

Литология, палеогеография

Lithology, paleogeography

Научная статья
УДК: 551.734+552.5



ЛИТОФАЦИАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛГАНСКОЙ СВИТЫ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ОРЕНБУРГСКОГО СВОДОВОГО ПОДНЯТИЯ

Н. С. Сагдеева¹, А. С. Фролов²

1 — *Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, Россия, sag-nyrija@mail.ru*

2 — *ООО «Газпромнефть-Оренбург», г. Оренбург, Россия, Frolov.ASerge@gazprom-neft.ru*

В статье рассмотрены литофациальные особенности отложений колганской свиты верхнефранского яруса девона юго-западной части Восточно-Оренбургского сводового поднятия (ВОСП) на основании описания разрезов нескольких скважин. Породы характеризуются нетипичным для колганской свиты карбонатно-терригенным составом, обилием обломков морской фауны и широким развитием следов деятельности илоедов. В породах отчетливо выделяется комплекс темпеститовых признаков. Выделены 5 основных литотипов, объединенные в три пачки. В разрезах скважин прослеживается тенденция постепенного перехода от пород терригенного состава к карбонатно-терригенному. Накопление исходных осадков происходило в условиях морской трансгрессии и влияния штормов. Отмечается переход от обстановок приливно-отливной равнины к нижней литорали. Показано, что существующие литофациальные модели образования колганской свиты не объясняют высокую литологическую изменчивость и преобладание карбонатной составляющей в отложениях в пределах юго-западной части Восточно-Оренбургского сводового поднятия. В настоящей работе предлагается литофациальная модель, учитывающая особенности строения и состава терригено-карбонатных отложений колганской свиты в пределах юго-западной части ВОСП.

Ключевые слова: Восточно-Оренбургское сводовое поднятие, франский ярус, колганская свита, темпеститы, мелководный шельф, литофациальная модель

Благодарности: Авторы выражают благодарность ООО «Газпромнефть-Оренбург» за предоставленные материалы и Горожаниной Е. Н. за ценные рекомендации и замечания. Работа выполнена в рамках программы государственного заказа ИГ УФИЦ РАН № FMRS-2025–0013.

Для цитирования: Сагдеева Н. С., Фролов А. С. Литофациальная характеристика колганской свиты юго-западной части Восточно-Оренбургского сводового поднятия // Геологический вестник. 2025. № 2. С. 58–72. DOI: 10.31084/2619-0087/2025-2-4

For citation: Sagdeeva N. S., Frolov A. S. (2025) Lithofacial characteristics of the Kolgan Formation of the southwestern part of the East Orenburg Arch uplift. *Geologicheskii vestnik*. 2025. No. 2. P. 58–72. DOI: 10.31084/2619-0087/2025-2-4

Original article
UDC: 551.734+552.5

LITHOFACIAL CHARACTERISTICS OF THE KOLGAN FORMATION OF THE SOUTHWESTERN PART OF THE EAST ORENBURG ARCH UPLIFT

N.S. Sagdeeva¹, A.S. Frolov²

1 — Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia, sag-nyrija@mail.ru

2 — Gazpromneft-Orenburg LLC, Orenburg, Russia, Frolov.ASerge@gazprom-neft.ru

This paper examines the lithofacies features of the Upper Frasnian (Late Devonian) Kolgan Formation in the southwestern part of the East Orenburg Arch based on detailed analysis of several well sections. The studied rocks exhibit an atypical carbonate-terrigenous composition for the Kolgan Formation, characterized by abundant marine fauna fragments and extensive bioturbation traces. A distinct suite of tempestite indicators has been identified within the succession.

Five principal lithotypes have been recognized and grouped into three lithological packages. The well sections demonstrate a gradual transition from terrigenous to carbonate-terrigenous dominated facies. Sediment accumulation occurred during marine transgression under storm-influenced conditions, showing a facies shift from tidal flat to lower littoral environments.

The study reveals that existing lithofacies models for the Kolgan Formation fail to explain the high lithological variability and carbonate predominance observed in the southwestern EOA. This paper proposes a revised lithofacies model that accounts for the specific features of the carbonate-terrigenous deposits of the Kolgan Formation in the southwestern part of the East Orenburg Arch.

Keywords: East Orenburg arch uplift, Fransky stage, Kalgan Formation, tempestites, shallow shelf, lithofacial model

Acknowledgments: The authors express their sincere gratitude to Gazpromneft-Orenburg LLC for providing the research materials and to Dr. E. N. Gorozhanina for her valuable recommendations and insightful comments. This study was conducted as part of the state research program of the Institute of Geology, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (Project No. FMRS-2025-0013)

Введение

Восточно-Оренбургское сводовое поднятие представляет собой крупную положительную тектоническую формацию, которая простирается в субмеридиональном направлении и пересечена сетью разломов. Эта структура находится на юго-востоке Восточно-Европейской платформы и соседствует с Предуральским краевым прогибом (рис. 1). ВОСП считается частью структурно-фациальной области, связанной с развитием Камско-Кинельской системы прогибов [Оренбургский..., 2013].

Колганская свита является важным объектом для поиска нефти в пределах Оренбургской области, с ней связано 74% объёма запасов углеводородов среднефранско-турнейского нефтегазоносного комплекса. К отложениям свиты приурочены продуктивные пласты Дкт [Космынин, Кузьмин, 2013].

Стратиграфическое положение свиты определено от верхнего отдела франского до нижнего отдела фаменского ярусов девонской системы [Ovnatanova, Kononova, 2008]. В 1972 г. была впервые выделена колганская стратиграфическая единица в ранге толщи [Макарова, Макарова, 1983]. В настоящее время толща переведена в ранг свиты [Стратиграфическая..., 2016]. Она представляет собой серию мощных (до 100 м) пачек терригенных пород среди вмещающих карбонатных отложений [Геологическое..., 1997; Космынин, Кузьмин, 2013]. Терригенные породы выполняют Колгано-Борисовский седиментационно-эрозионный прогиб [Яхимович, 1998]. На западе этот прогиб сочленяется с широтным Перелюбско-Рубежинским прогибом, заполненным более тонкозернистыми обломочными породами. На юге колганская свита прилегает к Оренбургскому валу Соль-Илецкого свода, служившему основным источником кластического материала для её формирования (см. рис. 1) [Оренбургский тектонический узел, 2013].

В соответствии с действующей стратиграфической схемой [Стратиграфическая..., 2016], колганская свита разделена на две подсвиты различной мощности. Нижняя подсвита относится к верхнефранскому подъярису и характеризуется светло-, зеленовато- и буровато-серыми, а также вишнево-бурными песчаниками, состоящими из кварца и полевого шпата. Присутствующие также в составе подсвиты алевролиты и аргиллиты имеют серую, зеленовато-серую и буроватую окраску и пиритизированы. Алевролиты в основном кварцевые и слюдисто-полевошпатовые, разномерные, с карбонатным цементом. Аргиллиты темно-серые, с песчано-алевритистым кварцевым составом и содержат битуминозно-углистые компоненты. Мощность нижней подсвиты составляет 20 м [Оренбургский..., 2013]. Верхняя подсвита принадлежит нижнефаменскому подъярису и включает терригенно-карбонатные и карбонатно-терригенные отложения. Известняки в нижнефаменской части колганской свиты имеют темно- и буровато-серую окраску. Породы варьируют от доломитизированных, до содержащих порядка 30–50% глинистой или алевритово-песчаной примеси. Мощность верхней подсвиты меняется от 8.5 м до 93 м, в среднем составляя 20–40 м [Оренбургский..., 2013].

Колганская свита рассматривается как продукт размыва островной суши в районе Соль-Илецкого свода. Отложения этой свиты заполняют предполагаемый Колганско-Борисовский прогиб, который соседствует с Оренбургским валом — субширотным поднятием в пределах северной части Соль-Илецкого свода. Ряд авторов полагает, что литофациальная обстановка осадконакопления связана с осушением поверхности предшествующей карбонатной платформы и развитием на них речных систем, заканчивающихся на краях платформ дельтами [Никитин и др., 2014]. По другим данным колганская свита состоит из отложений рифтогенного или грабенового бассейна, образовавшегося в результате инверсионных движений на месте погребенного ордовикского рифта. Предполагается, что поднятие произошло в результате взбросо-сдвиговых смещений, которое оказалось синхронным со временем формирования Камско-Кинельской системы прогибов на платформе. [Геологическое..., 1997; Горожанина и др., 2010].

Отмечаемое сложное геологическое строение, варьирование состава и мощностей отложений колганской свиты указывают на нестабильные условия ее седиментации.

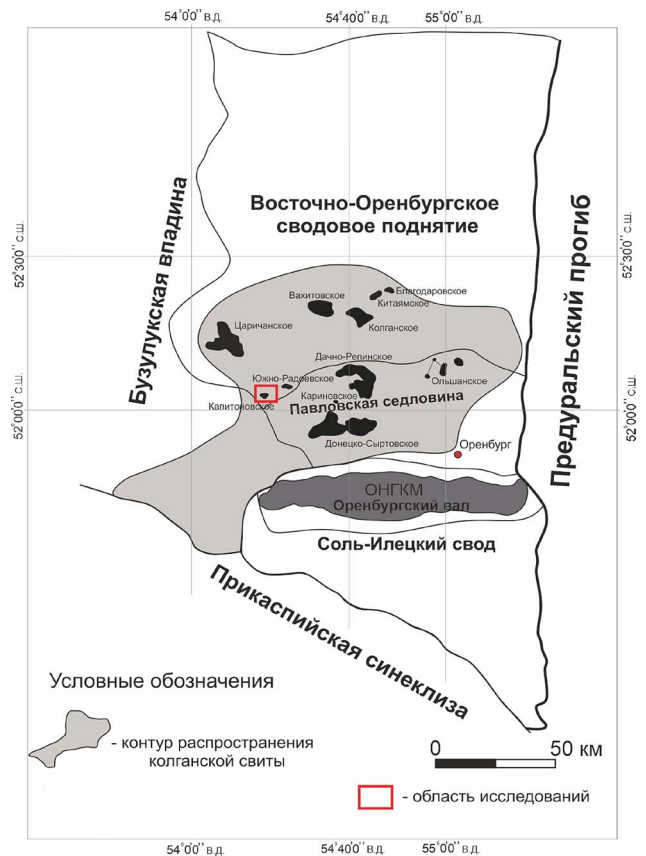


Рис. 1. Контур распространения колганской свиты

Условные обозначения: на схеме отображено положение нефтяных месторождений (обозначены черными пятнами), где отложения колганской свиты являются коллектором [Оренбургский..., 2013; Космынин, Кузьмин, 2013].

Fig. 1. Distribution contour of the Kolgan Formation

Legend: the diagram shows the position of oil fields (indicated by black spots), where the deposits of the Kolgan formation are a reservoir [Orenburgsky..., 2013; Kosmyinin, Kuzmin, 2013].

В результате осуществления комплекса поисково-разведочных работ в пределах ВОСП продолжают поступать и обрабатываться сведения, касающиеся литологического состава, геологического строения, генезиса и области распространения колганской свиты, дополняющие и расширяющие имеющиеся представления. Так, в пределах юго-западной части ВОСП вскрыты отложения колганской свиты, имеющие нетипичные для нее литологический состав и структурно-текстурные характеристики.

В настоящей работе рассматриваются особенности строения и условий осадконакопления колганской свиты франского яруса юго-западной части ВОСП на основе литологических исследований керна скважин.

Материал и методы

Объектом исследования являются карбонатно-терригенные породы колганской свиты, вскрытые тремя скважинами в пределах юго-западной части ВОСП восточной окраины Восточно-Европейской платформы. Литофациальное изучение осуществлялось по керновому материалу трех скважин (предоставленных для исследований в рамках договора с ООО «Газпромнефть-Оренбург») и результатам геофизического исследования скважин — гамма-каротажа (ГК) и нейтронного гамма-каротажа (НГК). Расположение скважин отображено на рисунке 2. Стратиграфическая привязка керна осуществлена на основе палеонтологических определений конодонтов, выполненных О. В. Артюшковой (ИГ УФИЦ РАН).

Общая протяженность исследованного непрерывного интервала керна трех скважин 72 м (100% выхода керна), из них, по мере смены литологических признаков (примерно через каждые 0,5 м), были отобраны 144 образца, по которым выполнено описание 144 шлифов.

Методика исследований включала анализ опубликованных материалов, литологическое описание пород и выделение литотипов и литофаций на основе макро- и микроскопических исследований. Литофациальная характеристика осуществлялась с учетом рекомендаций по изучению литологии карбонатных отложений [Dunham, 1962; Flügel, 2010; Тугарова, Жуковская, 2019; Жемчугова, Мячин, 2015].

Петрографическое изучение шлифов проведено на поляризационном микроскопе «БиоОптик СР-400» в проходящем свете и с использованием скрещенных николей.

Литостратиграфическая характеристика

На участке исследования вскрыты бурением отложения стратиграфически относятся к воронежско-евлановскому горизонту верхнефранского подъяруса девона. Отложения представлены чередованием терригенных, терригенно-карбонатных, глинисто-карбонатных и карбонатных пород. В породах отмечаются крупные реликты раковин брахиопод, строматопор, кораллов, криноидей, известковых водорослей, широко развиты следы деятельности илоедов. Признаки темпеститов отчетливо фиксируются в породах из керна всех трех скважин (смешанный терригенно-карбонатный состав, карбонатные грубообломочные

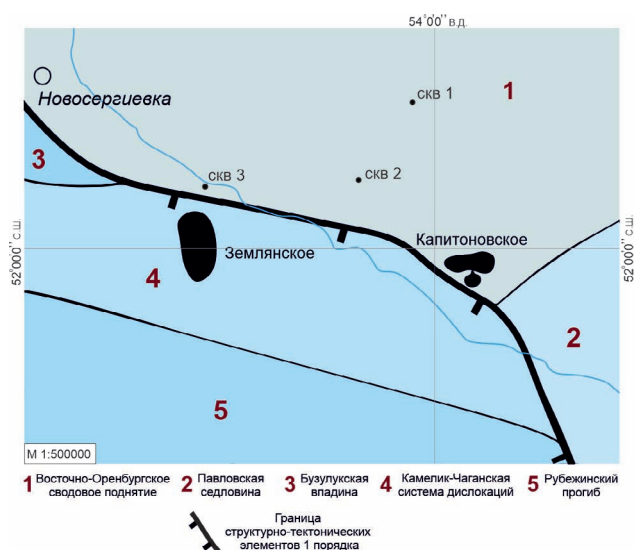


Рис. 2. Фрагмент тектонической схемы, где отображено расположение исследуемых скважин

Fig. 2. A fragment of the tectonic diagram showing the location of the wells

интракласты, глинисто-алевритовая матрица, хаотичная текстура, микропалеонтологические остатки, аллохтонные скопления фауны, частично разрушенная биотурбация).

В отложениях верхнефранского подъяруса выделены фации приливно-отливной терригенной равнины и нижней литорали.

Отложения приливно-отливной терригенной равнины приурочены, как правило, к нижним частям разрезов. Они представлены ритмичным переслаиванием алевролитов мелкозернистых кварцевых с известковым цементом и песчаников средне- и мелкозернистых, кварцевых с карбонатным цементом, биотурбированных. Признаки приливно-отливной деятельности: преобладание песчаной составляющей, тонкая ритмичность, эрозионные контакты слоев, хорошо окатанные кварцевые зерна.

Отложения нижней литорали, представлены несколькими литотипами пород карбонатного и карбонатно-терригенного состава. К ним отнесены: нодулярно-слоистые известняки биотурбированные, с терригенной примесью, известняки кораллово-строматопоровые с терригенной примесью. Эти породы встречаются на протяжении всего разреза скважин и преобладают в верхней его части.

К отложениям переходного типа можно отнести ритмично чередующиеся аргиллиты алевритистые биотурбированные (наблюдается их-

нотаксон *Zoophycos*) с прослоями, обогащенными раковинами брахиопод, и прослоями с известняками песчанистыми, ритмично-слоистыми, биотурбированными.

Комплексный анализ литологических характеристик в сочетании с данными гамма-каротажа (ГК) и нейтронного гамма-каротажа (НГК) позволил выделить три литологические пачки (рис. 3, пачки 1–3), демонстрирующие признаки хаотичного переслаивания отложений.

Скв. 1. Интервалы 3458–3461, 3462–3464, 3464.5–3466, 3471–3472, 3472.5–3473, 3486–3490 м представлены нодулярно-слоистым известняком с битуминозным, доломитизированным матриксом и алевроитовой примесью. Известковые нодули имеют, преимущественно, вытянутую форму и субгоризонтальную ориентированность. Порода содержит реликты морской фауны, в частности, мелких брахиопод и иглокожих, обрывки строматопор и многочисленные субвертикальные следы

деятельности илоедов, недостаточной для диагностики степени сохранности. Контакт с подстилающими и перекрывающими породами резкий, эрозионный (рис. 3, скв. 1).

Интервалы 3461–3462, 3466–3467, 3468–3471, 3473–3474, 3481–3486, 3493–3493.5 м представлены ритмичным, горизонтальным переслаиванием известняка песчанистого и алевролита известковистого. Контакт с подстилающими и перекрывающими породами резкий, эрозионный.

Интервалы 3466.5–3467.5, 3493–3494 м представлены известняком, содержащим обилие обломков кораллов, строматопор, криноидей, брахиопод. Остатки организмов визуально составляют более 50% состава породы. В разрезе наблюдается закономерное чередование пластов органогенных известняков с нодулярно-слоистыми разностями карбонатных пород.

Интервалы 3474–3478, 3491–3492 м представлены ритмичным чередованием субгоризонталь-

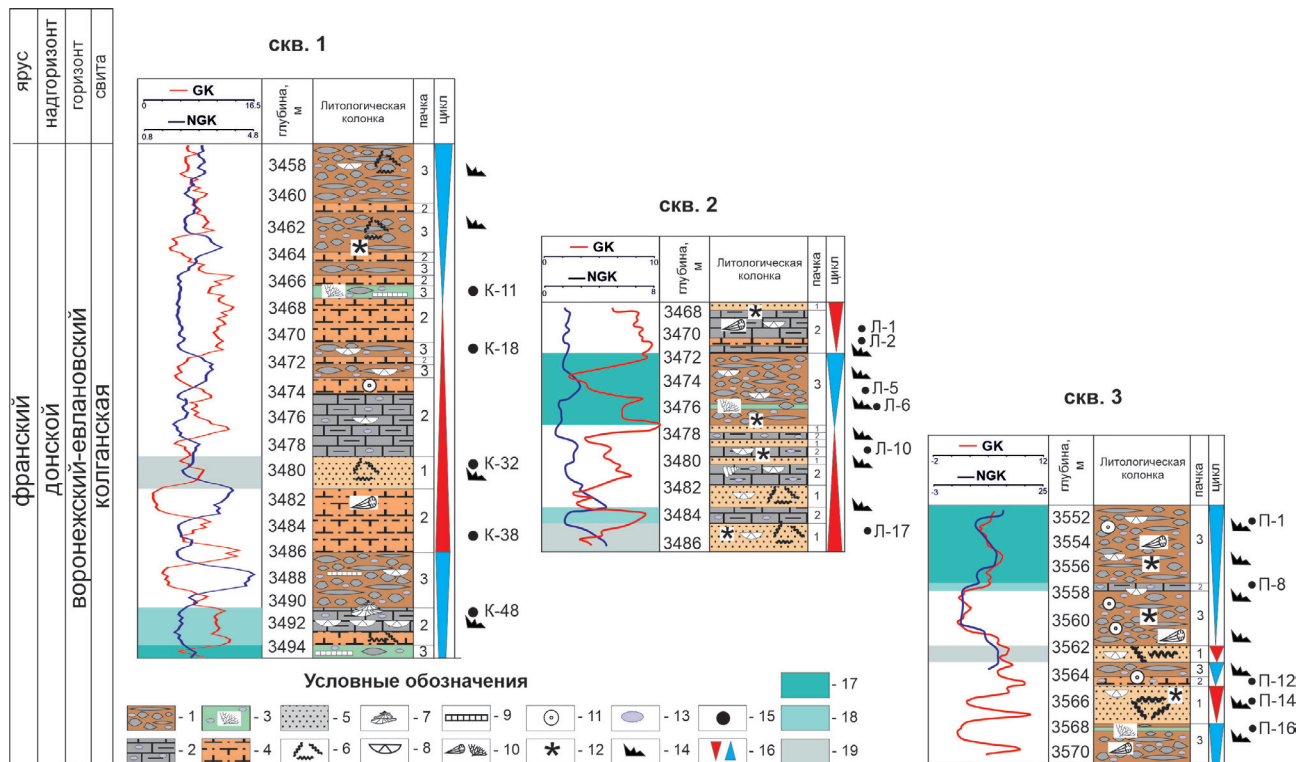


Рис. 3. Геологические колонки скв. 1, 2 и 3

Условные обозначения: 1 — литотип 1; 2 — литотип — 3; 3 — литотип 2; 4 — литотип — 4; 5 — литотип 5; 6 — биотурбация; 7 — *Zoophycos*; 8 — брахиоподы; 9 — строматопоры; 10 — кораллы; 11 — криноидеи; 12 — пиритизация; 13 — терригенная, кварцевая примесь; 14 — места обнаружения конодонтов; 15 — места отбора образцов; 16 — красный треугольник — цикл с регрессивной тенденцией, синий треугольник — цикл с трансгрессивной тенденцией; 17 — пачка 3; 18 — пачка 2; 19 — пачка 1.

Fig. 3. Geological columns of W. s 1, 2 and 3

Legend: 1 — lithotype 1; 2 — lithotype — 3; 3 — lithotype 2; 4 — lithotype — 4; 5 — lithotype 5; 6 — bioturbation; 7 — *Zoophycos*; 8 — brachiopods; 9 — stromatopores; 10 — corals; 11 — crinoids; 12 — pyritization; 13 — terrigenous, quartz admixture; 14 — sites of conodonts detection; 15 — sampling sites; 16 — red triangle— a cycle with a regressive tendency; blue triangle — a cycle with a transgressive tendency; 17 — package 3; 18 — package 2; 19 — package 1.

ных прослоев аргиллита алевритистого и известковых, алевритистых брахиоподовых. Контакт с вышележащими отложениями резкий.

Интервалы 3479–3481 представлены песчаником средне-мелкозернистым, кварцевым, содержащим известковистый цемент. Порода содержит обломки раковин брахиопод и многочисленные субвертикальные и субгоризонтальные ходы илоедов, недостаточной для диагностики степени сохранности. Текстура отложений пятнисто-слоистая, подчеркнутая неравномерным нефтенасыщением.

Контакт с нижележащими слоями резкий.

Скв. 2. Интервалы 3468–3468.5, 3470.5–3471.5, 3477–3478, 3479–3479.5, 3482–3483.5 3484.5–3486 м представлены песчаником кварцевым, среднезернистым, интенсивно биотурбированным, пятнисто-слоистой текстуры. Породы пиритизированы.

Интервалы 3468.5–3471, 3471.5–3472, 3478–3479, 3479.5–3480, 3480.5–3482, 3483–3484 м представлены ритмичным чередованием субгоризонтальных прослоев аргиллитов алевритистых и алевролитов глинистых с обилием реликтов мелких раковин брахиопод, обломков кораллов, единичных гастропод.

Интервал 3472–3477 м представлен нодулярно-слоистым известняком, состоящим из известковых нодулей и глинисто-карбонатным, битуминозным, доломитизированным, неяснослоистым матриксом. Известковые нодули имеют вытянутую форму и ориентированы субгоризонтально. Порода содержит обилие морской фауны, в частности мелких брахиопод и иглокожих обломки кораллов и субвертикальные следы деятельности илоедов, недостаточной для диагностики степени сохранности.

Скв. 3. Интервалы 3552–3558, 3558–3562, 3563.7–3564, 3567.5–3570 м представлены нодулярно-слоистым известняком, состоящем из известковых нодулей вытянутой формы, вплоть до небольших прослоев (толщиной 10 см) среди карбонатно-глинистого, битуминозного, доломитизированного матрикса с обилием мелких реликтов брахиопод и обломков кораллов.

Интервалы 3557.5–3558 и 3563.7–3564.5 м представлены ритмичным чередованием субгоризонтальных прослоев глинистых алевролитов и алевритистых аргиллитов с обилием реликтов мелких раковин брахиопод, фрагментов кораллов.

Интервалы 3561.8–3563 и 3564.5–3567.6 м представлены песчаником кварцевым, средне- и мелкозернистым, с карбонатным цементом. Отмечается

постепенный переход сверху вниз от песчаника визуальнo однородной текстуры с неясно выраженными субвертикальными ходами илоедов, до песчаника с неясно-слоистой текстуры, за счёт интенсивно развитых субгоризонтальных следов илоедов, подчеркнутых насыщением органическим веществом.

Петрографическая характеристика

Признаками выделения литотипов являются структурно-текстурные особенности пород, литологический состав, количество и тип фаунистических включений, степень подверженности постседиментационным процессам. В результате проведенных исследований нами выделено 5 основных литотипов. Корреляция литотипов в разрезах затруднительна в связи с высокой литологической изменчивостью.

Разрез скв. 1 характеризуется самой большой протяженностью. В нем фиксируется многократное чередование всех выделенных литотипов. В разрезе скв. 2 преобладают терригенные и карбонатно-терригенные (литотипы 1, 3,5 и единичные тонкие прослои литотипов 2,4), в скв. 3 отмечается преобладание карбонатно-терригенных пород (литотипы 1, 3,5 и единичный прослой литотипа 2).

Литотип 1. Известняк брекчированного облика имеет доломитизированный битуминозный микритовый матрикс темно-серого цвета, слабо-але-вритистый. Интракласты, составляющие основную массу породы, имеют в основном вытянутую форму, представлены вакстоуном с небольшой примесью алевритовых угловатых зерен кварца. Диаметр нодулей от 2 до 6 см (рис. 4А, Е, Л). Матрикс состоит из микрита с большим количеством рассеянных кристаллов доломита эвгдральной формы и примесью алевритового кварца. Наблюдаются многочисленные вертикальные ходы илоедов. Характерной является постседиментационная доломитизация, а также частичная пиритизация. Кристаллы доломита распределены как в интракластах, так и в матрице, при этом более 60% кристаллов содержится в матриксе, в то время как в интракластах доломит встречается редко (см. рис. 4А, Б). Мощность известняков литотипа 1 составляет от 1.0 до 4.0 м.

Литотип 2. Органогенный кораллово-строматопоровый известняк. Прослои данного литотипа выделяются среди известняка брекчированного облика и тонкокристаллического из-

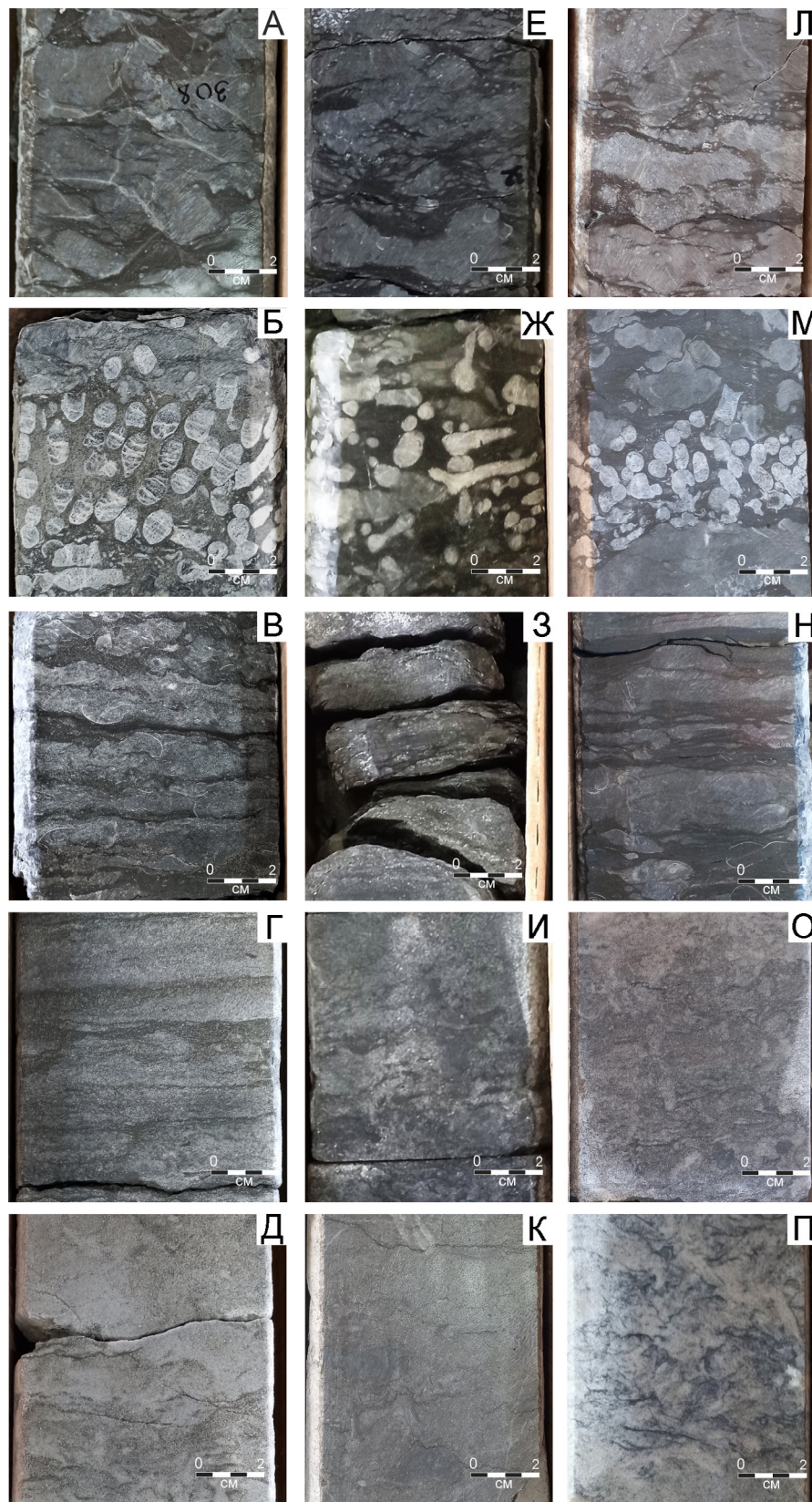


Рис. 4. Фотографии керна выделенных литотипов

Fig. 4. Photographs of the core of the selected lithotypes

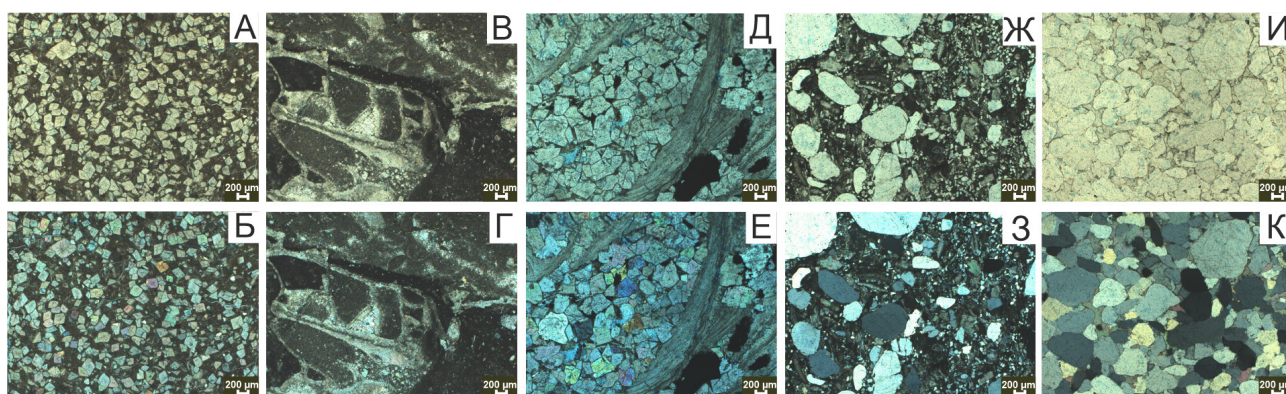


Рис. 5. Микрофотографии шлифов пород колганской свиты

Условные обозначения: А) Литотип 1. Долomitизированный микритовый матрикс с терригенной примесью известняков нодулярного строения, П николи, гл. 3552,7 м; Б) То же, + николи; В) Литотип 2. Известняк с кораллами, рудстоун, П николи, скв. 3, гл. 3568,4 м; Г) То же, + николи; Д) Литотип 3. Известняк с брахиоподами, пространство между раковинами брахиопод выполнено кристаллическим доломитом, П николи, скв. 1, гл. 3492,6 м; Е) То же, + николи; Ж) Литотип 4. Алевролит кварцевый, с микритовым матриксом и карбонатными органическими обломками, П николи, скв. 3, гл. 3564,7 м; З) То же, + николи; И) Литотип 5. Песчаник с карбонатным матриксом, П николи, гл. скв. 3, 3564,4 м; К) То же, + николи.

Fig. 5. Micrographs of the rocks of the Kolgan Formation

Legend: A) Lithotype 1. Dolomitized micritic matrix with terrigenous admixture in nodular limestone, depth 3552.7 m; B) Same, Plane Polarized Light; C) Lithotype 2. Coral-bearing limestone (rudstone), Well 3, depth 3568.4 m; D) Same, plane polarized light; E) Lithotype 3. Brachiopod-rich limestone with intercrystalline dolomite cement, L, Well 1, depth 3492.6 m; F) Same, plane polarized light; G) Lithotype 4. Quartz siltstone with micritic matrix and carbonate bioclasts, Well 3, depth 3564.7 m; H) Same, plane polarized light; I) Lithotype 5. Sandstone with carbonate matrix, Well 3, depth 3564.4 m; J) Same, plane polarized light.

Рис. 4. Условные обозначения: А) