

А. Ю. Попов^{1,2}, Л. Г. Вакуленко^{1,2}, Б. Л. Никитенко^{1,2}*

Особенности минералого-петрографического состава верхнеюрско-нижнемеловой толщи мыса Урдюк-Хая (п-ов Нордвик)

¹ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация

² Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: PopovAY@ipgg.sbras.ru

Аннотация. Впервые детально изучены особенности минералого-петрографического состава существенно глинистой верхнеюрско-нижнемеловой толщи мыса Урдюк-Хая (п-ов Нордвик). Разрез представлен в непрерывных естественных выходах, является эталонным для Паксинского фациального района и расположен на побережье потенциально нефтегазоносного лаптевоморского шельфа. Выявлены основные особенности состава верхней части урдюкхайнской и нижней части паксинской свит. Охарактеризованы изменения состава пород по разрезу, что позволило проследить закономерности изменения режима осадконакопления для западной части Анабаро-Ленского морского палеобассейна.

Ключевые слова: глинистые породы, верхняя юра, нижний мел, Восточная Сибирь, Арктика

A. Yu. Popov^{1,2}, L. G. Vakulenko^{1,2}, B. L. Nikitenko^{1,2}*

The mineralogical and petrographic composition features of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous strata of Cape Urdyuk-Khaya (Nordvik Peninsula)

¹ Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,
Novosibirsk, Russian Federation

² Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: PopovAY@ipgg.sbras.ru

Abstract. For the first time, the features of the mineralogical and petrographic composition of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous clayey strata of Cape Urdyuk-Khaya (Nordvik Peninsula) have been studied in detail. The section is presented in continuous outcrop, is a reference for the Paksin facies region and is confined to the Laptev Sea potentially oil and gas-bearing region. The main features of the composition of the upper part of the Urdyuk-Khaya and the lower part of the Paksin formations are revealed. Changes in the composition of rocks along the section were traced, which made it possible to trace the patterns of changes in the sedimentation regime for the western part of the Anabar-Lena marine paleobasin.

Keywords: clay rocks, upper Jurassic, lower Cretaceous, Eastern Siberia, Arctic

Введение

Верхнеюрско-нижнемеловой разрез п-ова Нордвик является эталонным для Паксинского фациального района Обь-Ленской фациальной области [1] и неоднократно становился объектом разносторонних геологических исследований [2-

11 и др.]. Разрез является непрерывным и обладает дробным стратиграфическим расчленением, что, наряду с непосредственным расположением на побережье моря Лаптевых, делает его важным объектом в свете продолжающихся исследований нефтегазоносного потенциала лаптевоморского шельфа [12-14]. Рассматриваемая существенно глинистая морская толща весьма хорошо изучена стратиграфически, однако, данные по ее составу и строению в литературных источниках крайне немногочисленны. Ранее авторами были рассмотрены особенности минералого-петрографического состава верхнеюрско-нижнемеловых отложений, представленных южнее, в серии обнажений нижнего течения р. Анабар [15, 16].

Методы и материалы

В рамках комплексных исследований верхнеюрско-нижнемеловых отложений мыса Урдюк-Хая (обнажение А33) было выполнено детальное изучение глинистых, глинисто-алевритовых и песчаных глауконитовых пород верхней части урдюкхайнской (верхний оксфорд–средневожский ярус; мощность 34 м) и нижней части паксинской (верхневожский ярус–низы бореального берриаса; мощность 31 м) свит. Биостратиграфическое расчленение разреза принято по [9, 11]. С помощью оптического поляризационного микроскопа изучено 28 петрографических шлифов пород. Структура пелитовых частиц описана по [17]. Исследование микроструктуры пород проводилось с использованием сканирующего электронного микроскопа Zeiss evo-10. Для характеристики минерального состава глинистого материала использовались данные рентгеновской дифрактометрии (валовые пробы, 24 образца), полученные в аналитическом центре ИГМ СО РАН (аналитик Н.А. Пальчик).

Результаты

Выполненное исследование позволило установить минералого-петрографические характеристики отдельных слоев и пачек, а также проследить особенности их изменения по разрезу.

В целом верхняя часть урдюкхайнской свиты представлена преимущественно аргиллитом (глиной аргиллитоподобной) в разной степени алевритистым, в нижней части разреза – алевритовым, вплоть до алевролита глинистого в нижнем изученном слое (1). Отложения нередко нарушены мелкими следами жизнедеятельности организмов, выполненными глинистым материалом, вплоть до появления мелкопятнистой текстуры. Характерной чертой пород является постоянное присутствие глауконитовых глобул, концентрирующихся неравномерно в виде небольших линз или отдельных прослоев глауконитовых песчаников. Глобулы размером преимущественно 0,25–0,5 мм имеют округлые, овальные, реже неправильные формы.

По данным рентгеновской дифрактометрии глинистое вещество урдюкхайнской свиты сложено разупорядоченным смектитом и иллит-смектитом (от 30 до 65 %) и диоктаэдрической слюдой мусковитового типа, доля которой снижается вверх по разрезу (от 50 до 25 %). Постоянно присутствуют хлорит и каоли-

нит, содержание которых составляет 5-10 %. Глинистое вещество характеризуется мелкочешуйчатой лепидобластовой структурой и ориентированным агрегатным погасанием. Обломочная примесь (от 5 % в верхней части свиты до 50 % и более в нижней) преимущественно мелкоалевритовая с небольшой варьирующей послойно долей обломков крупноалевритовой, в единичных случаях мелкопесчаной, размерности. Обломки представлены кварцем и полевыми шпатами (калиевыми, реже плагиоклазами), встречаются литокласты (тонкокристаллические кварцево-полевошпатовые породы, глинистые породы, редкие карбонаты). Постоянно отмечается обломочная слюда, представленная преимущественно мусковитом, реже биотитом, доля которой может достигать 30 % и более от обломочной части. В качестве примеси присутствует мелкий углефицированный растительный детрит. Его доля постепенно снижается вверх по разрезу от 5 % до единичных фрагментов в прикровельных слоях свиты. Характерны фосфатные костные фрагменты и раковины агглютинирующих фораминифер (до 1 %). В виде разноразмерных, преимущественно мелких, фрамбоидальных конкреций, а также по растительному детриту и внутренним частям раковин фораминифер развивается пирит – до 5 %, послойно в средней части свиты до 10–15 %.

Базальные слои паксинской свиты (4 м) существенно отличаются от подстилающих. Они сложены преимущественно углеродистым аргиллитом без глауконитовых глобул с большой долей пиритового вещества. В составе глинистого вещества также преобладают слюда и иллит-сметит (50-55 %), однако повышается доля каолинита и железисто-магнезиального хлорита (до 20-30 % каждого). Каолинит развивается в виде отдельных тонких прослоев (первые миллиметры) и характеризуется крупночешуйчатой структурой. Примесь обломков мелкоалевритовой размерности составляет первые проценты. Исчезает мелкий углефицированный растительный детрит, однако, в виде очень тонких линзочек концентрируется тонкодисперсное органическое вещество (5-10, близ подошвы до 20 %), обуславливающее тонкую горизонтальную слоистость пород. В описываемых слоях увеличивается количество фораминифер, представленных преимущественно агглютинирующими формами, и фосфатного костного детрита, доля которых может составлять первые проценты. Встречаются редкие фрагменты кальцитовых раковин, кальциферы, единичные радиолярии. Доля пирита (расеянного и фрамбоидального) возрастает послойно до 10-20 %.

Вышележащие слои паксинской свиты характеризуются схожим с базальными слоями минеральным составом, однако в структуре глинистого вещества появляются средне- и крупночешуйчатые разности. На фоне ориентированного агрегатного погасания вещества присутствуют прослои с хаотичным погасанием и следами взмучивания материала. Разнонаправленность отдельных чешуек глинистого вещества хорошо видна под электронным микроскопом. Доля мелкоалевритовых обломков в описываемой части паксинской свиты возрастает до 3-5 %. В их составе помимо кварца, полевых шпатов и обломочного мусковита встречаются единичные угловатые обломки, вероятно, представляющие собой хлоритизированные фрагменты глауконитовых глобул. В качестве примеси появляется единичный мелкий углефицированный растительный детрит, присут-

ствуют тонкие линзочки ОВ (первые %). Постоянно отмечаются раковины фораминифер (агглютинирующие, реже кальцитовые) и фосфатный костный детрит (до первых процентов), встречаются редкие кальцисферы. Доля пиритовых образований снижается и составляет первые проценты.

В верхних изученных 5 м паксинской свиты наблюдается незначительное снижение алевритовой примеси – до 2-3 %. В ее составе несколько возрастает количество хлоритизированных обломков. Практически исчезают линзочки ОВ, пирит составляет до 1 %.

Обсуждение

Выявленные особенности состава существенно глинистой толщи мыса Урдюк-Хая позволили проследить закономерности изменения режима осадконакопления для западной части Анабаро-Ленского морского палеобассейна.

Для верхней части урдюкхайнской свиты характерно постепенное снижение гидродинамической активности придонных вод, отраженное в снижении доли обломочной компоненты. Гидродинамика бассейна, вероятно, обуславливалась волновым воздействием в периоды штормов, что способствовало неравномерной линзовидной концентрации глауконитовых зерен. Наиболее крупные прослои глауконитового песчаника зафиксированы в нижней части изученного разреза. Характер глауконитовых зерен указывает на крайне слабые механическую переработку и вторичные минеральные преобразования, что позволяет предположить их местное происхождение. Это, в свою очередь, указывает на слабые темпы осадконакопления и пограничные окислительно-восстановительные условия в придонном слое воды. О недостатке кислорода свидетельствуют также развитие агглютинирующих форм фораминифер и довольно активное пиритообразование. Верхние существенно глинистые слои свиты формировались в наиболее низкоэнергетических условиях.

Существенная смена седиментационного режима наблюдается при формировании нижних слоев паксинской свиты. Очень тонкая параллельнослоистая текстура осадка, практически полное отсутствие обломочной компоненты, обогащение тонкодисперсным ОВ, большое количество фосфатных остатков костей рыб и агглютинирующих фораминифер отражают крайне низкие темпы седиментации и достаточно глубоководные обстановки с умеренно восстановительными условиями. Наблюдающееся выше постепенное снижение доли ОВ, некоторое увеличение содержания обломочной компоненты, появление прослоев с разноупорядоченной ориентировкой чешуек глинистых минералов и измененных обломков глауконитовых зерен свидетельствуют об увеличении темпов седиментации и периодах усилений гидродинамической активности. С учетом появления кальцитовых раковин микробентоса и снижения темпов пиритообразования можно также предположить постепенное уменьшение глубин палеобассейна с увеличением содержания кислорода в придонных слоях воды.

Заключение

Впервые выполнено детальное изучение минералого-петрографического состава существенно глинистых отложений мыса Урдюк-Хая верхнеюрско-ниж-

немелового возраста. Показано, что при схожем составе глинистого вещества, фиксируются характерные изменения в содержании различных включений (примесь терригенного материала, глауконитовые глобулы, конкреции пирита, растительный и костный детрит, микрофауна и др.). Выявленные особенности отдельных слоев и пачек позволили проследить закономерности изменения режима осадконакопления для западной части Анабаро-Ленского морского палеобассейна. Установлено, что при формировании верхней части урдюкхайнской свиты происходило общее снижение гидродинамической активности придонных вод с уменьшением их окислительного потенциала, вероятно связанные с увеличением глубин бассейна. Зафиксирована быстрая смена условий осадконакопления на границе урдюкхайнской и паксинской свит. Формирование базальных слоев последней проходило при некомпенсированном осадконакоплении в умеренно восстановительных условиях относительно глубоководных обстановок. Выше лежащая изученная часть паксинской свиты характеризуется постепенным увеличением поступления в бассейн глинистого и алевроитового обломочного материала и возрастанием окислительного потенциала придонных вод.

Планируемые в дальнейшем детальные литогеохимические исследования алевроито-глинистых пород рассматриваемой толщи позволят реконструировать состав источников сноса, особенности химического выветривания на континенте и уточнить окислительно-восстановительные условия придонных вод бассейна седиментации.

Благодарности

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РНФ № 22-17-00054, а также научно-методической поддержке ФНИ (FWZZ-2022-0008).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Никитенко Б. Л., Шурыгин Б. Л., Князев В. Г., Меледина С. В., Дзюба О. С., Лебедева Н. К., Пещевицкая Е. Б., Глинских Л. А., Горячева А. А., Хафаева С. Н. Стратиграфия юры и мела Анабарского района (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) и бореальный зональный стандарт // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 8. – С. 1047-1082.
2. Басов В. А., Захаров В. А., Иванова Е. Ф., Сакс В. Н., Шульгина Н. И., Юдовный Е. Г. Зональное расчленение верхнеюрских и нижнемеловых отложений на мысе Урдюк-Хая (п-ов Пахса, Анабарский залив) // Ученые записки НИИГА. Палеонтология и биостратиграфия. – 1970. – № 29. – С. 14-31.
3. Захаров В. А., Юдовный Е. Г. Условия осадконакопления и существования фауны в раннемеловом море Хатангской впадины // Палеобиогеография севера Евразии в мезозое / под ред. Дагис А. С., Захаров В. А. – М.: Наука, 1974. – С. 127–174.
4. Каплан М. Е. Литология морских мезозойских отложений севера Восточной Сибири. Л.: Недра, 1976. – 229 с.
5. Палеогеография севера СССР в юрском периоде / под ред. К. В. Боголепова. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1983. – 188 с.
6. Хоша В., Прунер П., Захаров В. А., Костак М., Шадима М., Рогов М. А., Шлехта С., Мазух М. Бореально-тетическая корреляция пограничного юрско-мелового интервала по магнито- и биостратиграфическим данным // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2007. – № 3. – С. 63-75.

