

Опыт стратиграфических и фациальных построений по результатам шламового опробования скважины месторождения Русское

Маринов В.А.¹, Агалаков С.Е.¹, Овчинникова А.С.¹, Колмаков А.Ю.²

¹ООО «Тюменский нефтяной научный центр» (ОГ ПАО «НК «Роснефть»), Тюмень, Россия; ²Томский государственный университет, Томск, Россия
vamarinov@tnnc.rosneft.ru

Аннотация

Работа посвящена повышению эффективности геолого-разведочных работ и степени обоснованности результатов геологического моделирования путем комплексного применения различных методов стратиграфии и фациального анализа. Рассмотрены особенности выполнения стратиграфических и фациальных анализов по пробам шлама. Ожидаемый экономический эффект от применения шламового опробования связан с доступностью шлама, полнотой характеристики разреза, оперативностью получения результатов. Рассмотрены вопросы минимизации возможных неопределенностей интерпретации данных, возникающих при использовании шлама в качестве материала исследований. Проведена оценка достоверности полученных результатов.

Материалы и методы

Материалами для работ явились пробы шлама (54 пробы) и керны (24 пробы) месторождения Русское. Биостратиграфическими и магнитостратиграфическими методами обосновано подразделение изученного разреза на свиты и подсвиты, пласты и пачки регионального распространения. С помощью геохимических и

биофациальных методов реконструированы условия формирования отложений.

Ключевые слова

верхний мел, Западная Сибирь, палеогеография, стратиграфия, шламовое опробование

Авторы благодарят сотрудников Томского государственного университета А.А. Чен, А.М. Исакову, Т.В. Беляеву, выполнивших измерения магнитной восприимчивости образцов, и также А.Г. Маникина за ценные консультации.

Для цитирования

Маринов В.А., Агалаков С.Е., Овчинникова А.С., Колмаков А.Ю. Опыт стратиграфических и фациальных построений по результатам шламового опробования скважины месторождения Русское // Экспозиция Нефть Газ. 2024. № 9. С. 30–38.
DOI: 10.24412/2076-6785-2024-9-30-38

Поступила в редакцию: 01.11.2024

GEOLOGY

UDC 551.763.3:56(571.1) | Original Paper

Experience of stratigraphic and facies constructions based on well cutting investigation from the well of the Russkoe deposit

Marinov V.A.¹, Agalakov S.E.¹, Ovchinnikova A.S.¹, Kolmakov A.Yu.²

¹"Tyumen petroleum research center" LLC ("Rosneft" PJSC Group Company), Tyumen, Russia; ²Tomsk state university, Tomsk, Russia
vamarinov@tnnc.rosneft.ru

Abstract

The publication is devoted to improving the efficiency of geological exploration and the degree of validity of the results of geological modeling through the integrated application of various methods of stratigraphy and facies investigations. The features of performing stratigraphic and facies analyses based on well cutting are considered. The expected economic effect of the use of well cutting is associated with this availability, the completeness of the characteristics of the section, and the promptness of obtaining results. The issues of minimizing possible uncertainties in the interpretation of data arising from the use of well cutting as research material are considered. The reliability of the obtained results was assessed.

Materials and methods

The materials for the work were sludge samples (54 samples) and core samples (24 samples) from the Russian deposit. Biostratigraphic and magnetostratigraphic methods have been used to substantiate the division of the studied section into formations and sub-formations, layers and bundles of regional distribution. The conditions of sediment

formation have been reconstructed using geochemical and biofacial methods.

Keywords

upper cretaceous, Western Siberia, paleogeography, stratigraphy, sludge sampling

For citation

Marinov V.A., Agalakov S.E., Ovchinnikova A.S., Kolmakov A.Yu. Experience of stratigraphic and facies constructions based on well cutting investigation from the well of the Russkoe deposit. Exposition Oil Gas, 2024, issue 9, P. 30–38. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2024-9-30-38

Received: 01.11.2024

Введение

Целью выполненных исследований является уточнение модели строения и условий формирования газоносных отложений верхнего мела северных районов Западной Сибири для повышения эффективности геологоразведочных работ, прогноза зон улучшенных коллекторов и неструктурных ловушек. Выполнены стратиграфические и фациальные исследования потенциально продуктивных горизонтов по материалам шламового опробования. Уточнялись такие параметры условий седиментации продуктивных пластов, как глубина, солёность, степень гидродинамической активности придонных вод и расстояние от источников сноса. Количество публикаций, в которых такие исследования выполнены по данным анализа шламовых проб, с каждым годом увеличивается. Интерес к анализу шлама определяется его доступностью, возможностью получить геологические и геохимические характеристики геологического разреза целиком, оперативностью проведения анализов. Современный спектр исследований шламовых проб чрезвычайно широкий [11, 13, 18, 21, 22]. Активное использование шлама для решения самых различных задач связано с развитием инструментальной аналитической базы. Вместе с тем специфика шламового материала предполагает некоторые ограничения при проведении исследований. Необходимо учитывать ряд факторов, которые искажают первичные соотношения объектов исследований и создают неопределённости при интерпретации полученных результатов. Это загрязнение проб породами из верхней части разреза, в том числе обвальное, погрешности определения глубины отбора проб шлама, воздействие на породу внешних факторов, таких как контакт породы с буровым раствором, присутствие продуктов истирания бурового снаряда [16, 24]. Оценка их влияния составляет обязательный раздел работ со шламовым материалом для оценки корректности полученных результатов. Выполнено подробное описание полной последовательности исследований шлама: способа отбора проб, методик пробоподготовки, анализа и интерпретации.

Материал

Материалами для работ явились пробы шлама и керны, отобранные из скважины 5 месторождения Русское, расположенного в бассейне нижнего течения р. Таз, в Омско-Гыданском структурно-фациальном районе (рис. 1). В интервале глубин 440,0–706,0 м было отобрано 54 пробы шлама. Опробован разрез охтеурьевской, березовской и большелайдинской свит (коньякский-маастрихтский ярусы). Для контроля достоверности результатов исследований шлама были выполнены биостратиграфические и литологические анализы 24 проб ядерного материала из интервалов 598–638,8 м, 666–698 м.

Методика исследований

Шламовые пробы весом около 400 грамм отбирались с поверхности шламовых сит. Положение шламовых проб к разрезу было привязано с учетом скорости циркуляции раствора, а также путем привязки проб по данным радиометрии к диаграмме радиоактивного каротажа.

Комплекс работ включал биостратиграфические, магнитостратиграфические, литологические исследования и биофациальный анализ. Используемая в работе

стратиграфическая схема, обоснование возраста стратиграфических подразделений и карта фациального районирования опубликованы ранее [9, 10].

Вес пробы для микропалеонтологического анализа составлял 100 грамм. Обработка микрофаунистических проб выполнена стандартными методами [17] с удалением глинистых частиц. Методика микрофаунистического анализа шламовых проб отличается от общепринятой, когда границы зональных подразделений проводятся по уровню первого появления видов фораминифер. Поскольку избежать загрязнения образца породой из верхних частей разреза при шламовом опробовании невозможно, нижняя точка присутствия вида может являться не уровнем его появления в разрезе, а следствием заражения пробы. Поэтому границы зон по фораминиферам проведены по уровням первого появления видов в шламе, что отвечает уровню их последнего появления в разрезе.

Палеогеографические построения были проведены с использованием методик биофациальных реконструкций, предложенных [2, 3, 4, 5] и некоторыми другими исследователями. Индикаторами фациальной принадлежности отложений явились состав и структура комплексов фораминифер. Ключевой характеристикой комплексов служит состав доминантов палеосообществ, видов, которые стабильно присутствуют и составляют более 5% от общего количества экземпляров в составе комплекса. Для характеристики структуры сообществ микрофауны использовались фораминиферовое число (количество фораминифер в 100 граммах породы), индекс таксономического разнообразия Симпсона (D) и видового богатства (S). Принятая систематика надродовых таксонов фораминифер изложена в работах [19, 20].

1. Астроризидовые сообщества. Общее количество видов (S) не превышает 5–7. Значения их таксономического разнообразия минимальны (D =

1,5–3). Фораминиферовое число обычно не превышает 40 экземпляров. Доминируют таксоны из отряда Astorhizida (роды Bathysiphon, Psammoshaera, Saccamina), отряд Lituolida (роды Proteonina, Reophax). Они обитали в обстановках внутренних заливов, лагун и эстуариев с нестабильной солёностью и нарушением газового режима придонных вод.

2. Аммодисцидовые сообщества. Доминируют представители отрядов Ammodiscida, (роды Ammodiscus, Glomospira), Lituolida (род Asanospira), Loftusiida (род Cyclammina). Сообщества населяли морское мелководье с активной гидродинамикой, нестабильной и пониженной солёностью вод. Современными аналогами таких обстановок являются мелководные эпиконтинентальные моря, например Балтийское. Характерны низкие значения видового богатства (S), около 3–5; и таксономического разнообразия (D = 1,5–2). Фораминиферовое число может достигать 100.

3. Трохамминидовые ассоциации. Доминируют представители подотряда Trochamminina (род Trochammina). Ассоциации обитали в обстановках со слабой гидродинамикой и экстремально низкими показателями солёности вод, от солонатоводных до практически пресных, и низким содержанием кислорода в придонном слое вод. Количество видов в сообществах не превышало 3–4, из которых доминировал один. Часто встречаются моновидовые сообщества. Значения таксономического разнообразия низкие, составляют 1–2. Фораминиферовое число может быть очень высоким, до 1 000 экземпляров.

4. Литуолидовые ассоциации. Доминируют представители отряда Lituolida (роды Naplophragmoides, Cribrostomoides, Labrospira, Ammobaculites,

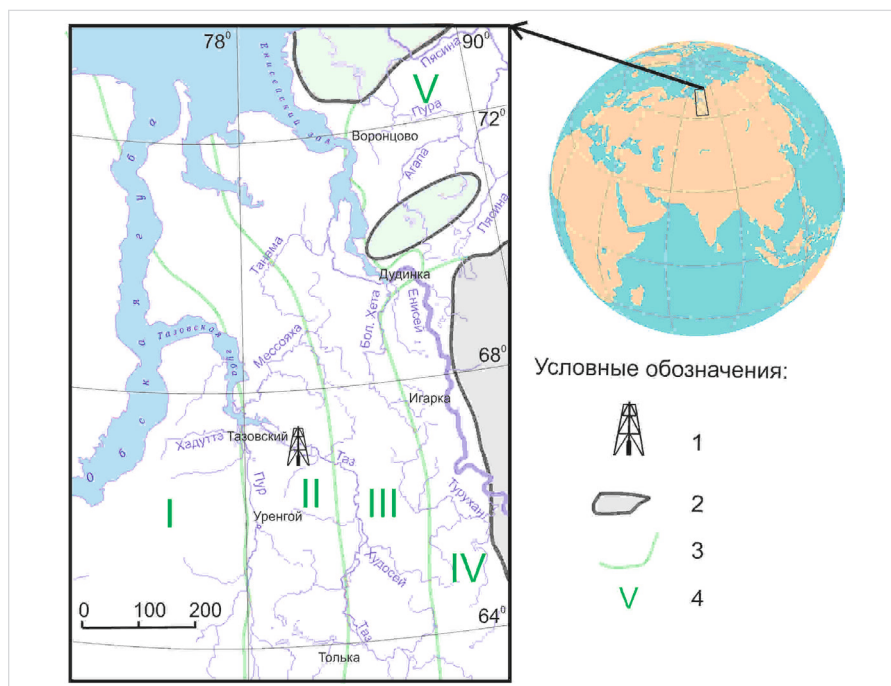


Рис. 1. Местоположение скважины Русская 5-05: 1 — местоположение скважины, 2 — зоны отсутствия верхнемеловых отложений, 3 — границы структурно-фациальных районов [10], 4 — номера структурно-фациальных районов

Fig. 1. Location of the Russian 5-05 well: 1 — well's location, 2 — lack of the Upper Cretaceous zone, 3 — structure-facial district boundary, 4 — structure-facial district numbers

Spiroplectamina) и отряда Loftusiida (род *Naplophragmium*). Обстановки обитания сообществ — мелководно-морские, с неблагоприятными параметрами в придонном слое вод (колебания солёности, диксика, высокая подвижность вод). Значения основных гидрохимических факторов не выходили за граничные значения для морских условий (солёность 25 ‰, содержание кислорода в придонных водах 4 мг/л). Видовое богатство составляет 15–30 видов, показатели разнообразия ($D = 6-9$), фораминиферовое число

обычно не превышает 100 экземпляров. 5. Лагенидовые сообщества. Присутствуют в доминантной группе полимофиниды (роды *Guttulina*, *Globulina*), лагениды (роды *Robulus*, *Nodosaria*, *Dentalina*), эпистоминиды (*Epistomina*, *Reinholdella*) и роталиды (*Parrelloides*, *Gyroidinoides*, *Cibicides*). Ассоциации населяют зоны морского мелководья. Видовое богатство ассоциаций составляет 10–20 видов, показатели таксономического разнообразия средние ($D = 6-9$), фораминиферовое число редко превышает 50 экземпляров.

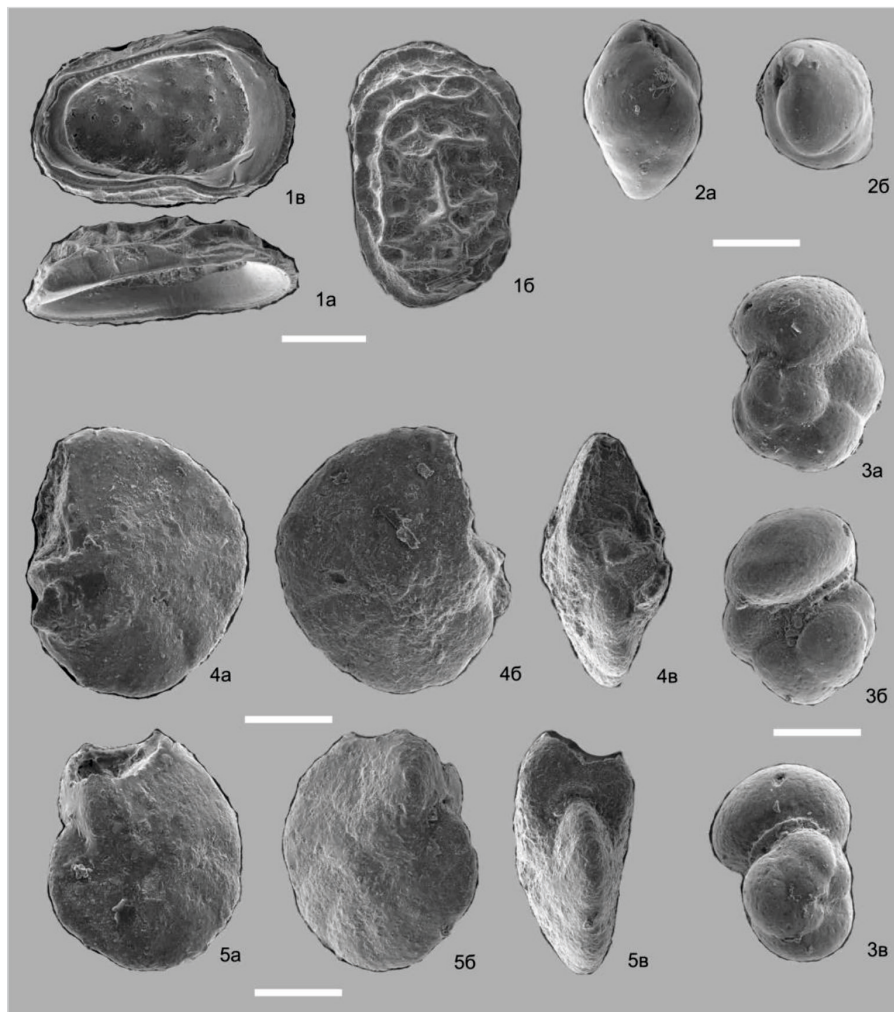
6. Роталиидовые ассоциации фораминифер. Доминируют представители родов *Spiroplectamina*, *Parrelloides*, *Valvulinoides*, *Gyroidinoides*, *Cibicides*, *Cibicoides*, *Brotzenella*, *Falsoplanulina*, *Praebulimina*. Сообщества населяли верхнюю часть сублиторали с оптимальным сочетанием условий окружающей среды, удалённую от берега умеренно глубоководную зону. Глубины моря не превышали 50 м, солёность вод была стабильной морской 33–37 ‰, аэрация придонного слоя вод — хорошей, гидродинамика — умеренной. Роталиидовые комплексы имеют высокие показатели разнообразия ($D = 8-17$), количество видов в них достигает 80. Фораминиферовое число может составлять десятки тысяч экземпляров.

Магнитостратиграфические исследования включали анализ петромагнитных свойств шлама (магнитной восприимчивости). Методика пробоподготовки магнитостратиграфических образцов включала измельчение шламовых проб массой около 400 гр. в щековой дробилке, после чего материал проб проходил процедуру сокращения методом квартования. Далее выделялась рабочая фракция. Пробы просеивались через сито с ячейкой 1 мм и отмывались в чистой воде от глинистых минералов для последующего выделения магнитной фракции. Затем полученная фракция взвешивалась на аналитических весах и анализировалась на бинокулярном микроскопе. Проводилось разделение фракции на составляющие минералы по типичным кристаллографическим формам, цвету, блеску и вторичным изменениям. Каждая выделенная группа минералов отдельно взвешивалась на весах с процедурой приведения к 100 % относительно изначальной массы магнитной фракции. Выполнены измерения магнитной восприимчивости пятидесяти двух проб с помощью каппаметра КТ-6 и построение петромагнитного разреза.

Фациальный анализ проводился с использованием типовых геохимических модулей, которые являются отношением петрогенных оксидов в массовых процентах. Модули отражают особенности бассейна седиментации (глубина, солёность вод, степень удалённости от палеоберега) и климатических показателей областей сноса (Маслов, 2005). Исходными данными для вычисления значений модулей явились результаты рентгенфлуоресцентного анализа 54 образцов шлама и 24 образцов керна.

