

УДК 553.982:553.983
DOI: 10.18799/24131830/2025/9/4900
Шифр специальности ВАК: 1.6.11
Обзорная статья

Палеогеография, фации и условия осадконакопления яновстанской свиты (северо-восток Западной Сибири)

Д.А. Староселец^{1✉}, Я.В. Лось², П.В. Смирнов²

¹ ООО «ГудГео», Россия, г. Тюмень

² ФАУ «ЗапСибНИИГГ», Россия, г. Тюмень

³ Назарбаев Университет, Казахстан, г. Астана

✉ d_star1997@mail.ru

Аннотация. *Актуальность* исследования заключается в перспективности яновстанской свиты в части возможности открытия новых залежей углеводородов. Для описанного есть предпосылки по причине установления её нефтегенерационного потенциала и наличия значительных толщин песчаных пород в составе свиты, установленных еще на ранних этапах изучения её разреза. *Цель:* создать генетическую модель кимеридж-раннеберриасских яновстанских отложений. *Объект:* яновстанская свита в пределах восточного борта Западно-Сибирского осадочного бассейна. *Методы:* фациальный анализ керновых и геофизических данных в комплексе с современными представлениями о параметрах седиментации баженовского моря и смежных бассейнов. *Результаты и выводы.* Происходившие в период осадконакопления яновстанской свиты глобальные изменения трансгрессивно-регрессивной ритмики и перестройки тектонического плана определили трёхчленное строение свиты (ее дифференциацию на три пачки) – нижнюю, среднюю и верхнюю, а также вариативность фациальных обстановок. С позиции изучения условий осадконакопления яновстанской свиты выявлено изменение параметров седиментационного бассейна. Так, подошва нижней пачки в виде базального горизонта с последующим повсеместным накоплением глин отражает трансгрессию на границе позднего и раннего периодов георгиевского времени. Последующее накопление отложений пачки происходит при постепенной регрессии моря, уменьшении палеотемператур и относительно стабильном поступлении осадочного материала с территории Сибирской суши. Накопление средней пачки, характеризующейся повышенной естественной радиоактивностью, связано с трансгрессией, уменьшением скорости (до 0,5 м/млн) и объемов поступления терригенного материала в комплексе со снижением биоразнообразия, что явилось результатом падения палеотемператур и воздействием холодных морских течений. Последующая тектоническая активизация привела к постепенной глобальной регрессии моря, увеличению объемов и интенсивности поступления осадочного материала (до 12 м/млн) и седиментации верхней пачки, характеризующейся постепенным увеличением зернистости вверх по разрезу и формированием значительных по площади шельфовых аккумулятивных тел, с которыми и связаны основные породы-коллектора свиты.

Ключевые слова: яновстанская свита, Западная Сибирь, палеогеография, баженовский горизонт, фации

Для цитирования: Староселец Д.А., Лось Я.В., Смирнов П.В. Палеогеография, фации и условия осадконакопления яновстанской свиты (северо-запад Западной Сибири) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2025. – Т. 336. – № 9. – С. 183–200. DOI: 10.18799/24131830/2025/9/4900

UDC 553.982:553.983
DOI: 10.18799/24131830/2025/9/4900
Review article

Palaeogeography, facies and depositional conditions of the Yanovstan Formation (NE-Western Siberia)

D.A. Staroselets^{1✉}, Ya.V. Los², P.V. Smirnov³

¹ LLC "GudGeo", Tyumen, Russian Federation

² ZapSibNIIGG, Tyumen, Russian Federation

³ Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

✉ d_star1997@mail.ru

Abstract. Relevance. The prospectivity of the Yanovstan Formation in terms of the possibility of discovering new hydrocarbon deposits. There are prerequisites for the described above both because of its oil-generating potential and the presence of significant thicknesses of sandy rocks in the composition of the formation, established at the early stages of studying its section. **Aim.** To create a genetic model of the Kimeridge-Early Berriasian Yanovstan sediments. **Objects.** Yanovstan Formation within the eastern side of the West Siberian sedimentary basin. **Methods.** Facies analysis of core and geophysical data in combination with modern ideas about sedimentation parameters of the Bazhenov Sea and adjacent basins. **Results and conclusions.** The global changes in the transgressive-regressive rhythm and tectonic reconstructions that occurred during the Yanovstan Formation sedimentation period determined the three-dimensional structure of the Formation (its differentiation into three strata) – lower, middle and upper, as well as the variability of facies conditions. The study of sedimentation conditions of the Yanovstan Formation revealed a change in the parameters of the sedimentation basin. Thus, the base of the lower stratum in the form of a basal horizon followed by widespread accumulation of clays reflects transgression at the boundary of the late and early periods of the Georgian time. Subsequent accumulation of sediments of the lower stage occurs with gradual sea regression, decreasing paleotemperatures, and relatively stable sediment supply from the Siberian landmass. Accumulation of the middle stage, characterized by increased natural radioactivity and associated with transgression, decreased velocity (up to 0.5 m/mln) and volumes of terrigenous material input in combination with a decrease in species diversity, which was the result of a drop in paleotemperatures and the impact of cold sea currents. Subsequent tectonic activation led to a gradual global regression of the sea, an increase in the volume and intensity of sediment input (up to 12 m/million) and sedimentation of the upper suite, characterized by a gradual increase in grain size up the section and the formation of significant shelf accumulative bodies, with which the main reservoir rocks of the suite are associated.

Keywords: Yanovstan Formation, Western Siberia, paleogeography, Bazhenov horizon, facies

For citation: Staroselets D.A., Los Ya.V., Smirnov P.V. Palaeogeography, facies and depositional conditions of the Yanovstan Formation (NE-Western Siberia). *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2025, vol. 336, no. 9, pp. 183–200. DOI: 10.18799/24131830/2025/9/4900

Введение

В пределах Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции на уже хорошо освоенных территориях, характеризующихся развитой инфраструктурой, активно ведутся поиск, выделение и изучение новых перспективных объектов на углеводороды для их экономически выгодного включения в промышленную разработку. Центральное место в списке перспективных объектов, очевидно, продолжает занимать баженовский горизонт – наиболее известный на пространстве Северной Евразии комплекс сланцевых нефтепродуктивных пород и, вероятно, один из самых перспективных в части потенциальных запасов [1]. Прогнозируемые ресурсы баженовского горизонта чрезвычайно внушительны и способны компенсировать выпадаю-

щие из добычи производственные мощности. Так, только ресурсный потенциал баженовской свиты оценивают по разным подсчётам в размере от 65 до 100 млрд т [1].

Столь значительный потенциал баженовской свиты заставляет пристально взглянуть также и на её фациальные аналоги. Баженовский комплекс представлен в центральной части Западно-Сибирского бассейна одноимённой баженовской свитой карбонатно-кремнисто-глинистого состава, а в краевых его частях – литофациальными аналогами – гольчихинской (J_2-K_{1gl}) (на севере), даниловской (J_2-K_{1dn}) (на западе), марьяновской (J_3-K_{1mr}) (на юге) и яновстанской (на северо-востоке) (J_3-K_{1jnv}) свитами. В пределах северо-восточной части Западной Сибири к таким объек-

там, наряду с уже активно разрабатываемыми резервуарами нижнего мела (K_1) и сиговской свиты (J_{3sg}), следует отнести и яновстанскую свиту (J_3-K_{1jnv}). Яновстанская свита имеет значительные перспективы к открытию новых залежей нефти по причине установления её нефтегенерационного потенциала [2, 3] и значительных толщин песчаных пород в ее составе, установленных еще на ранних этапах изучения разреза свиты.

Геологическое строение яновстанской свиты является сложным, следствием чего стали многочисленные варианты интерпретации особенностей залегания и генезиса её отложений. Различие подходов к корреляции определяет и различия включаемых объёмов пород в разрез свиты. Широкое обсуждение получил вопрос залегания песчаных пластов свиты, которое рассматривается одной группой авторов как косослоистое [4], а другой – как клиноформное [5, 6]. Отсутствие единогласия в интерпретации вышеназванных параметров яновстанской свиты осложняет прогнозирование распространения в ней пород-коллекторов и, как следствие, последующую эффективную её разработку.

Разработанные к настоящему моменту палеогеографические модели в существенной мере информативны в части реконструкции условий формирования яновстанской свиты [7–9]. Однако их объединяет, что в подготовленных на настоящий момент моделях не выполнен анализ обусловленности формирования яновстанской свиты, ее литологических и фациальных характеристик с главнейшими абиотическими событиями верхнеюрского и нижнемелового времени. Выполненное исследование позволило транслировать происходившие глобальные события на разрез яновстанской свиты.

Целью настоящих исследований является создание генетической модели кимеридж-раннеберриасских отложений яновстанской свиты в пределах восточного борта Западно-Сибирского осадочного бассейна.

Материалы и методы исследования **Яновстанская свита и параметры** **её седиментации**

Яновстанская свита выделена А.А. Булынниковой с соавторами в северо-восточных районах Западно-Сибирской низменности. Стратотип свиты выбран в Туруханской скв. 1-Р (инт. 1990–2200 м) [10].

Время формирования яновстанской свиты в глобальном контексте отмечено целой серией трансформаций тектонического плана, морской коммуникации между секторами мирового океана, динамикой климата и иных параметров, представленных ниже.

Глубина и динамика водной среды. В позднеюрское время Западная Сибирь представляла собой мелководный внутриконтинентальный морской бассейн [7, 11, 12], в котором в конце кимериджского времени морские трансгрессии и тектонические подвижки [12] определили увеличение глубин бассейна до 200–400 м. Он являлся своего рода большим заливом Борея – северного арктического океана [12]. Его центральная глубоководная впадина сформировалась в юрское время как область растяжения и наращивания океанической коры (200 млн лет назад [13, 14]) [12]. В период накопления баженовского горизонта Борей не имел постоянной глубоководной циркуляции, поскольку соединялся с другими участками Мирового океана лишь посредством мелководных эпиконтинентальных морей и проливов [13]. Описанное стало причиной его более низких температур по сравнению с остальными частями океана и породило развитие эндемичного бореального биоценоза [12]. В рамках изложенной выше системы вод Борея «Баженовское море» характеризовалось поступлением воды тёплых течений с северо-запада и относительно холодноводных арктических с северо-востока, общее движение которых в последующем происходило вдоль берега (против часовой стрелки) [12].

Тектонические условия и источник сноса. Позднеюрское и раннемеловое время характеризуется ускоренными темпами срединно-океанического спрединга и повышенной вулканической активностью, а также выраженными изменениями климата во время и после распада Пангеи [15]. В географических границах Западной Сибири это определило роль тектонических процессов в осадконакоплении в период заключительного этапа киммерийского тектогенеза и формировании в Усть-Енисейском районе и смежных частях осадочного бассейна (Большехетская впадина) Мессояхской гряды – линейной антиклинальной структуры, сформировавшейся в неокоме, с размывом в сводовой части юрских и раннеокомских отложений [16]. В контексте осадконакопления баженовского горизонта образование данной структуры определило ее роль как источника сноса осадочного материала, а также привело к частичному ограничению водообмена северо-восточной части Западно-Сибирского моря и Енисей-Хатангского пролива. С позднекиммерийскими движениями в глобальном масштабе связывают крупную регрессию моря от среднего титона до среднего берриаса и приведшую к значительному сокращению площади моря [7, 12, 17].

В пределах Енисей-Хатангского море-пролива изучены породы волжского (берриасского) и рязанского (титонского) ярусов на территории полуострова Норвдик. Для верхнеюрского интервала описанного разреза определено следующее: (1) на ос-

новании анализа относительных толщин аммонитовых зон выявлено, что скорость осадконакопления в волжском времени постепенно снижалось, достигнув своего минимума на границе юра/мел и начав возрастать в самом начале раннего мела [18]; (2) J. Grabowski [19] пришел к заключению, что для хронов магнитозон M20n и M19g (выделенных J.G. Ogg [20]) характерны относительно однородные скорости седиментации (около 11–12 м/млн лет), в то время как при переходе к хронам M19n и M18g скорости седиментации резко снизились до 1,5–2,0 м/млн лет. Указанные выводы подтвердил и уточнил V.Y. Bragin [21], сделавший вывод, что седиментация уменьшалась к хрому M18n – (около 1,7 м/млн лет), а наиболее сильное замедление произошло в M17g (0,5 м/млн лет), включавшей границу юра/мел, в то время как в M17n наоборот происходит увеличение скорости седиментации до 12 м/млн. Описанное позволяет соотнести пачку ЯН^б яновстанской свиты с хроном M17g. Механизм формирования пачки неразрывно связан с накоплением глинистых отложений с повешенным содержанием органического вещества в условиях сильного понижения скоростей седиментации.

