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна / Хабаров Е.М., Ян П.А., Вакуленко Л.Г., Попов А.Ю., Плисов С.Ф. // Геология нефти и газа. – 2009. – № 1. – С. 26–33.

© Л. Г. Вакуленко, А. Ю. Попов, С. В. Родякин, Е. М. Хабаров, П. А. Ян, 2019