Вычислены значения следующих модулей:

- диаграмма Саттнера и Датта $SiO_2 / (Al_2O_3 + K_2O + Na_2O)$, (Suttner, Dutta, 1986), а также индекс химического выветривания (CIA), модуль $[Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)] \times 100$ (в молекулярных количествах), позволяют оценить климат области сноса;
- железо-марганцевый модуль, соотношение Fe/Mn [1]. Позволяет оценить глубину формирования отложений;
- гидрозатный модуль (ГМ) $(Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO + MnO) / SiO_2$ [12] указывает на специфику кор выветривания областей сноса;
- титановый модуль (ТМ) TiO_2 / Al_2O_3 [12] показывает степень удалённости территории формирования осадка от области сноса;
- алюмокремневый (АМ) Al_2O_3 / SiO_2 [12] модуль позволяет оценить интенсивность



Фототаблицы. Все образцы происходят из скважины Русская 5, обр. 13, глубина отбора 531,8 м, большелайдинская свита, маастрихтский ярус. Хранятся в эталонной палеонтологической коллекции ООО «Тюменский нефтяной научный центр». Фиг. 1. *Orthonotacythere austra Lipin* in Lybimova, 1960; экз. № 5_Рус_13/1; левая створка: а — вид снаружи, б — вид изнутри, в — вид сбоку. Фиг. 2. *Sitella laevis* (Beissel, 1891); экз. № 5_Рус_13/2: а — вид сбоку, б — вид со стороны устьевой поверхности. Фиг. 3. *Bagginoides quadrilobus* (Mello, 1969); экз. № 5_Рус_13/3: а — вид со стороны спинной поверхности, б — вид со стороны брюшной поверхности, в — вид со стороны устьевой поверхности. Фиг. 4, 5. *Brotzenella pseudopapillosa* (Carsey, 1826). Фиг. 4, экз. № 5_Рус_13/4: а — вид со стороны спинной поверхности, б — вид со стороны брюшной поверхности, в — вид со стороны устьевой поверхности. Фиг. 5, экз. № 5_Рус_13/5: а — вид со стороны спинной поверхности, б — вид со стороны брюшной поверхности, в — вид со стороны устьевой поверхности

Description of the photo table. All samples come from the Russian well 5, model 13, sampling depth 531,8 m, Bolshaja Laida formation, Maastrihtian stages. They are stored in the reference paleontological collection of "Tyumen petroleum research center" LLC. Фиг. 1. *Orthonotacythere austra Lipin* in Lybimova, 1960; ex. № 5_Rus_13/1; left wing: а — view from the outside, б — view from the inside, в — view from the side; Фиг. 2. *Sitella laevis* (Beissel, 1891); ex. № 5_Rus_13/2: а — side view, б — view from the mouth surface; Фиг. 3. *Bagginoides quadrilobus* (Mello, 1969); ex. № 5_Rus_13/3: а — view from the dorsal surface, б — view from the abdominal surface, в — view from the oral surface; Фиг. 4, 5. *Brotzenella pseudopapillosa* (Carsey, 1826). Fig. 4, ex. № 5_Rus_13/4: а — view from the dorsal surface, б — view from the abdominal surface, в — view from the oral surface. Fig. 5, ex. № 5_Rus_13/5: а — view from the dorsal surface, б — view from the abdominal surface, в — view from the oral surface

процессов дифференциации осадочного вещества;

- фемический модуль (ФМ) ($Fe_2O_3 + FeO + MgO / SiO_2$) [12] позволяет разделить петрогенные и вулканогенные породы;
- натриевый (НМ) NaO / Al_2O_3 [12] характеризует процессы химического выветривания и позволяет разделить озерные, морские и прибрежно-морские обстановки;
- индикатор Ti/Zr [12] используется при оценке дальности переноса терригенного материала и удаленности от областей сноса;
- индикатор Fe/Fe [1], отношение окисного и закисного железа показывают значения окислительно-восстановительного потенциала в зоне формирования осадка;
- геохимический модуль Sr/Ba позволяет оценить степень насыщенности осадконакопления [6].

Краткое описание литологии изученного разреза

Разрез опробован в интервале 440–706 м, включающем верхнюю часть охтеурьевской свиты, нижеберезовскую подсвиту и большелайдинскую свиту.

Охтеурьевская свита

Пласт Т1. Интервал 697–706 м. Сложен зеленовато-серыми глауконитовыми алевролитами и песчаниками с включениями обломков призматического слоя иноцерамид, радиолярий, спикул губок и костей рыб.

Мярояхинская пачка глин. Интервал 690–697 м. Сложена алевролитами, глинами зеленовато-серыми, с включениями обломков раковин двустворок, радиолярий, гипса, пирита, глауконита.

Березовская свита, нижняя подсвита

Пласт НБ₄. Интервал 667–690 м. Сложен зеленовато-серыми алевролитами, опоковидными глинами и мелкозернистыми песчаниками глауконитовыми с включениями пирита, скелетов радиолярий, спикул губок.

Пласт НБ₃. Интервал 643–667 м. Сложен зеленовато-серыми опоковидными глауконитовыми глинами и алевролитами с конкрециями сидерита и пирита. В породе рассеян раковинный детрит.

Пласт НБ₂. Интервал 628–643 м. Сложен зеленовато-серыми опоковидными глинами со стяжениями пирита.

Пласт НБ₁ (хэяхинская пачка глин). Интервал 601–628 м. Сложен серыми глинистыми опоками с прослоями кремнистых глин.

Большелайдинская свита

Пласты ВБ₂₋₃. Интервал 585–601 м. Сложены серыми опоковидными алевролитами и глинами с включениями пирита.

Пласт ВБ₁. Интервал 561–585 м. Сложен серыми алевролитами опоковидными, со стяжениями пирита, спикулами губок, зернами глауконита.

Пласт ВБ₀. Интервал 542–561 м. Сложен серыми алевролитами опоковидными, со спикулами губок и скелетами радиолярий.

Пласт ГН. Интервал 440–542 м. Представляет чередование прослоев глин карбонатных алевролитов, светло-серых с гипсом и обломками раковин двустворок, серых алевролитов и опоковидных алевролитов с включениями гравия и песка, алевролитов зеленовато-серых глинистых, с карбонатным цементом.

Биостратиграфия

Биостратиграфическое и свитное подразделение изученного разреза обосновано анализом распределения зональных комплексов

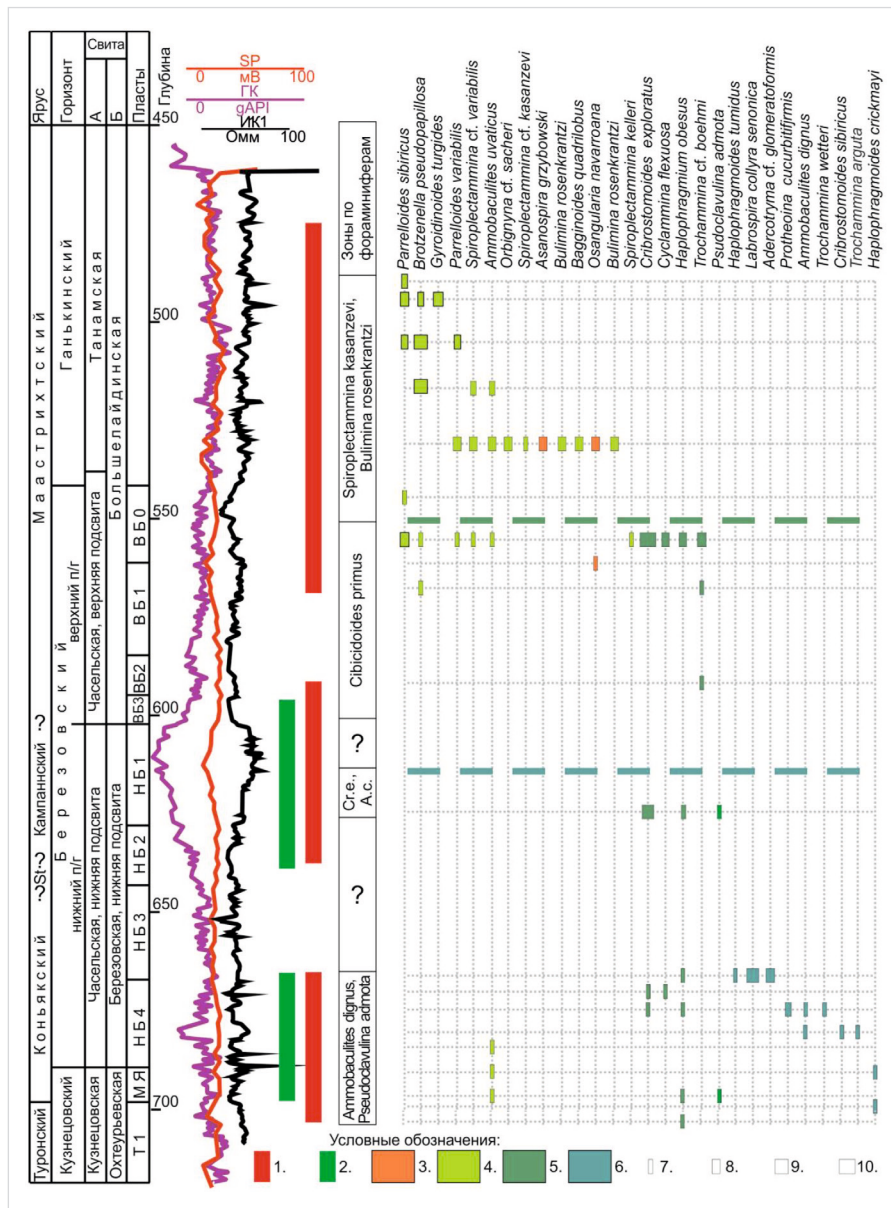


Рис. 2. Распространение характерных видов фораминифер в разрезе скважины Русская 5-05: 1 – интервалы отбора шлама, 2 – интервалы отбора керна, 3–6 – стратиграфическая принадлежность фораминифер: 3 – фораминиферы талицкого горизонта, 4 – фораминиферы ганькинского горизонта, 5 – фораминиферы верхнеберезовского подгоризонта, 6 – фораминиферы нижнеберезовского подгоризонта, 7–10 – количество экземпляров: 7 – 1–2 экз., 8 – 3–4 экз., 9 – 5–6 экз., 10 – 7–10 экз. Сокращения: МЯ – мярояхинская пачка; свиты: А – согласно Решение..., 1991 [15]; Б – Маринов и др., 2023 [10] зоны по фораминиферам: С.е., А.с. – *Cribrostomoides exploratus*, *Ammomarginulina crista*

Fig. 2. Distribution of characteristic species of foraminifera in the section of the Russian 5-05 well: 1 – cutting sampling intervals, 2 – core sampling intervals, 3–6 – stratigraphic affiliation of foraminifera: 3 – foraminifera of the Talitscha horizon, 4 – foraminifera of the Gankino horizon, 5 – foraminifera of the Upper Berezovo subhorizon, 6 – foraminifera, Lower Berezovo subhorizon, 7–10 – number of specimens: 7 – 1–2 samples, 8 – 3–4 samples, 9 – 5–6 samples, 10 – 7–10 samples. Abbreviations: Myaroyakhinskaya pack; formations: А – according to the Decision..., 1991 [15]; В – according to Marinov et al., 2023 [10], foraminifera zones: С.е., А.с. – *Cribrostomoides exploratus*, *Ammomarginulina crista*

фораминифер (рис. 2). Пробы из интервала глубин 440–479 м, верхней части большелайдинской свиты, содержат обломки раковин агглютинирующих фораминифер, не позволяющие уточнить стратиграфическое положение интервала.

Из средней части большелайдинской свиты, пласта Гн, интервала глубин 479–551 м, определены фораминиферы *Haplophragmoides* sp. ind., *Asanospira grzybowski* (Mjatljuk), *Ammobaculites uvaticus* (Bulatova), *Spiroplectammina* cf.

variabilis Neckaja, *S. cf. kasanzevi* Dain, *S. brevis* Kisselman, *Haplophragmium* sp. ind., *Pseudoclavulina* aff. *admota* Podobina, *Orbignyna* cf. *sacheri* (Reuss), *Trochammina pentacamerata* Lipman, *Bagginoides quadrilobus* (Mello) (фототаблица, фиг. 3), *Parrelloides sibiricus* Neckaja, *P. variabilis* Marinov, *Osangularia navarroana* (Cushman), *Gyroidinoides turgidus* (Hagenow), *Brotzenella pseudopapillosa* (Carsey) (фототаблица, фиг. 4, 5), *Bulimina rosenkrantzi* Brotzen, *Sitella laevis* (Beissel) (фототаблица, фиг. 2).

Встречены остракоды рода *Orthonatocythere* sp. (фототаблица, фиг. 1). В комплексе количественно преобладает вид *Brotzenella pseudopapillosa*. Ядро комплекса составляют виды зонального комплекса *Spiroplectammina kasanzevi*, *Bulimina rosenkrantzi* верхнего маастрихта Западной Сибири. Обнаружены виды-индексы и другие характерные виды зоны *Orbignyia cf. sacheri*, *Parrelloides variabilis*, *Osangularia navarroana*, *Brotzenella pseudopapillosa*. Остальные виды *Ammobaculites uvaticus*, *Spiroplectammina cf. variabilis*, *Spiroplectammina brevis* Kisselman, *Pseudoclavulina aff. admota*, *Bagginoidea quadrilobus*, *Parrelloides sibiricus*, *Gyroidinoides turgidus* (Hagenow) имеют широкое распространение в пределах всего ганькинского горизонта (маастрихт). Виды *Asanospira grzybowski* и *Trochammina pentacamerata* принадлежат к комплексу *Ammoscalaria friabilis* верхнеталицкого подгоризонта (верхний палеоцен) [14]

(Подобина, 2009) и попали в образцы вместе с загрязнением.

В интервале 551–598 м, в нижней части большелайдинской свиты, пластах ВБ₂, ВБ₁ и ВБ₀, обнаружены фораминиферы *Psammosphaera laevigata* White, *Psammosphaera fusca* Schulze, *Recurvoides optivus* Podobina, *Spiroplectammina kelleri* Dain, *S. variabilis* Neckaja, *S. brevis* Kisselman, *Haplophragmoides sp. ind.*, *Cribrostomoides exploratus* Podobina, *Cyclammina flexuosa* Podobina, *Ammobaculites cf. uvaticus* (Bulatova), *Haplophragmium obesum* (Bulatova), *Pseudoclavulina aff. admota* Podobina, *Trochammina cf. boehmi* Franke, *Quinquelugulina sibirica* Putrja, *Citharina sp. ind.*, *Parrelloides sibiricus* (Neckaja), *Parrelloides variabilis* Marinov, *Osangularia navarroana* (Cushman), *Brotzenella pseudopapillosa* (Carsey). Количественно преобладает вид *Cribrostomoides exploratus*. Часть этих видов (*Parrelloides*

sibiricus (Neckaja), *Parrelloides variabilis* Marinov, *Osangularia navarroana*, *Brotzenella pseudopapillosa*) принадлежит к зональному комплексу *Spiroplectammina kasanzevi*, *Bulimina rosenkrantzi* верхнего маастрихта и попали в образцы вместе с загрязнением. Присутствие в составе комплекса видов *Spiroplectammina kelleri*, *Cyclammina flexuosa*, *Ammobaculites uvaticus*, *Haplophragmium obesum*, *Trochammina boehmi* позволяет сопоставить его с зональным *Cibicidoides primus*, распространенным в нижней части нижнего маастрихта. Остракоды представлены видом *Schuleridea sp. ind.*

В интервале глубин 598–615,4 м, определяемые фораминиферы не обнаружены.

В нижеберезовской подсвите, в пласте НБ₁ из интервала глубин 615,4–624,1 м определены виды фораминифер *Glomospirella sp. ind.*, *Cribrostomoides cf. exploratus* Podobina, *Recurvoides cf. magnificus* Podobina, *Haplophragmium cf. obesum* (Bulatova), *Pseudoclavulina admota* Podobina, *Trochammina sp. ind.* Количественно преобладает вид *Cribrostomoides cf. exploratus*. Состав и структура комплекса характерны для зоны *Cribrostomoides exploratus*, *Ammomarginulina crispa* верхней части нижеберезовского подгоризонта (верхнекампанский подъярус).

Интервал 624,1–666,0 м не содержит определяемых фораминифер.

В интервале глубин 666,0–673,0 м, в пластах НБ₃ и НБ₄ обнаружены раковины фораминифер плохой сохранности фораминиферы *Reophax cucurbitiformis* (Belousova), *Hyperammina aptica* (Dampel et Mjatljuk), *Ammodiscus sp. ind.*, *Haplophragmoides tumidus* Podobina, *H. ex gr. eggeri* Cushman, *Cribrostomoides cretaceus exploratus* Podobina, *C. ex gr. strictus* Podobina, *Labrospira collyra senonica* (Ehremeeva), *Recurvoides cf. magnificus* Podobina, *Adercotryma cf. glomeratiformis* (Zaspelova), *Cyclammina flexuosa* Podobina, *Ammobaculites dignus* Podobina, *A. uvaticus* (Bulatova), *Ammobaculoides unicus* Tanatchova, *Haplophragmium cf. incomprehensum* (Ehremeeva), *H. obesum* (Ehremeeva), *H. chapmani* (Tappan), *Gaudryinopsis cf. vulgaris* Podobina, *Trochammina wetteri* Nauss, *Parrelloides sibiricus* (Neckaja). Количественно преобладает вид *Haplophragmium cf. incomprehensum*.

В интервале 673,0–681,7 м, в пласте НБ₄, определены фораминиферы *Crithioina dubia* Bulatova, *Psammosphaera laevigata* White, *Techinitella spiculitesta* Bulatova, *Proteonina scherborgiana* (Chapman), *Proteonina cucurbitiformis* Belousova, *Saccammina sphaerica* (M. Sars), *Haplophragmoides sp.*, *Labrospira collyra* Nauss, *Cribrostomoides sibiricus* Podobina, *Ammobaculites dignus* Podobina, *A. uvaticus* (Bulatova), *Haplophragmium incomprehensum* (Ehremeeva), *H. chapmani* (Tappan), *Spiroplectinella baudoniana* Orbigny, *Textularia cf. anceps* Reuss, *Trochammina arguta* Podobina, *Gaudryinopsis angustus* Podobina, *Dorothia sp.* Наибольшую частоту встречаемости имеет вид *Ammobaculites dignus*.

Интервал 689,28–706,7 м, соответствующий мярояхинской пачке глин охтеурьевской свиты, содержит обедненные комплексы и единичные раковины фораминифер. Определены фораминиферы *Saccammina sphaerica* (M. Sars), *Hyperammina sp.*, *Reophax inordinatus* Young, *?Haplophragmoides sp. ind.*, *Haplophragmoides crickmayi* Stelck et Wall, *Recurvoides memorandum* Podobina,

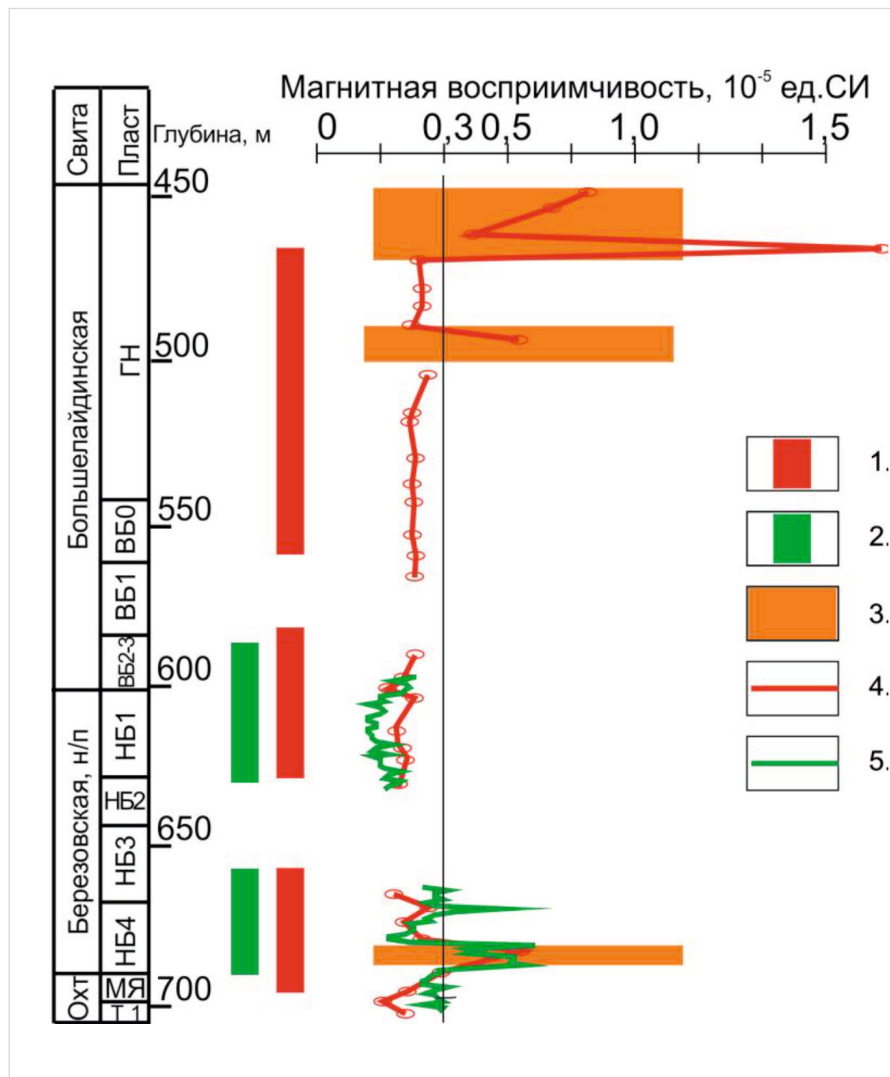


Рис. 3. Петромагнитные характеристики шлама и керна разреза кузнецовского, березовского и ганькинского горизонтов в скважине Русская 5-05: 1 — интервалы отбора шлама; 2 — интервалы отбора керна; 3 — интервалы аномальных положительных значений магнитной восприимчивости; 4, 5 — значения магнитной восприимчивости пород: 4 — в кернах, 5 — в шламе. Сокращения: МЯ — мярояхинская пачка; Охт — охтеурьевская свита; Березовская, н/п — березовская свита нижняя подсвита

Ammobaculites dignus Podobina, *A. uvaticus* (Bulatova), *Haplophragmium incomprehensum* (Ehremeeva), *H. obesum* (Bulatova), *Textularia anceps* (Reuss). Наибольшую частоту встречаемости имеет вид *Haplophragmium incomprehensum*.

Совместное нахождение видов фораминифер, обнаруженных в интервалах 666,0–673,0 м, 673,0–681,7 м и 689,28–706,7 м, установлено в пределах зоны по фораминиферам *Ammobaculites dignus*, *Pseudoclavulina admota*. Найдены характерные виды зонального комплекса: *Haplophragmoides tumidus*, *Cribrostomoides astrictus*, *Recurvoides magnificus*, *Ammobaculites dignus* Podobina, *Ammobaculoides unicus*, *Haplophragmium chapmani*, *Pseudoclavulina admota* Podobina, *Gaudryinopsis cf. vulgaris*. Зональный комплекс распространен в верхней мярояхинской пачке кузнецовского горизонта (нижнеконьянский подъярус) и нижних пластах (НБ₄ и НБ₃) березовского горизонта (Маринов и др., 2023 [10]).

В единичных экземплярах в образцах присутствуют виды фораминифер из вышерасположенных горизонтов, что указывает на присутствие загрязнения шламовых проб (рис. 3). Однако анализ распределения характерных видов фораминифер в пробах шлама и пробах керна в интервале разреза 666,0–698 м показал соответствие состава характерных видов фораминифер (рис. 4). Таким образом, загрязнение не влияет на выводы о стратификации изученного разреза.

Магнитостратиграфия

Полученные значения магнитных свойств горных пород позволили стратифицировать изученный разрез (рис. 3). Выделены интервалы с низкой и аномально высокой магнитной восприимчивостью пород. Высокие значения магнитной восприимчивости имеют пласты Т₁, НБ₄, ГН. Низкими значениями характеризуются пласты НБ₂ и НБ₁. Средние значения имеют ВБ₀, ВБ₁₁, ВБ₂, ВБ₃. Стратиграфическое положение уровней аномально положительных значений магнитной восприимчивости совпадает с установленными ранее петромагнитными аномалиями пород в северных [7] и центральных [8] районах Западной Сибири.

Результаты биофациального анализа

В средней части большелайдинской свиты, на глубинах от 479 до 551 м, распространены роталиидовые ассоциации фораминифер, обитавшие в обстановках верхней сублиторали, с глубинами моря, не превышавшими 50 м, удаленных от палеоберега, со стабильной морской соленостью вод 33–37 ‰, хорошей аэрацией придонного слоя вод и умеренной гидродинамикой (рис. 4).

Нижняя часть большелайдинской свиты, нижнеберезовская подсвита и охтеурьевская свита в интервале глубин 551–706,7 м содержат литуолидовы ассоциации фораминифер, обитавших в мелководно-морских обстановках с неблагоприятными параметрами в придонном слое вод (колебания солености, дизоксия, высокая подвижность вод). Значения основных гидрохимических факторов не выходили за граничные значения для морских условий (соленость 25 ‰, содержание кислорода в придонных водах 4 мг/л). Структура ассоциаций в разных пластах несколько отличается. В интервале 551–598 м значительную долю ассоциаций составляли

формы, обитавшие в условиях мелководно-морских, со стабильной соленостью и хорошей аэрацией вод. Верхняя часть нижнеберезовской подсвиты, пласт НБ₃ в интервале глубин 615,4–624,1 м, содержит ассоциации фораминифер, обитавшие в обстановках опреснения, не выходящего за граничные значения для морского бассейна. Значительную долю комплекса составляют виды, предпочитающие спокойный

режим гидродинамической активности. Реже встречаются другие экологические группировки фораминифер (обитатели обстановок активной гидродинамики, стабильной морской солености, с высоким содержанием кислорода). Отложения верхов нижнеберезовской подсвиты накапливались в существенно опресненном бассейне на небольших глубинах (15–25 м), в условиях дизоксии придонного слоя вод.

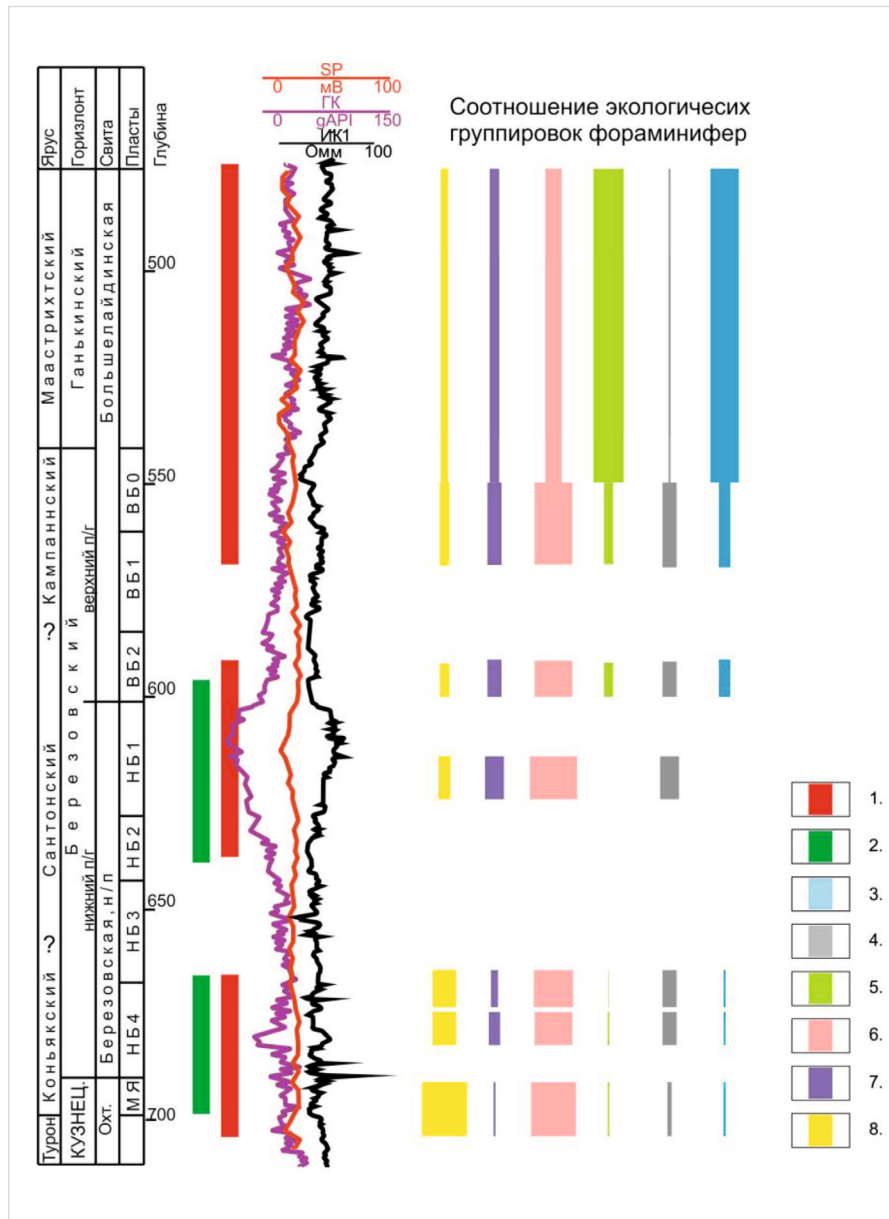


Рис. 4. Распределение ассоциаций фораминифер в разрезе скважины Русская 5-05:

1 — интервалы отбора керна; 2 — интервалы отбора шлама; 3–8 — экологические группировки фораминифер, толщина линий отвечает доле представителей экологической группировки в составе сообществ: 3 — фораминиферы, не переносящие дефицита кислорода, 4 — фораминиферы, переносящие дефицит кислорода, 5 — фораминиферы, не переносящие колебаний солености, 6 — фораминиферы, переносящие опреснение, 7 — фораминиферы, обитавшие в условиях спокойной гидродинамики, 8 — фораминиферы, обитавшие в обстановках с активной гидродинамикой. Сокращения: МЯ — мярояхинская пачка; Кузнец. — кузнецовский горизонт; Охт. — охтеурьевская свита; Березовская, н/н — березовская свита нижняя подсвита

Fig. 4. Distribution of foraminifera associations in the section of the Russian 5-05 well: 1 — core sampling intervals; 2 — cutting sampling intervals; 3–8 — ecological group of foraminifera, the thickness of the lines corresponds to the proportion of representatives of the ecological group in the communities: 3 — foraminifera that do not tolerate oxygen deficiency, 4 — foraminifera that tolerate oxygen deficiency, 5 — foraminifera that do not tolerate salinity fluctuations, 6 — foraminifera, desalination-tolerant, 7 — foraminifera that lived in conditions of quiet hydrodynamics, 8 — foraminifera that lived in environments with active hydrodynamics. Abbreviations: МЯ — Myroyakhka member; Кузнец. — Kuznetsovo horizon; Охт. — Okhteyrvevo formation; Березовская, н/н — Berezovo formation, lower sub-formation.

Нижняя часть нижнеберезовской под-свиты, пласты НБ₄ и НБ₃, и верхняя часть охтеурьевской свиты, мярояхинская пачка глин и пласт Т₁, содержат комплексы фораминифер с низким разнообразием, в которых резко преобладают две экологические группировки фораминифер, предпочитавшие обстановки активной гидродинамики в зоне воздействия регулярных волн и переносящие значительное опреснение. Следовательно, пласты формировались в условиях опресненного морского бассейна на глубинах, не превышающих 10–15 м.

Результаты литофациального анализа

Диаграмма Саттнера и Датта показывает, что в области сноса во время формирования пластов НБ₃ и Т₁ климат был сухим и жарким (аридным). К моменту начала накопления пластов ВБ₃ климат изменился на влажный и теплый (гумидный). Расчет производился по данным анализа образцов керн.

Железный модуль для всего изученного разреза одинаков и составляет 1,11. Отложения формировались в окислительных условиях активной среды на незначительных глубинах.

Геохимический фациальный модуль, соотношение Fe/Mn (рис. 6): во время накопления терригенных осадков указывает

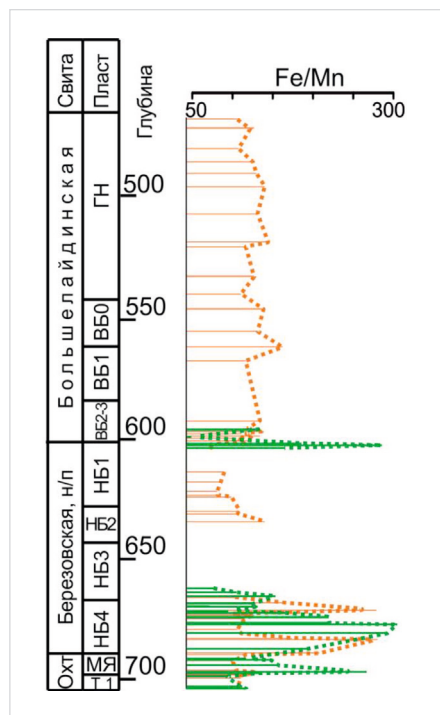


Рис. 5. Значения геохимического модуля как индикатора условий формирования отложений в разрезе скважины Русская 5-05. Зеленые цветом показаны результаты анализа керн, коричневым — шламовых проб. Сокращения: МЯ — мярояхинская пачка; Охт — охтеурьевская свита; Березовская, н/п — березовская свита нижняя подсвита
Fig. 5. Values of the geochemical module as an indicator of the conditions of sediment formation in the section of the Russian 5-05 well. The results of core analysis are shown in green, and cutting samples are shown in brown. Abbreviations: МЯ — Myaroyakha member; Охт — Okhteyr'yevy formation; Березовская, н/п — Berezovo formation, lower sub-formation

на нестабильные глубины формирования пластов НБ₁₋₄, во время накопления пластов ВБ₁ тенденция углубления становится устойчивой. Повышенные значения модуля в пластах НБ₁-НБ₄ связаны с эпизодами поступления больших объемов песчаного материала с континента.

Тенденция удаления источника сноса и увеличения глубин проявляется в направленном увеличении солености бассейна. Накопление глин, перекрывающих пласт Т₁, происходило в бассейне с морской соленостью.

Контроль достоверности полученных результатов

Для контроля достоверности биостратиграфических построений выполнен анализ состава фораминифер с одинаковых глубин в пробах шлама и керн в интервале разреза 666–698 м. Полученные результаты показали соответствие состава характерных видов фораминифер в пробах керн и шлама (рис. 6). Количество экземпляров в одинаковых по объему пробах керн и шлама существенно отличаются. Шламовые образцы содержат в несколько раз меньше раковин фораминифер, чем керновые, из-за разрушения раковин при бурении. Следовательно, использование для характеристики ассоциаций микрофауны показателя фораминиферное число является некорректным.

Контроль качества результатов магнито-стратиграфических исследований включал измерения магнитной восприимчивости проб шлама и керн с одинаковых уровней (рис. 3). Сравнительный анализ проб показал хорошую сходимость значений.

Возможность применения геохимических модулей оценивалась по сходимости результатов анализа проб шлама и керн.

Установлено, что значения модулей Sr/Ba, Ti/Zr, индекса химического выветривания (CIA) кратно отличаются в шламе и керне. Возможно, это является следствием подвижности ряда элементов в щелочной среде бурового раствора. Повышенное содержание Ba в шламе, по сравнению с керном, связано с баритовыми добавками в буровой раствор. Гидролизатный, титановый, фемический и натриевый модули не удалось определить из-за ограничений считывающих возможностей прибора (портативный РФА-анализатор), который не улавливает такие элементы, как Na и Ti.

Индикатор Fe/Mn [1], отношения количества окисного и закисного железа в шламе и керне совпадают, что позволяет использовать его в качестве геохимического индикатора. Модуль Fe/Mn был сопоставлен с керновыми исследованиями, которые показали высокую сходимость.

Алюмокремниевый модуль не показал корреляции с керновыми данными, это может быть связано с вымыванием глин буровым раствором из пород.

Итоги

Изученный разрез включает верхнюю часть охтеурьевской (турон и нижний коньяк) свиты, нижнеберезовскую подсвиту (средний коньяк-кампан) и большешайдинскую (маастрихт) свиту.

Выделены зональные подразделения по фораминиферам: *Ammobaculites dignus*, *Pseudoclavulina admota*, коньякский ярус; *Cribrostomoides exploratus*, *Ammomarginulina crispa*, кампанский ярус; *Cibicides primus*, нижнемаастрихтский подъярус; *Spiroplectammina kasanzevi*, *Bulimina rosenkrantzii*, верхнемаастрихтский подъярус.

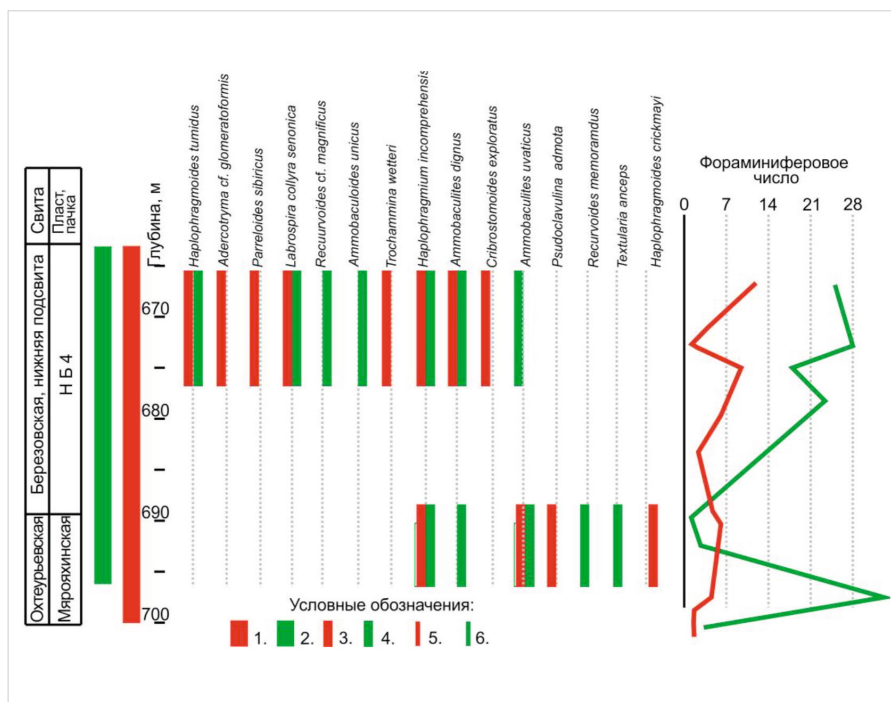


Рис. 6. Состав характерных видов фораминифер в пласте НБ4 и мярояхинской пачки и их количественное распределение в керне и шламе: 1 — интервалы отбора керн; 2 — интервалы отбора шлама; 3, 4 — интервалы распространения фораминифер: 3 — в шламе, 4 — в керне; 5, 6 — значения фораминиферного числа: 5 — в шламе, 6 — в керне
Fig. 6. Composition of characteristic species of foraminifera in the NB4 formation and the Myaroyakha member and their quantitative distribution in the core and cutting: 1 — core sampling intervals; 2 — cutting sampling intervals; 3, 4 — foraminifera distribution intervals: 3 — in the cutting, 4 — in the core; 5, 6 — values of the foraminifera number: 5 — in the cutting, 6 — in the core

Обоснован возраст пластов ГН (верхний маастрихт), ВБ₀, ВБ₁, ВБ₂, ВБ₃ (нижний маастрихт), пласта НБ₁ (верхний кампан), пластов НБ₃, НБ₄ и мярояхинской пачки глин (коньякский ярус).

Установлены интервалы с аномальными значениями магнитной восприимчивости в березовском (пласт НБ₄) и в ганькинском (пласт ГН) горизонтах, которые являются региональными магнитостратиграфическими реперами.

Выводы

Выполнен лито- и биофациальный анализ верхней части октеурьевской, березовской и большелайдинской свит. Установлено, что отложения формировались в мелководной среде. Условия формирования пластов октеурьевской, березовской и большелайдинской свит отличались. Пласты Т₁, мярояхинская пачка, пласты НБ₄ и НБ₃, формировались в обстановках крайнего мелководья в условиях активной гидродинамики, на глубинах, подверженных воздействию регулярных волн, менее 10-15 м. Морской бассейн был опресненным, но не солоноватоводным, соленость воды была выше 25 ‰, граничного показателя солености морской воды.

Во время формирования верхней части нижеберезовской подсвиты (пласт НБ₁) глубины бассейна были несколько больше, но не превышали 25 м. Соленость сохранялась в пределах нижней нормы для морской воды. Отмечается ухудшение аэрации придонного слоя вод, возможно, связанное с увеличением глубины моря.

Нижняя часть большелайдинской свиты, пласты ВБ₂, ВБ₁ и ВБ₀, формировалась в бассейне с глубинами, превышающими 15 м, в условиях значительного опреснения. Присутствие стеногалинных форм указывает на периодическое повышение солености до нормально-морской. Установлены признаки дизоксии слоя придонных вод.

Верхняя часть большелайдинской свиты, пласт ГН, накапливалась в морском бассейне с глубинами от 25 до 50 м. Аэрация придонных вод была хорошей, соленость близкой к морской (35 ‰).

Литература

1. Бараш И.Г., Буланов В.А., Гладкочуб Д.П. и др. Интерпретация геохимических данных. М.: Интермет инжиниринг, 2001. 287 с.
2. Белоусова Н.А., Богомякова Е.Д., Рылкова Г.Е. Сообщества фораминифер и их распределение в готеривском морском бассейне Западной Сибири // Труды ЗапСибНИГНИ. Экология юрской и меловой фауны Западно-Сибирской равнины. 1981. № 163. С. 62–72.
3. Богомякова Е.Г. Экология меловых нодозариид и саккаминид // Труды ЗапСибНИГНИ. Экология юрской и меловой фауны Западно-Сибирской равнины. 1981. № 163. С. 37–45.
4. Булатова З.И., Булынникова С.П., Кисельман Э.Н., Решетникова М.А. К методике палеоэкологических реконструкций меловых бассейнов Западной Сибири по фораминиферам и остракодам // Образ жизни и закономерности распределения современной и ископаемой микрофауны. М.: Наука, 1975. С. 165–169.
5. Булынникова С.П. Фораминиферы нефтегазоносных отложений неокома Западно-Сибирской равнины. М.: Недра, 1973. 129 с.
6. Бурков Ю.К., Певзнер В.С. Геохимические исследования осадочных пород для решения геологических задач. Л.: ВСЕГЕИ, 1978. 131 с.
7. Гнибиденко З.Н., Маринов В.А., Левичева А.В., Смолянинова Л.Г., Валащик И., Агалаков С.Е. Палеомагнетизм и стратиграфия верхнего мела северных районов Западной Сибири // Геосферные исследования. 2023. № 2. С. 71–91.
8. Левичева А.В., Гнибиденко З.Н., Смолянинова Л.Г., Маринов В.А. Магнитостратиграфия верхнего мела центральной части Западной Сибири // Геосферные исследования. 2023. № 3. С. 70–85.
9. Маринов В.А., Агалаков С.Е., Глухов Т.В. и др. Региональные и местные стратиграфические подразделения верхнего мела центральных и северных районов Западной Сибири // Бюллетень МОИП. Отдел геологический. 2023. Т. 96. № 3. С. 12–39.
10. Маринов В.А., Барабошкин Е.Ю., Гнибиденко З.Н. и др. Верхнемеловой березовский горизонт Западной Сибири // Бюллетень МОИП. Отдел геологический. 2022. Т. 97. № 4. С. 12–39.
11. Маринов В.А., Курчатова А.Н., Гнибиденко З.Н. и др. Строение разреза верхнемеловых и кайнозойских отложений южной части Гыданского полуострова // Геология и геофизика. 2022. Т. 63. № 12. С. 1692–1713.
12. Маслов А.В. Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Екатеринбург: УГГУ, 2005. С. 193–195.
13. Мирнов П.В., Маникин А.Г. Комплексное изучение бурового шлама: новое перспективное направление исследований // Новые идеи в геологии нефти и газа-2021. Новая реальность. М.: МГУ имени М.В. Ломоносова. С. 361–364.
14. Подобина В.М. Фораминиферы и биостратиграфия верхнего мела и палеогена Западной Сибири. Томск: Томский университет. 2009. 432 с.
15. Решение 5-го Межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозойским отложениям Западно-Сибирской равнины. Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1991. 53 с.
16. Ухов И.С., Суринский А.М., Мирхайдарова Р.И. и др. Математические методики определения наиболее вероятных фациальных обстановок по шлему // ГеоЕвразия 2023. Геологоразведочные технологии, наука и бизнес, Москва 2023, труды VI Международной геолого-геофизической конференции ООО «ГеоЕвразия». 2023. Тверь: ООО ПолиПРЕСС, Т. 2. С. 57–61.
17. Фурсенко А.В. Введение в изучение фораминифер. Новосибирск: Наука, 1978. 241 с.
18. Fialips C.I., Labeyrie B., Burg V., Mazière V. et al. Quantitative mineralogy of Vaca Muerta and alum shales from core chips and drill cuttings by calibrated SEM-EDS mineralogical mapping. Paper presented at the SPE/AAPG/SEG Unconventional Resources Technology Conference, Houston, Texas, USA, July 2018. (In Eng).
19. Kaminski M.A. The year 2010 classification of the agglutinated foraminifera. *Micropaleontology*, 2014, Vol. 60, issue 1, P. 89–107. (In Eng).
20. Loeblich A., Tappan H. Foraminiferal genera and their classification. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1988, 970 p. (In Eng).
21. Sanei H., Ardakani O.H., Akai T. et al. Core versus cuttings samples for geochemical and petrophysical analysis of unconventional reservoir rocks. *Scientific Report*, 2020, Vol. 10, Article №. 7920. (In Eng).
22. Stuckman M.Y., Lopano C.L., Berry S.M., Hakala J.A. Geochemical solid characterization of drill cuttings, core and drilling mud from Marcellus Shale Energy development. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2019, Vol. 68, 102922. (In Eng).
23. Suttner L.J., Dutta P.K. Alluvial Sandstone Composition and Paleoclimate, I. Framework Mineralogy. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 56, issue 3, 1986, P. 329–345. (In Eng).
24. Wynn T.C., Read J.F. Sequence-stratigraphic analysis using well cuttings, Mississippian Greenbrier Group, West Virginia. *AAPG Bulletin*, 2006, V. 90, issue 12, P. 1869–1882. (In Eng).

ENGLISH

Results

The studied section includes the upper part of the Okhteyrvevo (Turonian and Lower Conianian) suite, the Lower Berezovo sub-formation (middle Conianian-Campanian) and the Bolshaya Laida (Maastrichtian) formation. Zonal divisions by foraminifera have been identified: *Ammobaculites dignus*, *Pseudoclavulina admota*, Coniacian stage; *Cribrostomoides exploratus*, *Ammomarginulina crispa*, Campanian stage; *Cibicides primus*, Lower Maastrichtian substage; *Spiroplectammina kasanzevi*, *Bulimina rosenkrantzi*, Upper Maastrichtian substage. The age of the ГН member (Upper Maastrichtian), ВБ₀, ВБ₁, ВБ₂, ВБ₃ (Lower Maastrichtian),

the НБ₁ members (Upper Campanian), the НБ₃, НБ₄ members and the Myaroyaka member (Coniacian stage) is substantiated. Intervals with abnormal values of magnetic susceptibility have been established in the Berezovo (НБ₄ member) and Gankino (ГН member) horizons, which are regional magnetostratigraphic markers..

Conclusions

Litho- and biofacial analysis of the upper part of the Okhteyrvevo, Berezovo and Bolshaya Laida formations was performed. It was found that the deposits were formed in a shallow-water environment. The

conditions of formation of the layers of the Okhteyurovo, Berezovo and Bolshaya Laida formations differed. The T₁ member, the Myaroyakha member, the NB₄ и and NB₃ members, were formed in extreme shallow water conditions under conditions of active hydrodynamics, at depths exposed to regular waves, less than 10–15 m. The marine basin was desalinated, but not brackish, the salinity of the water was above 25 ‰, the boundary indicator of the salinity of seawater. During the formation of the upper part of the Lower Berezovo subformation (member NB₁), the depths of the basin were slightly greater, but did not exceed 25 m. The salinity remained within the lower norm for seawater.

There is a deterioration in the aeration of the bottom layer of waters, possibly associated with an increase in the depth of the sea. The lower part of the Bolshaya Laida formation, the VB₂, VB₁ and VB₄ members, was formed in a basin with depths exceeding 15 m under conditions of significant desalination. The presence of stenohaline forms indicates a periodic increase in salinity to normal marine. Signs of dysoxia of the bottom water layer have been established. The upper part of the Bolshaya Laida formation, the FH formation, accumulated in a marine basin with depths from 25 to 50 m. The aeration of the bottom waters was good, the salinity was close to the sea (35 ‰).

References

- Barash I.G., Bulanov V.A., Gladkochub D.P. et al. Interpretation of geochemical data. Moscow: Intermetinzhiniring, 2001, 287 p. (In Russ).
- Belousova N.A., Bogomyakova E.D., Rylkova G.E. Foraminifera communities and their distribution in the Hauterivian marine basin of Western Siberia. Ecology of the Jurassic and Cretaceous fauna of the West Siberian Plain. ZapSibNIGNI, 1981, issue 163, P. 62–72. (In Russ).
- Bogomyakova E.G. Ecology of Cretaceous nodosariids and saccaminids. Ecology of the Jurassic and Cretaceous fauna of the West Siberian Plain. ZapSibNIGNI, 1981, issue 163, P. 37–45. (In Russ).
- Bulatova Z.I., Bulynnikova S.P., Kisselman E.N., Reshetnikova M.A. To the methodology of paleoecological reconstructions of Cretaceous basins of Western Siberia by foraminifera and ostracods. Lifestyle and patterns of distribution of modern and fossil microfauna. Moscow: Nauka, 1975, P. 165–169. (In Russ).
- Bulynnikova S.P. Foraminifera of oil and gas bearing deposits of the West Siberian plain Neocomian. Moscow: Nedra, 1973, 129 p. (In Russ).
- Burkov Yu.K., Pevsner V.S. Geochemical studies of sedimentary rocks for solving geological problems. Leningrad: VSEGEI, 1978, 131 p. (In Russ).
- Gnibidenko Z.N., Marinov V.A., Levicheva A.V. et al. Paleomagnetism and stratigraphy of the Upper Cretaceous of the northern regions of Western Siberia. Geospheric Studies, 2023, issue 2, P. 71–91. (In Russ).
- Levicheva A.V., Gnibidenko Z.N., Smolyaninova L.G., Marinov V.A. magnetostratigraphy of the upper cretaceous of the central part of Western Siberia. Geospheric studies, 2023, issue 3, P. 70–85. (In Russ).
- Marinov V.A., Agalakov S.E., Glukhov T.V. et al. Regional and local stratigraphic subdivisions of the West Siberia Upper Cretaceous in the central and northern regions. Bulletin of the Moscow Society of Naturalists, 2023, Vol. 96, issue 3, P. 12–39. (In Russ).
- Marinov V.A., Baraboshkin E.Yu., Gnibidenko Z.N. et al. Upper cretaceous Berezovian regional substage of West Siberia. Bulletin of the Moscow Society of Naturalists, 2022, Vol. 97, issue 4, P. 12–39. (In Russ).
- Marinov V.A., Kurchatova A.N., Gnibidenko Z.N. et al. Upper cretaceous and cenozoic stratigraphy of the Gydan Peninsula. Geology and Geophysics, 2022, Vol. 63, issue 12, P. 1692–1713. (In Russ).
- Maslov A.V. Sedimentary rocks: methods of studying and interpreting the data obtained. UGSU, 2005, P. 193–195. (In Russ).
- Mirnov R.V., Manikin A.G. Complex study of drilling mud: a new promising area of research. New ideas in the geology of oil and gas-2021. A new reality. Moscow: Lomonosov Moscow State University, 2021, P. 361–364. (In Russ).
- Podobina V.M. Foraminifera and biostratigraphy of the Upper Cretaceous and Paleogene of Western Siberia. Tomsk: Tomsk University Press, 2009, 432 p. (In Russ).
- Decision of the 5th Interdepartmental Regional Stratigraphic Meeting on Mesozoic Sediments of the West Siberian Plain. Tyumen: ZapSibNIGNI, 1991, 53 p. (In Russ).
- Ukhov I.S., Surinsky A.M., Mirkhaidarova R.I. et al. Mathematical methods for determining the most probable facies environments by cutting samples. GeoEurasia 2023. Exploration Technologies, Science and Business, Moscow 2023, proceedings of the VI International Geological and Geophysical Conference of GeoEurasia LLC. 2023. Tver: LLC "PoliPRESS", Vol. 2. P. 57–61. (In Russ).
- Fursenko A.V. Introduction to the foraminifera investigation. Novosibirsk: Nauka, 1978, 241 p. (In Russ).
- Fialips C.I., Labeyrie B., Burg V., Mazière V. et al. Quantitative mineralogy of Vaca Muerta and alum shales from core chips and drill cuttings by calibrated SEM-EDS mineralogical mapping. Paper presented at the SPE/AAPG/SEG Unconventional Resources Technology Conference, Houston, Texas, USA, July 2018. (In Eng).
- Kaminski M.A. The year 2010 classification of the agglutinated foraminifera. Micropaleontology, 2014, Vol. 60, issue 1, P. 89–107. (In Eng).
- Loeblich A., Tappan H. Foraminiferal genera and their classification. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1988, 970 p. (In Eng).
- Sanei H., Ardakani O.H., Akai T. et al. Core versus cuttings samples for geochemical and petrophysical analysis of unconventional reservoir rocks. Scientific Report, 2020, Vol. 10, Article № 7920. (In Eng).
- Stuckman M.Y., Lopano C.L., Berry S.M., Hakala J.A. Geochemical solid characterization of drill cuttings, core and drilling mud from Marcellus Shale Energy development. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2019, Vol. 68, 102922. (In Eng).
- Suttner L.J., Dutta P.K. Alluvial Sandstone Composition and Paleoclimate. I. Framework Mineralogy. Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 56, issue 3, 1986, P. 329–345. (In Eng).
- Wynn T.C., Read J.F. Sequence-stratigraphic analysis using well cuttings, Mississippian Greenbrier Group, West Virginia. AAPG Bulletin, 2006, V. 90, issue 12, P. 1869–1882. (In Eng).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Маринов Владимир Аркадьевич, к.г.-м.н., эксперт, ООО «Тюменский нефтяной научный центр» (ОГ ПАО «НК «Роснефть»), Тюмень, Россия
e-mail: vamarinov@tnnc.rosneft.ru

Агалаков Сергей Евгеньевич, д.г.-м.н., старший эксперт, ООО «Тюменский нефтяной научный центр» (ОГ ПАО «НК «Роснефть»), Тюмень, Россия

Овчинникова Анастасия Сергеевна, главный специалист, ООО «Тюменский нефтяной научный центр» (ОГ ПАО «НК «Роснефть»), Тюмень, Россия

Колмаков Антон Юрьевич, старший научный сотрудник, Томский государственный университет, Томск, Россия

Marinov Vladimir Arkadyevich, ph.d. of geologo-mineralogical sciences, expert, "Tyumen petroleum research center" LLC ("Rosneft" PJSC Group Company), Tyumen, Russia
Corresponding author: vamarinov@tnnc.rosneft.ru

Agalakov Sergey Evgenyevich, doctor of engineering sciences, senior expert, "Tyumen petroleum research center" LLC ("Rosneft" PJSC Group Company), Tyumen, Russia

Ovchinnikova Anastasia Sergeevna, chief specialist, "Tyumen petroleum research center" LLC ("Rosneft" PJSC Group Company), Tyumen, Russia

Kolmakov Anton Yuryevich, senior researcher, Tomsk State University, Tomsk, Russia