Материалы и методы

Материалы проведенных исследований были получены в ходе работ на базе проектной организации ООО «ТАНДЕМ» (г. Тюмень). Они включают керн пяти скважин и комплекс данных геофизических исследований скважин (ГИС) по 209 скважинам (рис. 1). Выполнен анализ фотографий керна пяти скважин, а также на двух скважинах учтены результаты литологического описания керна, микроскопического анализа в шлифах и стандартных петрофизических исследований пористости и проницаемости пород. В комплекс ГИС входили следующие методы: гамма-каротаж (ГК), нейтронный гамма-каротаж (НГК), акустический каротаж (АК), кавернометрия (КВ), боковой каротаж (БК), каротаж собственной поляризации (ПС) и индукционный каротаж (ИК).

В ранее выполненных исследованиях яновстанская свита авторами была подразделена на три пачки: нижнюю (ЯН^в), среднюю (ЯН^б), верхнюю (ЯН^а) [22]. Пачка ЯН^б представлена в керне двух скважин в пределах Воргенской площади и двух скважин Новочасельской; пачка ЯН^а изучена по керну скважин Усть-Часельской и Воргенской площадей.

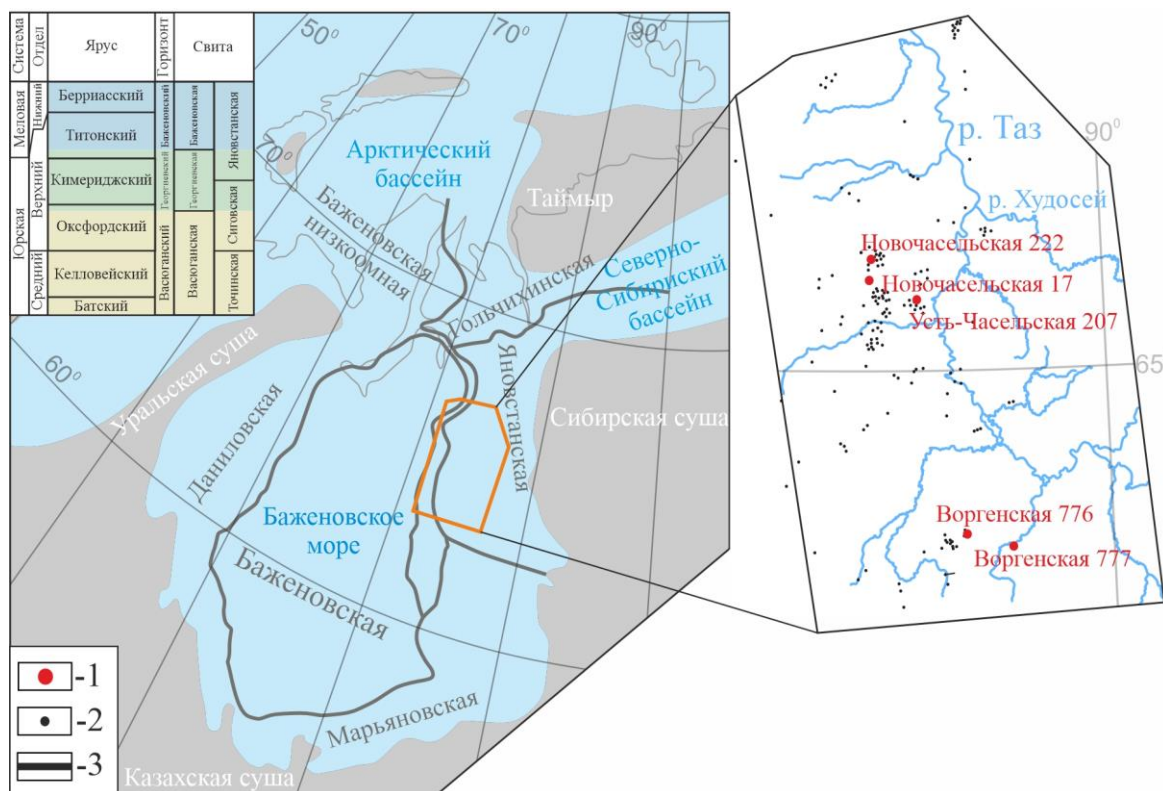


Рис. 1. Палеогеография Западно-Сибирского бассейна в позднеюрское время с контурами структурно-фациальных районов баженовского горизонта Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна и положением скважин в пределах участка исследований (1 – положение скважин с керном; 2 – положение скважин с ГИС; 3 – границы структурно-фациальных районов)

Fig. 1. Paleogeography of the West Siberian basin in Late Jurassic time with contours of structural-facial areas of the Bazenov horizon of the West Siberian oil-and-gas bearing basin and the position of wells within the study area (1 – position of core wells; 2 – position of wells with GIS; 3 – boundaries of structural-facial areas).

Фациальная интерпретация керновых данных выполнена согласно методике, изложенной в работе [23]. Использованы методы фациальных реконструкций по данным ГИС, предложенные В.С. Муромцевым [24]. Построение палеогеографических схем выполнено на основе анализа комплекса данных, включавших результаты фациальной интерпретации литологии скважинной корреляции по данным ГИС, материалы 2D-сейсморазведки, granulometрии и карт общих толщин пачек яновстанской свиты.

Результаты

Литологическая характеристика свиты

В литологическом отношении яновстанская свита представлена песчаниками мелкозернистыми, алевролитами и аргиллитами, из которых последние имеют наибольшее преобладание в объёме свиты. Отмечаются незначительные по толщине прослои с повышенным содержанием карбонатной составляющей.

Генерализованное представление интервалов отбора керна с визуализацией наиболее распространённых литологических типов пород яновстанской свиты представлено на рис. 2.

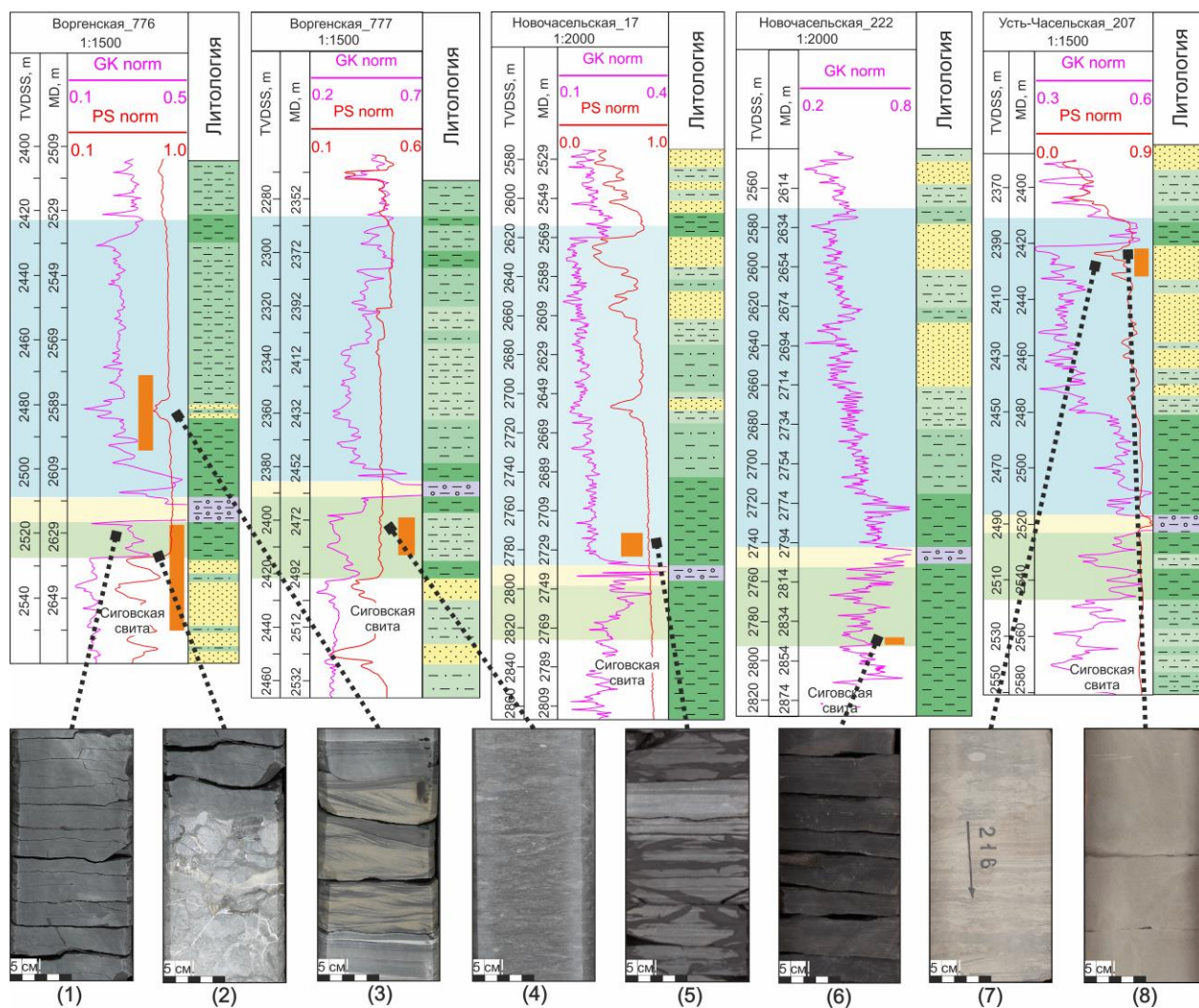


Рис. 2. Наиболее распространённые литологические типы пород яновстанской свиты (1 – аргиллиты массивные; 2 – резкий переход от конгломератов к аргиллитам (граница сиговской/яновстанской свит); 3 – прослои песчаников с косой взаимосрезающей слоистостью в аргиллитах; 4 – глины алевроитовые со следами активных биотурбаций; 5 – аргиллиты горизонтальнослоистые с прослоями повышенного содержания карбонатов; 6 – аргиллиты тонкоотмученные; 7 – песчаники алевроитовые со следами биотурбаций; 8 – песчаники массивные) (условные обозначения – на рис. 3)

Fig. 2. The most representative lithologic rock types of the Yanovstan Formation (1 – argillites massive; 2 – abrupt transition from conglomerates to argillites (the boundary of the Sigov/Yanovstan Formation); 3 – layers of sandstones with oblique intercutting layering in argillites; 4 – silty clays with traces of active bioturbation; 5 – horizontally layered argillites with interlayers of increased carbonate content; 6 – fine-silty argillites; 7 – silty sandstones with traces of bioturbation; 8 – massive sandstones) (symbols are in Fig. 3)

В первую очередь в разрезе свиты выделена средняя пачка (ЯН^б). Она чётко фиксируемая по максимальным значениям параметра ГК, наблюдаемым напротив интервала свиты в первые единицы метров. Литологически интервал представлен тонкоотмученными массивными, аргиллитами с повышенным содержанием органического вещества.

Относительно средней пачки в разрезе свиты дифференцированы отложения нижней (ЯН^в) и верхней (ЯН^а) пачек яновстанской свиты. Нижняя в основном представлена аргиллитами алевритистыми с горизонтальной или массивной текстурами, с редкими прослоями песчаников в первые единицы метров с резкими границами слоёв и косой взаимосрезающейся слоистостью. Верхняя пачка сложена терригенным материалом глинистой, алевритовой и песчаной размерностями. Алевропесчаные породы представлены различными текстурами от волнистой до косой и массивной и составляют геологические тела толщиной порядка десятков метров. Аргиллиты с горизонтальной, подчёркнутой алевритовым материалом, слоистостью и массивной текстурой.