7. Žák K., Košťák M., Man O., Zakharov V. A., Rogov M. A., Pruner P., Rohovec J., Dzyuba O. S., Mazuch M. Comparison of carbonate C and O stable isotope records across the Jurassic/Cretaceous boundary in the Tethyan and Boreal Realms // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2011. – V. 299. – P. 83-96.
8. Никитенко Б. Л., Князев В. Г., Лебедева Н. К., Пещевицкая Е. Б., Кутыгин Р. В. Проблемы стратиграфии оксфорда и кимериджа на севере Средней Сибири (разрез полуострова Нордвик) // *Геология и геофизика*. – 2011. – Т. 52. – № 9. – С. 1222-1241.
9. Никитенко Б. Л., Князев В. Г., Пещевицкая Е. Б., Глинских Л. А. Верхняя юра побережья моря Лаптевых: межрегиональные корреляции и палеообстановки // *Геология и геофизика*. – 2015. – Т. 56. – № 8. – С. 1496-1519.
10. Zakharov V. A., Rogov, M. A., Dzyuba, O. S., Žák, K., Košťák, M., Pruner, P., Skupien P., Chadima M., Mazuch M., Nikitenko, B. L. Palaeoenvironments and palaeoceanography changes across the Jurassic/Cretaceous boundary in the Arctic realm: case study of the Nordvik section (north Siberia, Russia) // *Polar research*. – 2014. – V. 33. – № 1. – P. 19714.
11. Каширцев В. А., Никитенко Б. Л., Пещевицкая Е. Б., Фурсенко Е. А. Биогеохимия и микрофоссилии верхней юры и нижнего мела Анабарского залива моря Лаптевых // *Геология и геофизика*. – 2018. – Т. 59. – № 4. – С. 481–501.
12. Конторович А. Э., Эпов М. И., Бурштейн Л. М., Каминский В. Д., Курчиков А. Р., Малышев Н. А., Прищепа О. М., Сафронов А. Ф., Ступакова А. В., Супруненко О. И. Геология, ресурсы углеводородов шельфов арктических морей России и перспективы их освоения // *Геология и геофизика*. – 2010. – Т. 51. – № 1. – С. 7-17.
13. Полякова И. Д., Борукаев Г. Ч. Структура и нефтегазовый потенциал Лаптевоморского региона // *Литология и полезные ископаемые*. – 2017. – № 4. – С. 322-339.
14. Скворцов М. Б., Дзюбло А. Д., Грушевская О. В., Кравченко М. Н., Уварова И. В. Качественная и количественная оценка перспектив нефтегазоносности шельфа моря Лаптевых // *Геология нефти и газа*. – 2020. – № 1. – С. 5-19.
15. Никитенко Б. Л., Девятов В. П., Пещевицкая Е. Б., Попов А. Ю., Фурсенко Е. А., Хафаева С. Н. Стратиграфия, литология и геохимия прибрежных и мелководно-морских разрезов верхов средней юры–низов мела р. Анабар (Арктическая Сибирь) // *Геология и геофизика*. – 2022. – Т. 63. – № 5. – С. 673-708.
16. Попов А. Ю., Вакуленко Л. Г., Никитенко Б. Л. Петрографические и литогеохимические особенности верхов средней юры–низов нижнего мела нижнего течения реки Анабар (Восточная Сибирь, Арктика) // *Геология и геофизика*. – 2022. – Т. 63. – № 9. – С. 1233-1252.
17. Фролов В.Т. Литология. Кн. 2: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 432 с.

© А. Ю. Попов, Л. Г. Вакуленко, Б. Л. Никитенко, 2023