Подробная литологическая характеристика подошвы нижней пачки (подошва яновстанской свиты) в южной части распространения свиты дана в [22].

Фациальная характеристика

По данным фациального анализа, пачка ЯН^в в скважине Воргенская 777 отнесена к отложениям нижней части подводного берегового склона (рис. 3) на основании следующих признаков: терригенного материала алевритовой и глинистой размерностей; биогенной гомогенизированной глины (рис. 3, *b, c*); высокой степени биотурбированности отложений (рис. 3, *b, c*); парагенетической взаимосвязи с прослоями штормовых песчаников (рис. 3, *a*).

В интервалах скважин Воргенская 776, Новочасельская 17 и 222 формирование пород приурочено к обстановке внешнего илистого шельфа. Признаками выделения стали: глинистый состав отложений; отсутствие биотурбаций; присутствие в составе карбонизированных прослоев; массивная и тонкая горизонтальная текстуры; остатки морских организмов (белемниты). Породы верхней пачки (ЯН^а) в интервале скважины Новочасельская 17 также отнесены к фациальному комплексу внешнего илистого шельфа по ряду признаков, описанных выше.

Песчаные отложения в интервале скважины Усть-Часельская 207 приурочены к фациальному комплексу шельфовых песчаных гряд на основании следующих признаков: увеличения зернистости терригенных обломков и роста песчаной составляющей вверх по разрезу; постепенного перехода

вверх по разрезу от пологоволнистой слоистости со слоями алеврито-глинистого материала к косой однонаправленной слоистости, в последующем переходящей в массивную текстуру; наличию в основании тела текстур оседания осадка; присутствию следов биотурбации (*Palaeophycus*); общей выдержанности песчаного тела по площади; парагенезиса с отложениями морских глин.

В интервале скважины Воргенская 776 выделен фациальный комплекс внутреннего шельфа, включающий отложения шельфовых донных течений и штормов. Признаками выделения данного комплекса стало следующее: переслаивание аргиллитов и песчаников с толщиной последних в первые сантиметры (рис. 4, *b–d*); тонкая горизонтальная и массивная текстуры аргиллитов (рис. 4, *a*); отмученность аргиллитов (рис. 4, *a*); косая взаимосрезающаяся слоистость песчаников (рис. 4, *b–d*); резкий контакт между аргиллитами и песчаниками (рис. 4, *b, c*); отсутствие биотурбаций (рис. 4).

Следует сказать о выделенных фациальных комплексах на керне. Шельфовые гряды по строению в разрезе и по площади в значительной степени сходны с вдольбереговыми барами. Однако локализуются они в большем удалении от берега, располагаясь в пределах подводного берегового склона. В литологическом составе указанное выражается в более тонкозернистом материале, характеризующемся повышенным содержанием глинистой составляющей и повышенной интенсивностью биотурбированности осадка. Общая толщина песчаных гряд по сравнению с барами также меньше.

Внутренняя часть шельфа в значительной мере сложена тонкоотмученными глинами, однако в его составе присутствуют прослои тонкозернистого песчано-алевритового материала толщиной в несколько сантиметров, характеризующегося резким контактом с глинистыми породами и косой взаимосрезающейся слоистостью, что указывает на резкое повышение гидродинамики среды на незначительный временной период. Подобные особенности, как правило, генетически связаны с деятельностью шельфовых течений и штормов.

Для отложений внешнего илистого шельфа характерен тонкоотмученный глинистый состав, отсутствие следов биотурбации и массивные и горизонтально-слоистые текстуры, что определяется значительной глубиной седиментации и низкой гидродинамикой водной среды.

На основании выполнения электрофациальной интерпретации данных кривых ГК и ПС выделены следующие фациальные ассоциации (рис. 5): вдольбереговые бары, шельфовые песчаные гряды, шельфовые донные течения/штормовые песчаники, оползневые осадки и илистые отложения открытого моря.

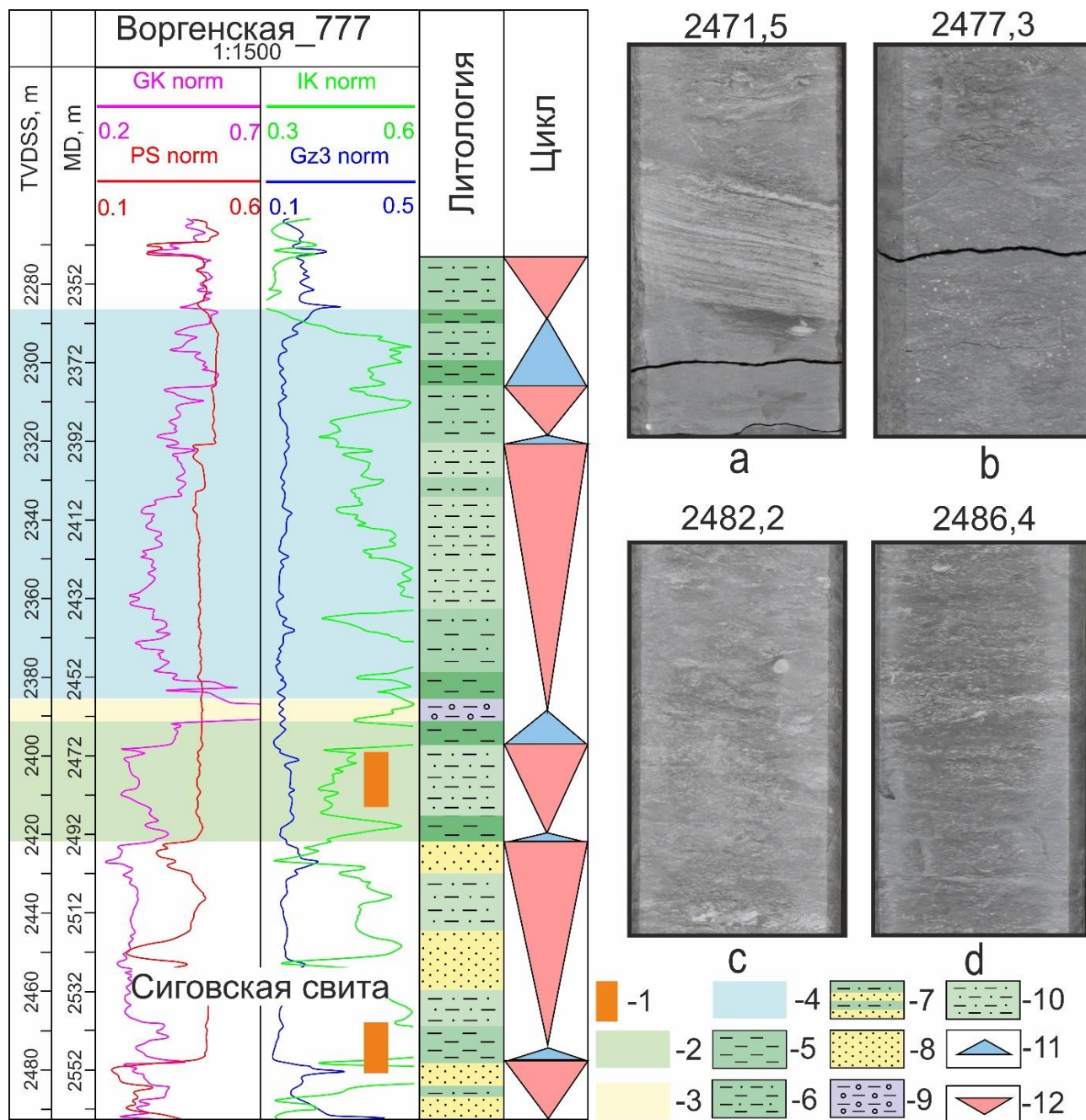


Рис. 3. Литологическая колонка скважины Воргенская 777: а) прослой песчано-алевритовой породы с косою слоистостью, генетически связанной с штормовой деятельностью моря; б-д) аргиллиты с текстурой интенсивной биотурбации (наблюдается в пределах всего интервала отбора керна); 1 – интервалы выноса керна; 2 – нижняя пачка яновстанской свиты; 3 – средняя пачка; 4 – верхняя пачка; 5 – аргиллиты; 6 – аргиллиты алевритистые/с тонкими прослоями алевритов; 7 – переслаивание аргиллитов алевритистых и песчаников; 8 – песчаники; 9 – аргиллиты с повышенным содержанием кремния; 10 – аргиллиты алевритовые с прослоями алевритов; 11 – трансгрессивная часть циклита; 12 – регрессивная часть циклита

Fig. 3. Lithologic column of the well Vorgenskaya 777: а) interbedded sandy-siltstone with oblique layering, genetically related to the storm activity of the sea; б-д) mudstones with texture of intensive bioturbation (observed within the whole core sampling interval); 1 – core withdrawal intervals; 2 – lower pack of the Yanovstan Formation; 3 – middle pack; 4 – upper pack; 5 – mudstones; 6 – silty mudstones with thin siltstone interbeds; 7 – interbedded silty mudstones and sandstones; 8 – sandstones; 9 – mudstones with increased silicon content; 10 – silty mudstones with siltstone interbeds; 11 – transgressive part of the cyclite; 12 – regressive part of the cyclite

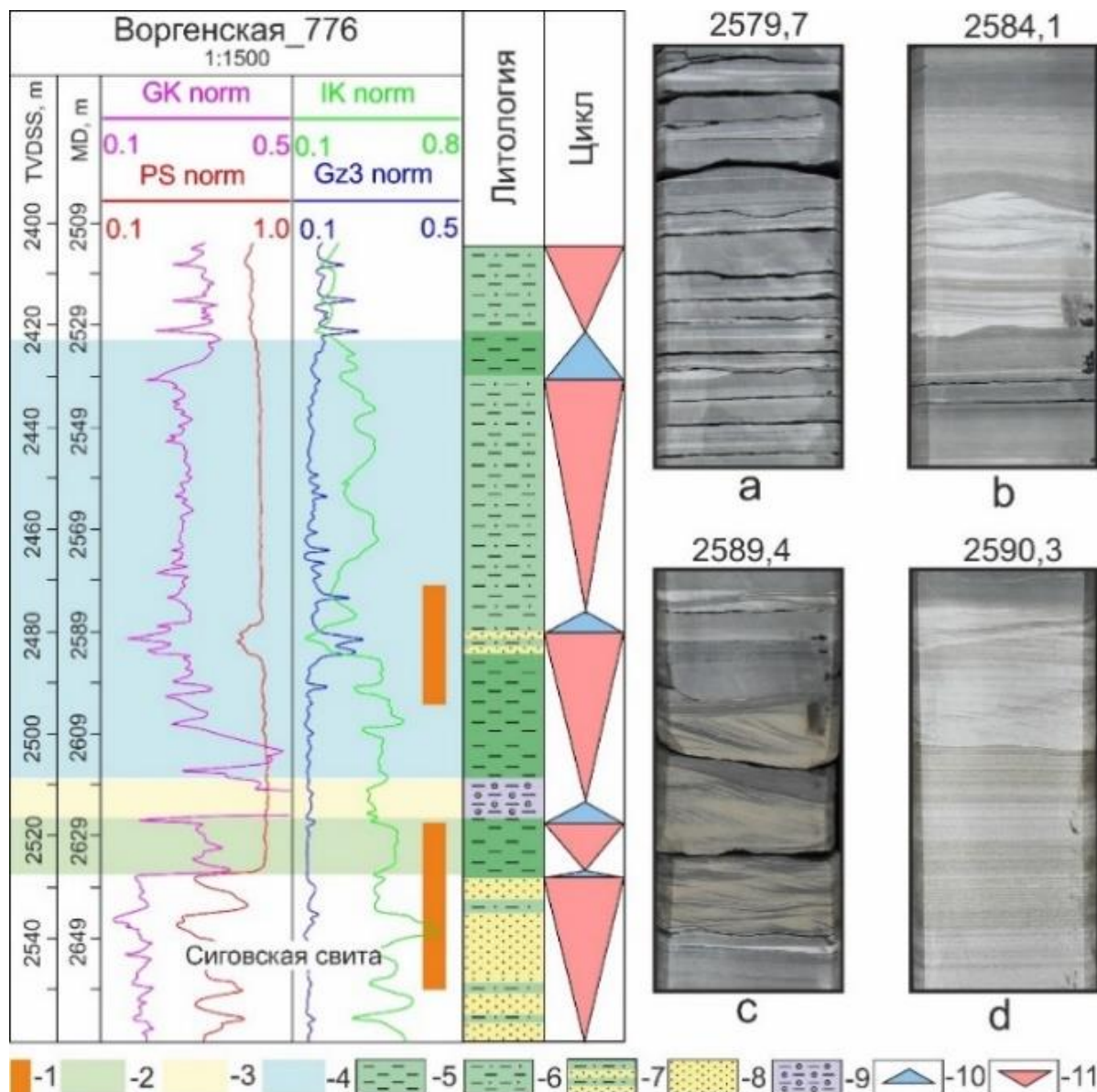


Рис. 4. Литологическая колонка скважины Vorgenskaya 776 (фациальный комплекс внутреннего шельфа с отложениями, генетически связанными с шельфовыми донными течениями или штормами (условные обозначения – на рис. 3)

Fig. 4. Lithologic column of well Vorgenskaya 776 (facies complex of the inner shelf with sediments genetically related to shelf bottom currents or storms (symbols are in Fig. 3)

Для вдольбереговых баров и шельфовых песчаных гряд характерно постепенное увеличение зернистости вверх по разрезу. Толщина песчаных тел составляет десятки метров. Вместе с тем последние по сравнению с первыми представлены меньшей толщиной и большей заглинизированностью отложений. Песчаные тела, сформированные подводными течениями (гребнями штормовых волн), характеризуются толщиной в первые метры и резкими кровлей и подошвой. Для песчаных тел, связанных с оползевыми процессами, устанавливается резкая подошвенная граница. Они представлены толщиной в десятки метров.

По результатам выделения пород песчано-алевритового гранулолита в скважинах по ГИС выполнено построение карт песчаности для всей яновстанской свиты и отдельно для пачек (рис. 6). Нижняя пачка характеризуется коэффициентом песчаности от 0,0 до 0,27. Наличие песчаников отмечено только в крайней восточной части территории исследования. Верхняя пачка охарактеризована коэффициентом песчаности 0,0–0,45. Песчаники наблюдаются в пределах значительно большей части территории исследования. Кроме восточных территорий, где опесчанивание максимально, их наличие отмечается и в центральных областях исследуемого участка.

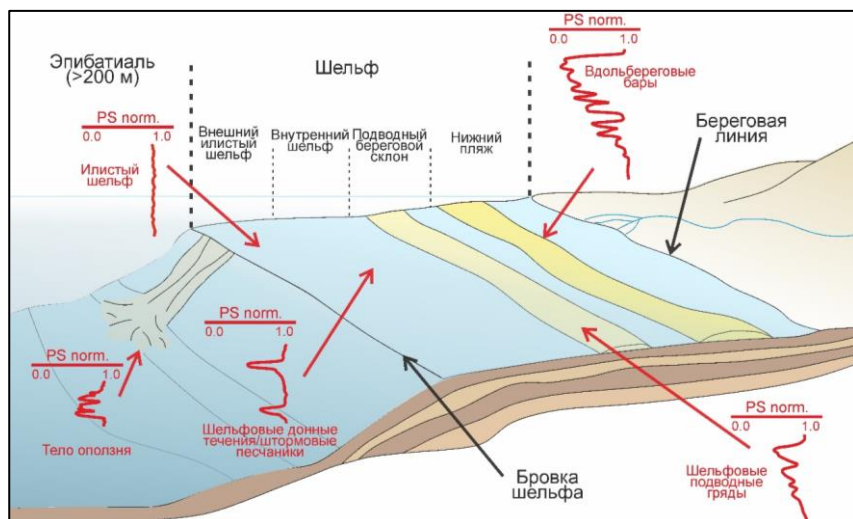


Рис. 5. Электрофации яновстанской свиты на схеме профиля морского побережья [23, 24]
Fig. 5. Electrofacies of the Yanovstan Formation on the scheme of the seashore profile [23, 24]

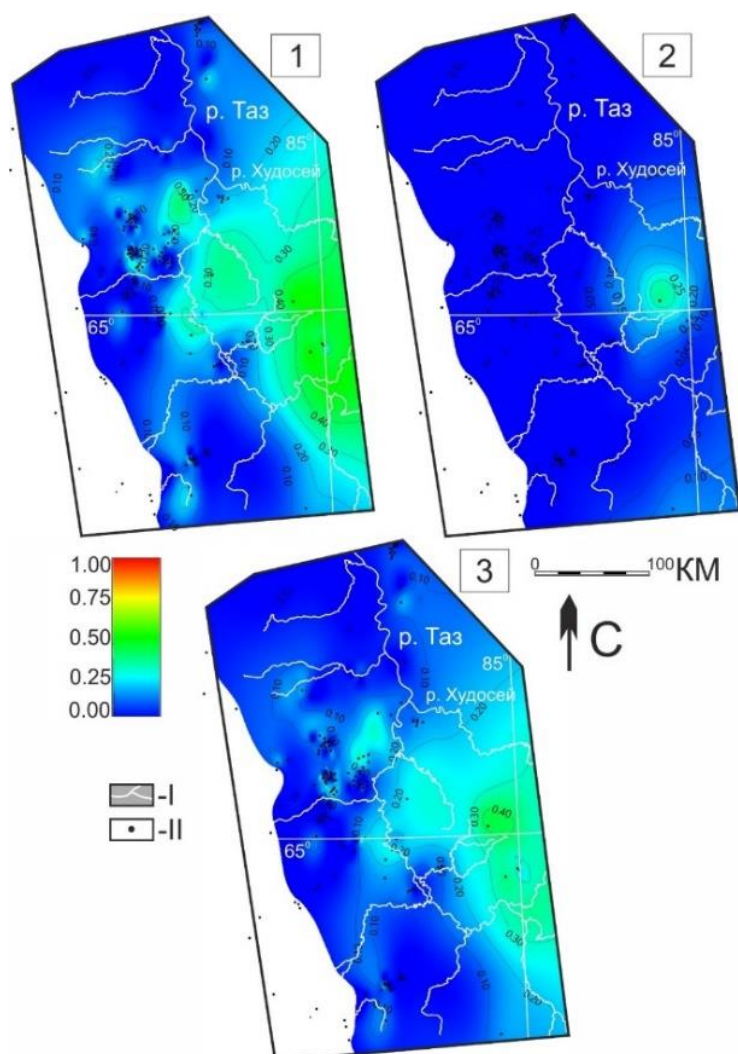


Рис. 6. Карты песчанности (содержания песчаной составляющей) пород яновстанской свиты: 1 – верхняя пачка; 2 – нижняя пачка; 3 – свита в целом (I – положение современных речных систем; II – положение скважин)
Fig. 6. Sand content maps (content of sand component) of the rocks of the Yanovstan Formation: 1 – upper member; 2 – lower member; 3 – Formation as a whole (I – position of modern river systems; II – position of wells)

Из карт песчанистости уверенно фиксируется то, что основная доля песчаных пород в составе яновстанской свиты приурочена к верхней пачке, в виду чего контуры изолиний коэффициента песчанистости в целом по свите повторяют контуры карты отдельно по верхней пачке (ЯН^в).

Обсуждение

Важно отметить, что трёхчленное строение разреза яновстанской свиты прямым образом отражает морскую гидродинамику и глобальную трансгрессивно-регрессивную ритмику. Так, начало формирования яновстанской свиты связано с резкой кимериджской трансгрессией (в подошве фиксируется базальный горизонт – аналог барабинской пачки). В то время как последующее накопление основного объёма нижней пачки приурочено к сменившей её постепенной регрессии (это отмечается на проградационном изменении размера зернистости пород пачки, приуроченных к шельфовым песчаным грядам). Последовавшая

за ней резкая трансгрессия волжского (титонского) времени уверенно фиксируется на границе с вышележащей средней пачкой. В то время как накопление верхней пачки приурочено к постепенной регрессии берриасского времени и соответствовавшей ей лавинной седиментации. Всё вышеописанное позволяет рассматривать строение свиты как некий маркер колебаний уровня моря в Западно-Сибирском бассейне в период её накопления, что значительно сложнее выявить на разрезе баженовской свиты, являющейся фаціальным аналогом первой.

Таким образом, выявление приуроченности строения яновстанской свиты к глобальной эвектике, описание глобальных событий и характеристика смежных территорий Западно-Сибирского бассейна позволило дополнить общую палеогеографическую картину региона в рассматриваемом временном срезе, выполнив корреляцию с глобальными и региональными событиями (рис. 7).

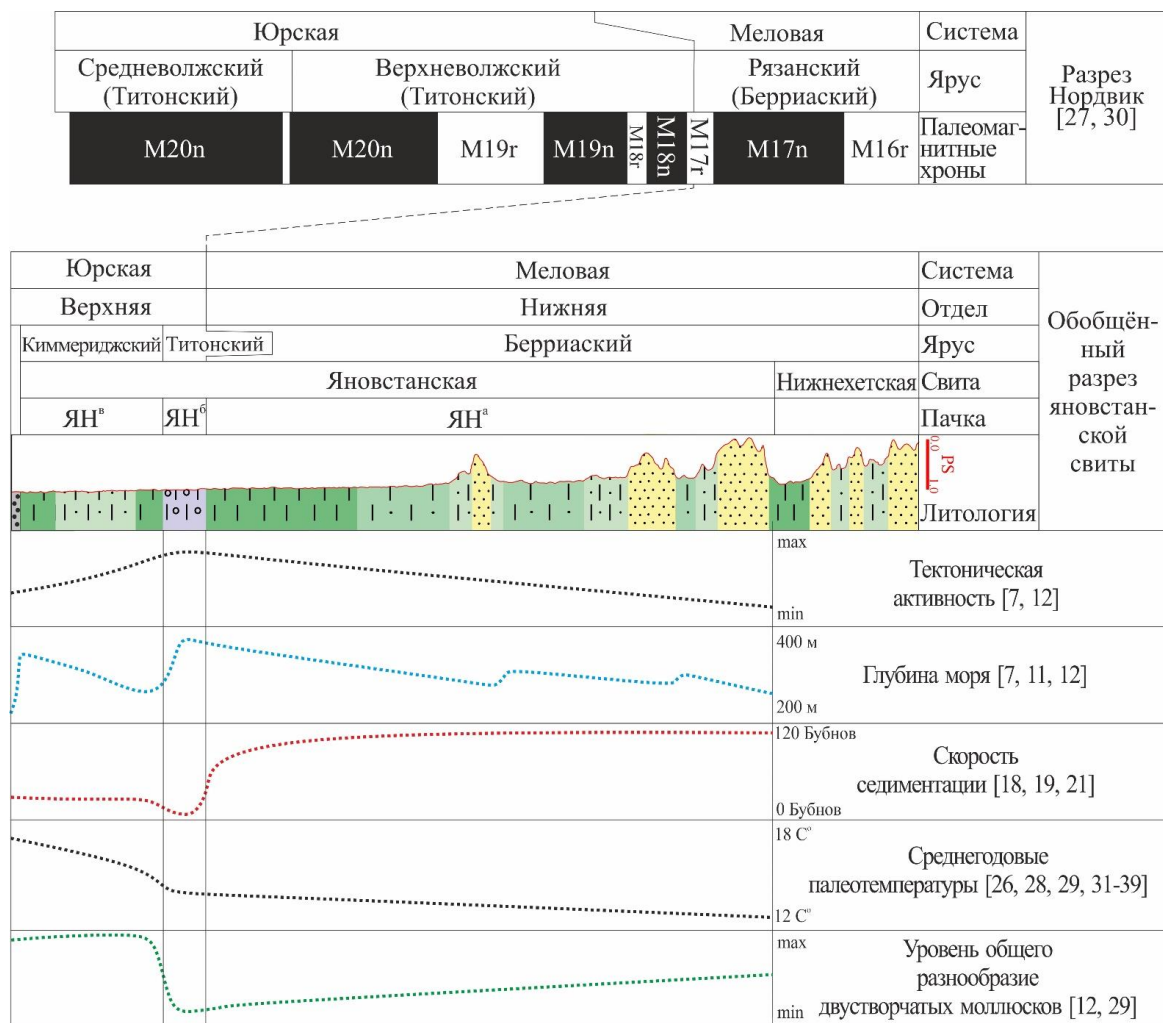


Рис. 7. Эволюционно-событийная схема осадконакопления яновстанской свиты [7, 11, 12, 18, 19, 21, 25–39]
Fig. 7. Evolutionary and event chart of sedimentation of the Yanovstan Formation [7, 11, 12, 18, 19, 21, 25–39]

Для стратиграфического членения яновстанской свиты выполнено сопоставление её обобщённого строения с разрезом Нордвик, который авторы считают одним из наиболее приближённых к объекту настоящей работы из охарактеризованных достаточными стратиграфическими исследованиями и в той же мере испытывавшими сходные колебания уровня моря в изучаемый период геологического времени.

Исходя из сопоставления, выявленная в разрезе яновстанской свиты кровля средней пачки увязана с границей юра/мел (время, когда также произошли глобальные изменения обстановки седиментации) разреза Нордвик [12]. Увязка выполнена на основании изменения состава осадка. Граница средней и верхней пачек уверенно отмечается по значительному понижению радиоактивности отложений, что явно указывает на рост процента терригенной составляющей (переход от кремнисто-глинистых осадков к глинистым) и, в свою очередь, смены в условиях седиментации бассейна, отметившегося увеличением объёмов привноса терригенного материала. Такое же увеличение выявлено многими исследователями и в Енисей-Хатангском проливе как раз на границе юрского и мелового периодов [12, 30].

Целый ряд факторов, оказавших прямое влияние на седиментацию в пределах всего баженовского моря, нашли своё подтверждение и в области её накопления. Так, ранее для баженовского моря отмечалось существование донных морских течений [12]. На керне верхней пачки яновстанской свиты также выявлен ряд признаков, указывающих на накопление песчаных пород под действием подобных течений. В ранних работах авторы связали с ними наличие повышенных толщин свиты с преобладающе глинистым составом в пределах северо-восточной части территории исследования [22], объясняя механику формирования следующим образом: снос осадочного материала в бассейн накопления яновстанской свиты происходил с прилегающей Сибирской суши, где протекало его «нормальное» распределение (утонение осаждаемого обломочного материала по мере удаления от берега), и выносом легкого глинистого материала вдольбереговыми течениями на север, где происходила его разгрузка в пределах Большехетской впадины (по причине её ограниченности с севера Мессояхской группой поднятий) и прилегающих к ней площадей на северо-востоке территории исследования.

Анализ керновой информации указывает на глобальное похолодание климата в титонское время и воздействие холодноводных масс из Енисей-Хатангского пролива. Находки глендонитов, ранее также отмеченные в [40], указывают на температуру придонных вод в +4...–2 °С. В сходном интервале кернового материала яновстанской свиты отмечается обеднение комплекса морской фауны,

также косвенно подтверждающее похолодание климата. В пределах нижней пачки отмечается значительное число морских остатков, в то время как в вышележащих отложениях (на границе нижней и средней пачек яновстанской свиты) общее их число сокращается до единичных экземпляров.

Новые данные по яновстанской свите позволяют уточнить и детализировать представления о её седиментации. Формирование свиты началось в киммерийское время, когда Западно-Сибирский морской бассейн значительно и стремительно углублялся. Репрезентативным в этом отношении стоит считать разрез скв. Воргенская 776 (рис. 2 (2)): в её интервале наблюдается резкая граница между сивговской и перекрывающей её яновстанской свитами, сопровождаемая переходом от накопления песчано-алевритового материала к тонкотмученному глинистому.

Описанное выше повышение уровня моря послужило причиной изменения характера осадконакопления и почти повсеместного формирования глинистых отложений в интервале нижней пачки (ЯН^В) яновстанской свиты. В период её седиментации на большей части территории исследования существовал морской бассейн, глубиной, не превышавший 200 м, где получили широкое развитие шельфовые морские гряды (рис. 8). Литологические параметры нижней пачки (ЯН^В) указывает на повышение предельной глубины бассейна в северо-восточной части территории исследования. По результатам литолого-фациального анализа можно отметить, что для нижней части подводного берегового склона характерен глинистый и алевритистый составы со значительной биотурбированностью отложений и наличием прослоев штормовых песчаников толщиной в первые сантиметры.

В период накопления средней пачки, характеризующейся высокой радиоактивностью, интенсивность поступления осадочного материала снизилась до минимума. Её понижение было связано как с перестройкой в пределах складчатого обрамления, так и с повышением уровня моря, достигнувшего своего максимума в период верхнеюрского времени [30].

Верхняя пачка накапливалась в условиях постепенной регрессии моря [7, 12, 17], обусловившей повсеместное формирование аккумулятивных песчаных тел. На керне установлены фации шельфовых песчаных гряд и вдольбереговых баров, характеризующиеся увеличением зернистости пород вверх по разрезу. При этом снос осадочного материала происходил с территории Сибирской платформы, что отмечается по картам песчаности (рис. 6), поскольку именно на востоке выявлено наибольшее число песчаных пород, общая толщина которых уменьшается в западном направлении.

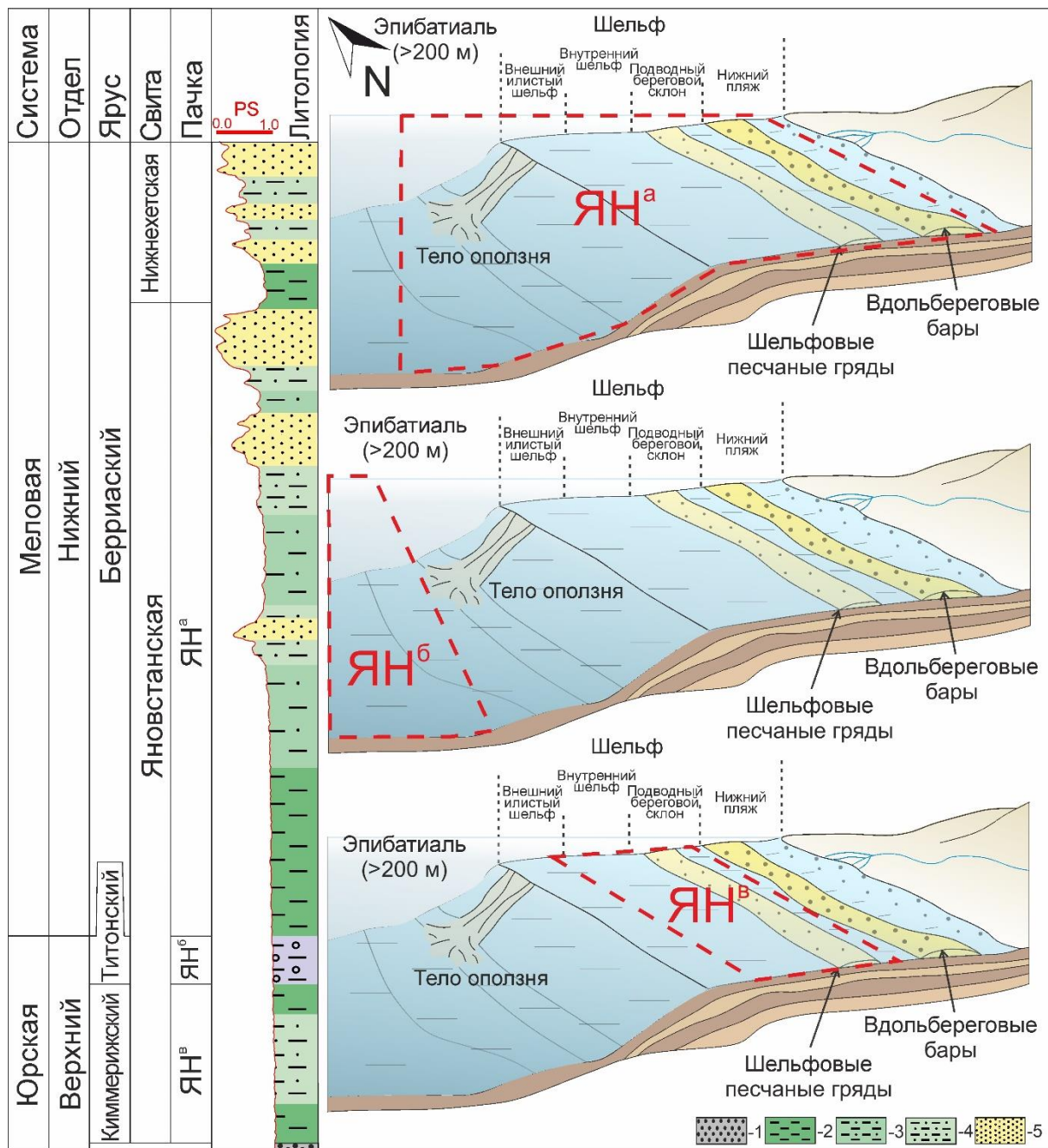


Рис. 8. Седиментологическая модель яновстанской свиты по пачкам (1 – аргиллиты с повышенным содержанием кремния; 2 – аргиллиты; 3 – аргиллиты алевритистые/с тонкими прослоями алевролитов; 4 – аргиллиты алевритовые с прослоями алевролитов; 5 – песчаники)

Fig. 8. Sedimentologic model of the Yanovstan Formation by strata (1 – silica-rich mudstones; 2 – mudstones; 3 – silty mudstones with thin siltstone interbeds; 4 – silty mudstones with siltstone interbeds; 5 – sandstones)

В пределах накопления яновстанской свиты удалось детализировать палеогеографические схемы: подготовлены схемы для отдельных пачек, а не для ярусов или их групп, что в целом повышает их дифференцированность. Представляемые палеогеографические схемы на период накопления нижней (рис. 9) и верхней (рис. 10) пачек яновстанской свиты дополнительно детализируют схемы, ранее представленные Г.Г. Шеминым и др. [9].

В рамках схемы по пачке ЯН^в выделены три укрупнённые фациальные зоны (рис. 9): область развития подводных шельфовых гряд в пределах подводного берегового склона, зона распространения внутреннего и внешнего шельфа. Последняя представлена полностью заглинизированным разрезом и небольшой толщиной пачки. Фации внутреннего шельфа характеризуются наибольшим площадным распространением и представлены по

большей части аргиллитами с редкими слоями песчаников в первые единицы метров, генетически связанными с подводными шельфовыми течениями. Шельфовые песчаные гряды приурочены к самой восточной части территории исследования.

На палеогеографической схеме пачки ЯН^а выделено шесть фациальных зон (рис. 10): область раз-

вития вдольбереговых баров, шельфовых песчаных гряд в пределах подводного берегового склона, зона развития внутреннего шельфа, внешнего шельфа, область развития оползневых песчаных тел и зона с предполагаемой глубиной морского бассейна более 200 м.

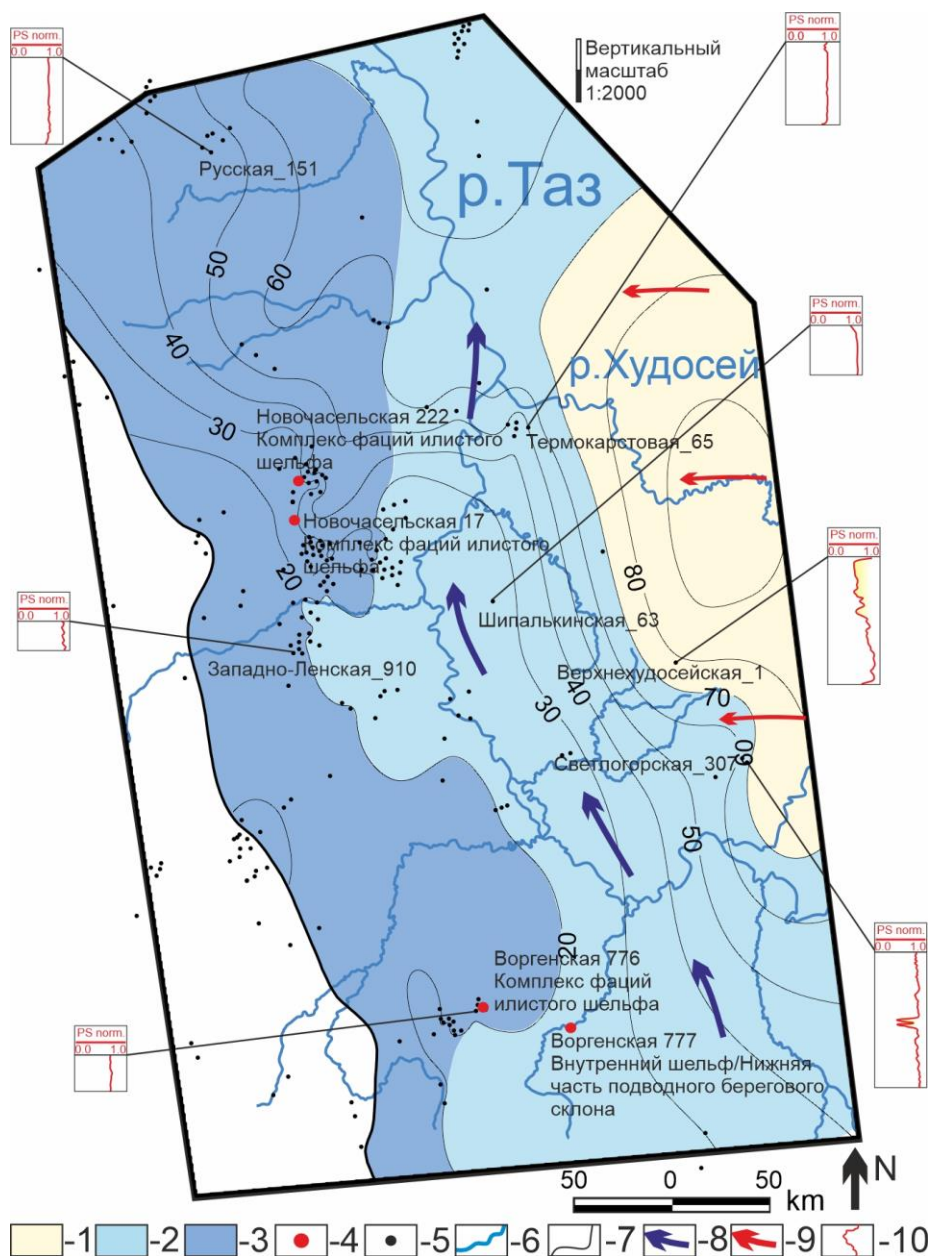


Рис. 9. Палеогеографическая схема пачки ЯН^а яновстанской свиты (1 – зона развития отложений шельфовых песчаных гряд в пределах подводного берегового склона; 2 – зона развития отложений внутреннего шельфа; 3 – зона развития отложений внешнего шельфа; 4 – положение керновых скважин; 5 – положение скважин с ГИС; 6 – современная речная система; 7 – изопакхиты ЯН^а; 8 – предполагаемые направления вдольбереговых течений; 9 – предполагаемые направления поступления осадочного материала; 10 – диаграмма ПС в интервале пачки)

Fig. 9. Paleogeographic scheme of the ЯН^а pack of the Yanovstan Formation (1 – zone of development of shelf sand ridge deposits within the submarine coastal slope; 2 – zone of development of inner shelf deposits; 3 – zone of development of outer shelf deposits; 4 – position of core wells; 5 – position of wells with GIS; 6 – modern river system; 7 – isopachytes of the ЯН^а; 8 – assumed directions of longshore currents; 9 – assumed directions of sedimentary material inflow; 10 – SP diagram in the pack interval)

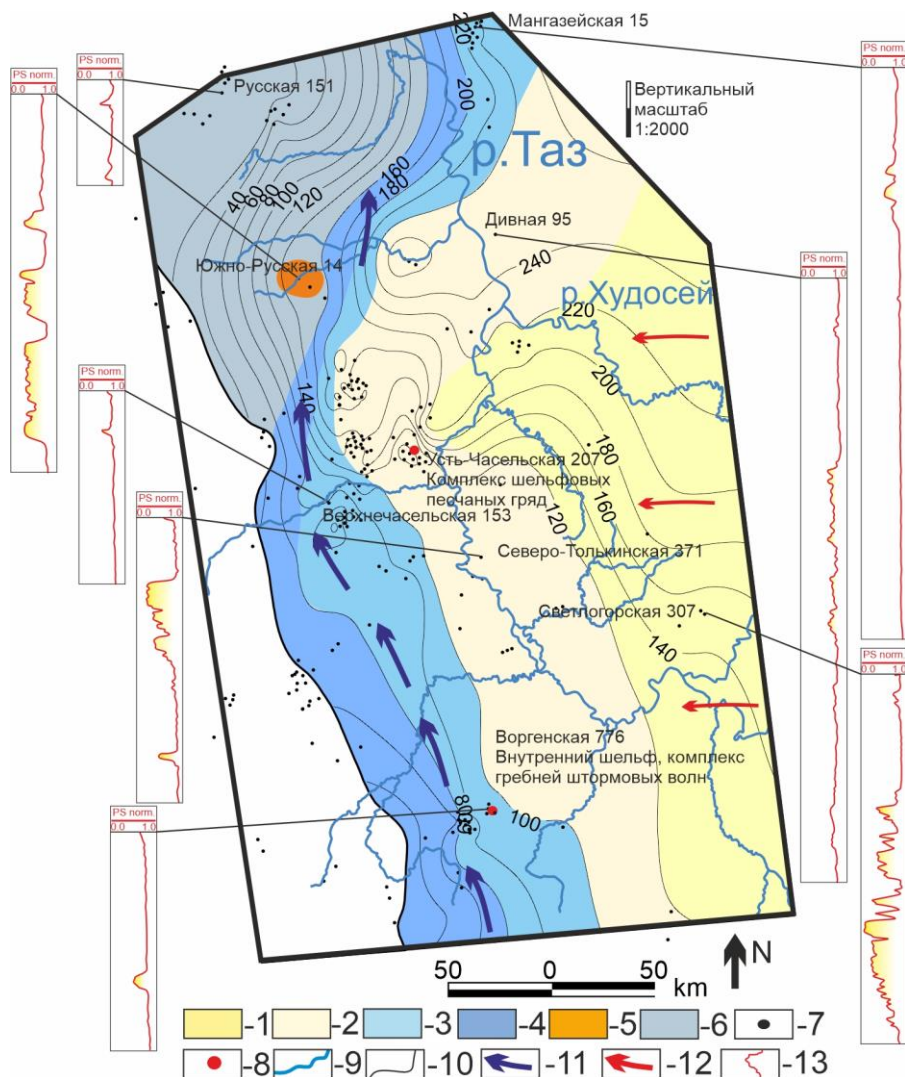


Рис. 10. Палеогеографическая схема пачки ЯН^а яновстанской свиты (1 – зона развития вдольбереговых баров; 2 – зона развития отложений шельфовых песчаных гряд в пределах подводного берегового склона; 3 – зона развития отложений внутреннего шельфа; 4 – зона развития отложений внешнего шельфа; 5 – зона развития отложений оползневой тела; 6 – зона развития относительного глубоководья; 7 – положение скважин с ГИС; 8 – положение керновых скважин; 9 – современная речная система; 10 – изопачиты ЯН^а; 11 – предполагаемые направления вдольбереговых течений; 12 – предполагаемые направления поступления осадочного материала; 13 – диаграммы ПС в интервале пачки)

Fig. 10. Paleogeographic scheme of the YaN^a pack of the Yanovstan Formation (1 – zone of development of longshore bars; 2 – zone of development of deposits of shelf sand ridges within the submarine coastal slope; 3 – zone of development of inner shelf deposits; 4 – zone of development of outer shelf deposits; 5 – zone of development of landslide body deposits; 6 – zone of development of relative deep water; 7 – position of wells with GIS; 8 – position of core wells; 9 – modern river system; 10 – isopachytes of YaN^a; 11 – assumed directions of longshore currents; 12 – assumed directions of sedimentary material inflow; 13 – SAR diagrams in the pack interval)

Область развития вдольбереговых баров характеризуется наибольшей песчанистостью и распространяется субпараллельно береговой линии (с юга на север). Восточнее от неё выделены отложения подводного берегового склона с развитием в пределах него шельфовых песчаных гряд с постепенным уменьшением песчанистости отложений. Разрез внутреннего шельфа по большей части заглинизирован и представлен небольшими по толщине песчаниками, связанными с шельфовыми донными течения-

ми и деятельностью штормов. Внешний шельф характеризуется распространением тонкоотмученных аргиллитов. В пределах северо-западной части территории выделена зона относительного глубоководья с глубиной более 200 м, в её области развиты песчаные тела, связанные оползневыми процессами. По причине вышеописанного в северо-западной оконечности выделена более глубоководная зона. Оползневое тело получило локальное развитие и отмечается в пределах двух скважин Южно-Русского участка.

Сравнение схемы для пачки ЯН^а с картой, разработанной Г.Г. Шеминым и др. [9] для баженовского горизонта позволяет заключить, что накопление верхней пачки яновстанской свиты (время берриасса) в восточной части территории исследования приурочено к более мелководным условиям. Это связано с тем, что баженовский горизонт представлен двумя ярусами, в период которых условия седиментации менялись. А схема, разработанная в настоящее время, подготовлена на берриасское время. Она является более дробной.

Наиболее перспективными с точки зрения коллекторских качеств горных пород являются отложения, связанные с вдольбереговыми барами и представленные песчаниками с большой и выдержанной толщиной с хорошими фильтрационно-ёмкостными свойствами (пористость 15,5–18 %) [23]. Высоким потенциалом также обладают отложения песчаных шельфовых гряд, которые, хоть и характеризуются уменьшением толщины пород-коллекторов и ухудшением фильтрационно-ёмкостных свойств по сравнению с первыми, следует рассматривать как перспективные с ожидаемой пористостью в 10–14 % [23]. Значения таковых для оползневых осадков варьирует в значительных пределах: их пористость может быть от первых единиц до более десятка процентов.

Выводы

В рамках проведённого исследования следует заключить:

1. Изученный комплекс отложений сформировался в краевой части обширного эпиконтинентального морского бассейна Западной Сибири при водообмене посредством течений с северным арктическим океаном (Бореем) и Енисей-Хатангским проливом (морем).
2. Происходившие в период осадконакопления яновстанской свиты глобальные изменения трансгрессивно-регрессивной ритмики и перестройки тектонического плана определили трёхчленное строение свиты (ее дифференциацию на три пачки) – нижнюю, среднюю и верхнюю, а также вариативность фациальных обстановок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Главные направления развития нефтяного комплекса России в первой половине XXI века / А.Э. Конторович, Л.М. Бурштейн, В.Р. Лившиц, С.В. Рыжкова // Вестник Российской академии наук. – 2019. – Т. 89. – № 11. – С. 1095–1104.
2. Ким Н.С., Родченко А.П. Органическая геохимия и нефтегазогенерационный потенциал юрских и меловых отложений Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 8. – С. 1236–1252.
3. Столбова Н.Ф., Исаева Е.Р. Литолого-геохимические особенности отложений яновстанской свиты Ванкорской площади // Фундаментальные исследования. – 2014. – Т. 11. – С. 826–831.
4. Ухлова Г.Д., Варламов С.Н. Сейсмостратиграфический подход к корреляции верхнеюрских седиментационных комплексов на северо-востоке Западно-Сибирской плиты // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Второе Всероссийское совещание: научные материалы. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2007. – С. 240–242.
5. Системно-литологическая (циклическая) модель верхней юры северных и арктических областей Западной Сибири / А.А. Нежданов, Ю.Н. Каргодин, В.В. Огибенин, Е.В. Герасимова // Материалы первого Всероссийского совещания «Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии». – М., 2005. – С. 172–173.
6. Бородин В.Н., Курчиков А.Р. К вопросу уточнения западной и восточной границ ачимовского клиновидного комплекса Западной Сибири // Геология и геофизика. – 2015. – Т. 56. – № 9. – С. 1630–1642.

3. С позиции изучения условий осадконакопления яновстанской свиты выявлено изменение параметров седиментационного бассейна. Так, подошва нижней пачки в виде базального горизонта с последующим повсеместным накоплением глин отражает трансгрессию на границе позднего и раннего периодов георгиевского времени.
4. Последующее накопление отложений пачки происходит при постепенной регрессии моря, уменьшении палеотемператур и относительно стабильном поступлении осадочного материала с территории Сибирской суши.
5. Накопление средней пачки, характеризующейся повышенной естественной радиоактивностью связано с трансгрессией, уменьшением скорости (до 0,5 м/млн) и объёмов поступления терригенного материала в комплексе со снижением биоразнообразия, что явилось результатом падения палеотемператур и воздействием холодных морских течений.
6. В последующем происходит тектоническая активизация, что приведёт к постепенной глобальной регрессии моря, увеличению объёмов и интенсивности поступления осадочного материала (до 12 м/млн) и седиментации верхней пачки, характеризующейся постепенным увеличением зернистости вверх по разрезу и формированием значительных по площади шельфовых аккумулятивных тел, с которыми и связаны основные породы-коллектора свиты.
7. Подготовлен набор палеогеографических схем на период накопления нижней и верхней пачек яновстанской свиты, которые удалось детализировать относительно уже разработанных на настоящий момент материалов.
8. Наиболее значительными по толщине и величинам ФЕС стали территории распространения пород-коллекторов, генетически приуроченных к вдольбереговым барам (пористость 15,5–18 %) и шельфовым песчаным грядам (пористость 10–14 %). Они рассматриваются в качестве перспективных объектов.

7. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском периоде / А.Э. Конторович, В.А. Конторович, С.В. Рыжкова, Б.Н. Шурыгин, Л.Г. Вакуленко, Е.А. Гайдебурова, В.П. Данилова, В.А. Казаненков, Н.С. Ким, Е.А. Костырева, В.И. Москвин, П.А. Ян // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 8. – С. 972–1012.
8. Обстановки осадконакопления и палеогеографическая зональность баженковского горизонта (титон – нижний берриас) Западной Сибири / А.Н. Стафеев, А.В. Ступакова, А.А. Сулова, Р.М. Гилаев // Георесурсы. – 2017. – Т. 2. – С. 134–143.
9. Литолого-палеогеографические реконструкции юрского периода севера Западно-Сибирского осадочного бассейна / Г.Г. Шемин, В.А. Верниковский, В.И. Москвин, Л.Г. Вакуленко, Е.В. Деев, Н.В. Первухина // Геология нефти и газа. – 2018. – № 6. – С. 35–61.
10. Стратиграфия мезозойских отложений платформенного чехла Западно-Сибирской плиты / Л.Ю. Аргентовский, В.С. Бочкарев, Ю.В. Брадучан, П.Я. Зининберг, В.Г. Елисеев, Н.Х. Кулахметов, И.И. Нестеров, Н.Н. Ростовцев, А.П. Соколовский, Г.С. Ясевич // Проблемы геологии Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. – 1968. – С. 27–95.
11. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири / Е.А. Гайдебурова, В.П. Девятков, О.С. Дзюба, В.И. Илина, А.М. Казаков, С.В. Меледина, Н.К. Могучева, Б.Л. Никитенко, Б.Н. Шурыгин // Юрская система. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 480 с.
12. Гришкевич В. Ф. Баженовский горизонт Западной Сибири: поиски новой гармонии. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – 279 с.
13. The Greenland-Norwegian Seaway: a key area for understanding Late Jurassic to Early Cretaceous paleoenvironments / J. Mutterlose, H.-J. Brumsack, S. Floegel, W.W. Hay, C. Klein, U. Langrock, M. Lipinski, W. Ricken, E. Soeding, R. Stein, O. Swientek // Paleogeography. – 2003. – Vol. 18. – № 1. DOI: 10.1029/2001PA000625
14. Integrated crustal thickness mapping and plate reconstructions for the high Arctic / A. Alvey, C. Gaina, N.J. Kusznir, T.H. Torsvik // Earth and Planetary Science Letters. – 2008. – Vol. 274. – P. 310–321.
15. Föllmi K.B. Early Cretaceous life, climate and anoxia // Cretaceous Research. – 2012. – Vol. 35. – P. 230–257. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2011.12.005>
16. Нежданов А.А., Кулагина С.Ф., Герасимова Е.В. Влияние позднекремнийской складчатости на стратификацию раннеэокомских отложений Западной Сибири // Экспозиция Нефть Газ. – 2017. – Т. 6. – № 7. – С. 18–22.
17. Меннер В.В. Граница юры и мела. – М.: Наука, 1990. – 189 с.
18. Zakharov V.A., Lapukhov A.S., Shenfil O.V. Iridium anomaly at the Jurassic-Cretaceous boundary in northern Siberia // Russian Journal of Geology and Geophysics. – 1993. – Vol. 34. – P. 83–90.
19. Grabowski J. Magnetostratigraphy of the Jurassic/Cretaceous boundary interval in the western Tethys and its correlations with other regions: a review. – Volumina Jurassica IX, 2011. – P. 105–128.
20. Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.B. A Geologic time scale. – Cambridge: Cambridge University Press, 2004. – 384 p.
21. New data on the magnetostratigraphy of the Jurassic-Cretaceous boundary interval, Nordvik Peninsula (northern East Siberia) / V.Y. Bragin, O.S. Dzyuba, A.Y. Kazansky, B.N. Shurygin // Russian Geology and Geophysics. – 2013. – Vol. 54. – P. 329–342. DOI: 10.1016/j.rgg.2013.02.008
22. Староселец Д.А., Смирнов П.В. Яновстанская свита Западной Сибири: литология, строение и корреляция отложений // Литосфера. – 2024. – Т. 24. – № 1. – С. 63–80. DOI: <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2024-24-1-63-80>
23. Чернова О.С. Научные основы построения геостатических моделей и геометризации юрско-меловых природных резервуаров Западной Сибири на базе петрофизических и седиментологических исследований керна: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук. – Томск, 2018. – 522 с.
24. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа. – М.: Недра, 1984. – 260 с.
25. Jurassic-Cretaceous boundary strata of the extreme Arctic (Peary Land, North Greenland) / E. Håkansson, T. Birkelund, S. Piasecki, V. Zakharov // Bulletin of the Geological Society of Denmark. – 1981. – Vol. 30. – P. 11–41.
26. Barron E.J. A warm, equable Cretaceous: the nature of the problem // Earth Science Reviews. – 1983. – Vol. 19. – P. 305–338. DOI: 10.1016/0012-8252(83)90001-6
27. Ogg J.G., Lowrie W. Magnetostratigraphy of the Jurassic/Cretaceous boundary // Geology. – 1986. – Vol. 14. – P. 547–550.
28. Price G.D., Valdes P.J., Sellwood B.W. A comparison of GCM simulated Cretaceous «greenhouse» and «icehouse» climates: implications for the sedimentary record // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 1998. – Vol. 142. – P. 123–138. DOI: 10.1016/S0031-0182(98)00061-3.
29. Cretaceous climatic oscillations in the Bering area (Alaska and Koryak Upland): isotopic and palaeontological evidence / Y.D. Zakharov, Y. Shigeta, A.M. Popov, R. Nagendra, P.P. Safronov, O.P. Smyshlyayeva, A.M. Popov, T.A. Velivetskaya, T.B. Afanasyeva // Sedimentary Geology. – 2011. – Vol. 235. – P. 122–131. DOI: 10.1016/j.cretres.2011.04.007
30. Palaeoenvironments and palaeoceanography changes across the Jurassic/Cretaceous boundary in the Arctic realm: case study of the Nordvik section (north Siberia, Russia) / V.A. Zakharov, M.A. Rogov, O.S. Dzyuba, K. Žák, M. Košťák, P. Pruner, P. Skupien, M. Chadima, M. Mazuch, B.L. Nikitenko // Polar Research. – 2014. – 33 p. DOI: <https://doi.org/10.3402/polar.v33.19714>
31. Scotese C. Some thoughts on global climate change: the transition from icehouse to hothouse // The evolution of the Earth System. – PALEOMAP Project. – 2015. – P. 2–54.
32. Климатические вариации в Арктическом регионе в меловом периоде и кайнозойе / Р.Р. Габдуллин, Н.В. Бадулина, Ю.И. Ростовцева, А.В. Иванов // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. – 2019. – Т. 5. – С. 30–37.
33. Arctic reappraisal of global carbon-cycle dynamics across the Jurassic–Cretaceous boundary and Valanginian Weissert Event / M.E. Jelby, K.K. Śliwińska, M.J. Koevoets, P. Alsen, M.L. Vickers, S. Olausson, L. Stemmerik // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2020. – Vol. 555. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109847>
34. Ingrams S., Jolley D.W., Schneider S. High latitude stratigraphical palynology of the Jurassic–Cretaceous boundary interval, Sverdrup Basin, Arctic Canada // Cretaceous Research. – 2021. – Vol. 126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2021.104922>
35. Jurassic palynofloras in the circum-Arctic region / J. Bujak, M. Bringué, A.A. Goryacheva, N.K. Lebedeva, E.B. Pestchevitskaya, J.B. Riding, M. Smelror // Atlantic Geoscience. – 2022. – Vol. 58. – P. 55–98. DOI: <https://doi.org/10.4138/atlgeo.2022.003>

36. Stratigraphy of the Upper Jurassic to lowermost Cretaceous in the Rødryggen-1 and Brorson Halvø-1 boreholes, Wollaston Forland, North-East Greenland / P. Alsen, S. Piasecki, H. Nøhr-Hansen, S. Pauly, E. Sheldon, J. Hovikoski // *GEUS Bulletin*. – 2023. – Vol. 55. DOI: <https://doi.org/10.34194/geusb.v55.8342>
37. Completing the loop of the Late Jurassic–Early Cretaceous true polar wander event / Y. Hou, P. Zhao, H. Qin, R.N. Mitchell, Q. Li, W. Hao, M. Zhang, P.D. Ward, J. Yuan, C. Deng, R. Zhu // *Nat Commun*. – 2024. – Vol. 2183. – № 15. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46466-7>
38. The silent VOICE – searching for geochemical markers to track the impact of Late Jurassic rift tectonics / J.M. Galloway, T. Hadlari, K. Dewing, T. Poulton, S.E. Grasby, L. Reinhardt, M. Rogov, J. Longman, M. Vickers // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. – 2024. – Vol. 25. DOI: <https://doi.org/10.1029/2024GC011490>
39. Hadlari T. Rift to post-rift tectonostratigraphy of the Sverdrup Basin in relation to onset of the High Arctic Large Igneous Province (HALIP) in the Early Cretaceous, Arctic Canada // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. – 2024. – Vol. 25. DOI: <https://doi.org/10.1029/2023GC011411>
40. Рогов М.А., Захаров В.А., Соловьёв А.В. Волжский и рязанский ярусы в разрезе скважины новоякимовская-1 (запад Енисей-Хатангского регионального прогиба, Сибирь). Статья 1. Общая характеристика яновстанской свиты и ее стратиграфия по моллюскам // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. – 2023. – Т. 32. – № 1. – С. 88–111.

Информация об авторах

Дмитрий Андреевич Староселец, заместитель генерального директора по разработке ООО «ГудГео», Россия, 625000, г. Тюмень, ул. Ветеранов труда, 1, кв. 23. d_star1997@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-4262-8639>

Яна Валерьевна Лось, техник-геолог 1 категории лаборатории литолого-фациальных исследований отдела геологии нефти и газа ФАУ «ЗапСибНИИГГ», Россия, 625000, г. Тюмень, ул. Республики, 48. losyana42@gmail.com

Павел Витальевич Смирнов, кандидат геолого-минералогических наук, PhD, научный сотрудник, Назарбаев Университет, Казахстан, 010000, г. Астана, ул. Кабанбай Батыра, 53. geolog.08@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2264-2269>

Поступила в редакцию: 15.11.2024

Поступила после рецензирования: 24.02.2025

Принята к публикации: 17.07.2025

REFERENCE

1. Kontorovich A.E., Burshtein L.M., Livshits V.R., Ryzhkova S.V. Main directions of development of the Russian oil complex in the first half of the 21st century. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2019, vol. 89, no. 11, pp. 1095–1104. (In Russ.)
2. Kim N.S., Rodchenko A.P. Organic geochemistry and oil and gas generation potential of Jurassic and Cretaceous deposits of the Yenisei-Khatanga regional trough. *Geology and Geophysics*, 2013, vol. 54, no. 8, pp. 1236–1252. (In Russ.)
3. Stolbova N.F., Isaeva E.R. Lithological and geochemical features of the deposits of the Yanovstan Formation of the Vankor area. *Fundamental research*, 2014, vol. 11, pp. 826–831. (In Russ.)
4. Ukhlova G.D., Varlamov S.N. Seismostratigraphic approach to correlation of Upper Jurassic sedimentary complexes in the northeast of the West Siberian Plate. *Jurassic system of Russia: problems of stratigraphy and paleogeography. Second All-Russian conference. Scientific materials*. Yaroslavl, Yaroslavl State Pedagogical University Publ. house, 2007. pp. 240–242. (In Russ.)
5. Nezhdanov A.A., Karogodin Yu.N., Ogibenin V.V., Gerasimova E.V. Systemic-lithological (cyclic) model of the Upper Jurassic of the northern and arctic regions of Western Siberia. *Proc. of the first All-Russian conference. Jurassic system of Russia: problems of stratigraphy and paleogeography*. Moscow, 2005. pp. 172–173. (In Russ.)
6. Borodkin V.N., Kurchikov A.R. On the issue of clarifying the western and eastern boundaries of the Achimov clinoform complex of Western Siberia. *Geology and Geophysics*, 2015, vol. 56, no. 9, pp. 1630–1642. (In Russ.)
7. Kontorovich A.E., Kontorovich V.A., Ryzhkova S.V., Shurygin B.N., Vakulenko L.G., Gaideburova E.A., Danilova V.P., Kazanekov V.A., Kim N.S., Kostyreva E.A., Moskvina V.I., Yan P.A. Jurassic paleogeography of the West Siberian sedimentary basin. *Geology and geophysics*, 2013, vol. 54, no. 8, pp. 972–1012. (In Russ.)
8. Stafeev A.N., Stupakova A.V., Suslova A.A., Gilaev R.M. Sedimentation environments and paleogeographic zoning of the Bazhenov horizon (Tithonian – Lower Berriasian) of Western Siberia. *Georesursy*, 2017, vol. 2, pp. 134–143. (In Russ.)
9. Shemin G.G., Vernikovskiy V.A., Moskvina V.I., Vakulenko L.G., Deev E.V., Pervukhina N.V. Lithological and paleogeographic reconstructions of the Jurassic period in the north of the West Siberian sedimentary basin. *Geology of oil and gas*, 2018, no. 6, pp. 35–61.
10. Argentovsky L.Y., Bochkarev V.S., Braduchan Y.V., Zininberg P.Y., Eliseev V.G., Kulakhmetov N.H., Nesterov I.I., Rostovtsev N.N., Sokolovskiy A.P., Yasovich G.S. Stratigraphy of Mesozoic deposits of the platform cover of the West Siberian Plate. *Problems of Geology of the West Siberian Oil and Gas Province*, 1968, pp. 27–95. (In Russ.)
11. Gaideburova E.A., Devyatov V.P., Dzyuba O.S., Ilina V.I., Kazakov A.M., Meledina S.V., Mogucheva N.K., Nikitenko B.L., Shurygin B.N. *Stratigraphy of oil and gas basins of Siberia. Jurassic system*. Novosibirsk, SB RAS Publ. House, 2000. 480 p. (In Russ.)
12. Grishkevich V.F. *Bazhenov horizon of Western Siberia: search for new harmony*. Tyumen, Tyumen Industrial University Publ., 2022. 279 p. (In Russ.)
13. Mutterlose J., Brumsack H.-J., Floegel S., Hay W.W., Klein C., Langrock U., Lipinski M., Ricken W., Soeding E., Stein R., Swientek O. The Greenland-Norwegian Seaway: a key area for understanding Late Jurassic to Early Cretaceous paleoenvironments. *Paleoceanography*, 2003, vol. 18, no. 1. DOI: [10.1029/2001PA000625](https://doi.org/10.1029/2001PA000625)
14. Alvey A., Gaina C., Kusznir N.J., Torsvik T.H. Integrated crustal thickness mapping and plate reconstructions for the high Arctic. *Earth and Planetary Science Letters*, 2008, vol. 274, pp. 310–321.
15. Föllmi K.B. Early Cretaceous life, climate and anoxia. *Cretaceous Research*, 2012, vol. 35, pp. 230–257. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2011.12.005>
16. Nezhdanov A.A., Kulagina S.F., Gerasimova E.V. Influence of Late Cimmerian folding on stratification of Early Neocomian sediments of Western Siberia. *Exposition Neft Gas*, 2017, vol. 6, no. 7, pp. 18–22. (In Russ.)

17. Menner V.V. *Jurassic-Cretaceous boundary*. Moscow, Nauka Publ., 1990. 189 p.
18. Zakharov V.A., Lapukhov A.S., Shenfil O.V. Iridium anomaly at the Jurassic-Cretaceous boundary in northern Siberia. *Russian Journal of Geology and Geophysics*, 1993, vol. 34, pp. 83–90.
19. Grabowski J. Magnetostratigraphy of the Jurassic/Cretaceous boundary interval in the western Tethys and its correlations with other regions: a review. *Volumina Jurassica IX*, 2011, pp. 105–128.
20. Gradstein F.M., Ogg J.G., Smith A.B. *A geologic time scale*. Cambridge, Cambridge University Press, 2004. 384 p.
21. Bragin V.Y., Dzyuba O.S., Kazansky A.Y., Shurygin B.N. New data on the magnetostratigraphy of the Jurassic-Cretaceous boundary interval, Nordvik Peninsula (northern East Siberia). *Russian Geology and Geophysics*, 2013, vol. 54, pp. 329–342. DOI: 10.1016/j.rgg.2013.02.008
22. Staroselets D.A., Smirnov P.V. Yanovstan Formation of Western Siberia: lithology, structure and correlation of deposits. *Lithosphere*, 2024, vol. 24, no. 1, pp. 63–80. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2024-24-1-63-80>
23. Chernova O.S. *Scientific bases of construction of geostatic models and geometry of Jurassic-Cretaceous natural reservoirs of Western Siberia on the basis of petrophysical and sedimentological researches of core*. Dr. Diss. Tomsk, 2018. 522 p. (In Russ.)
24. Muromtsev V.S. *Electrometric geology of sandbodies – lithological traps of oil and gas*. Moscow, Nedra Publ., 1984. 260 p.
25. Håkansson E., Birkelund T., Piasecki S., Zakharov V. Jurassic-Cretaceous boundary strata of the extreme Arctic (Peary Land, North Greenland). *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 1981, vol. 30, pp. 11–41.
26. Barron E.J. A warm, equable Cretaceous: the nature of the problem. *Earth Science Reviews*, 1983, vol. 19, pp. 305–338. DOI: 10.1016/0012-8252(83)90001-6
27. Ogg J.G., Lowrie W. Magnetostratigraphy of the Jurassic/Cretaceous boundary. *Geology*, 1986, vol. 14, pp. 547–550.
28. Price G.D., Valdes P.J., Sellwood B.W. A comparison of GCM simulated Cretaceous «greenhouse» and «icehouse» climates: implications for the sedimentary record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1998, vol. 142, pp. 123–138. DOI: 10.1016/S0031-0182(98)00061-3.
29. Zakharov Y.D., Shigeta Y., Popov A.M., Nagendra R., Safronov P.P., Smyshlyaeva O.P., Popov A.M., Velivetskaya T.A., Afanasyeva T.B. Cretaceous climatic oscillations in the Bering area (Alaska and Koryak Upland): Isotopic and palaeontological evidence. *Sedimentary Geology*, 2011, vol. 235, pp. 122–131. DOI: 10.1016/j.cretres.2011.04.007
30. 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, 33 p. DOI: <https://doi.org/10.3402/polar.v33.19714>
31. Scotese C. Some thoughts on global climate change: the transition from icehouse to hothouse. *The evolution of the Earth System – PALEOMAP Project*, 2015, pp. 2–54.
32. Gabdullin R.R., Badulina N.V., Rostovtseva Yu.I., Ivanov A.V. Climatic variations in the Arctic region in the Cretaceous and Cenozoic. *Bulletin of Moscow university. Series 4. Geology*, 2019, vol. 5, pp. 30–37. (In Russ.)
33. Jelby M.E., Śliwińska K.K., Koevoets M.J., Alsen P., Vickers M.L., Olausen S., Stemmerik L. Arctic reappraisal of global carbon-cycle dynamics across the Jurassic–Cretaceous boundary and Valanginian Weissert Event. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2020, vol. 555. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109847>
34. Ingrams S., Jolley D.W., Schneider S. High latitude stratigraphical palynology of the Jurassic–Cretaceous boundary interval, Sverdrup Basin, Arctic Canada. *Cretaceous Research*, 2021, vol. 126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2021.104922>
35. Bujak J., Bringué M., Goryacheva A.A., Lebedeva N.K., Pestchevitskaya E.B., Riding J.B., Smelror M. Jurassic palynoevents in the circum-Arctic region. *Atlantic Geoscience*, 2022, vol. 58, pp. 055–098. DOI: <https://doi.org/10.4138/atlgeo.2022.003>
36. Alsen P., Piasecki S., Nøhr-Hansen H., Pauly S., Sheldon E., Hovikoski J. Stratigraphy of the Upper Jurassic to lowermost Cretaceous in the Rødryggen-1 and Brorson Halvø-1 boreholes, Wollaston Forland, North-East Greenland. *GEUS Bulletin*, 2023, vol. 55. DOI: <https://doi.org/10.34194/geusb.v55.8342>
37. Hou Y., Zhao P., Qin H., Mitchell R.N., Li Q., Hao W., Zhang M., Ward P.D., Yuan J., Deng C., Zhu R. Completing the loop of the Late Jurassic–Early Cretaceous true polar wander event. *Nat Commun*, 2024, no. 15, vol. 2183. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46466-7>
38. Galloway J.M., Hadlari T., Dewing K., Poulton T., Grasby S.E., Reinhardt L., Rogov M., Longman J., Vickers M. The Silent VOICE – searching for geochemical markers to track the impact of Late Jurassic Rift Tectonics. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 2024, vol. 25. DOI: <https://doi.org/10.1029/2024GC011490>
39. Hadlari T. Rift to post-rift tectonostratigraphy of the Sverdrup Basin in relation to onset of the High Arctic Large Igneous Province (HALIP) in the Early Cretaceous, Arctic Canada. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 2024, vol. 25. DOI: <https://doi.org/10.1029/2023GC011411>
40. Rogov M.A., Zakharov V.A., Soloviev A.V. Volgian and Ryazanian stages in the section of the Novoyakimovskaya-1 well (west of the Yenisei-Khatanga regional trough, Siberia). Article 1. General characteristics of the Yanovstan suite and its stratigraphy based on mollusks. *Stratigraphy. Geological correlation*, 2023, vol. 32, no. 1, pp. 88–111.

Information about the authors

Dmitriy A. Staroselets, Deputy General Director for Development, LLC “GudGeo”, apt. 23, 1, Veteranov Truda street, Tyumen, 625000, Russian Federation. d_star1997@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-4262-8639>

Yana V. Los, Technician-Geologist 1 category, ZapSibNIIGG, 48, Respubliki street, Tyumen, 625000, Russian Federation. losyana42@gmail.com

Pavel V. Smirnov, Cand. Sc., PhD, Research Associate, Nazarbayev University, 53, Kabanbay Batyr avenue, Astana, 010000, Kazakhstan. geolog.08@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2264-2269>

Received: 15.11.2024

Revised: 24.02.2025

Accepted: 17.07.2025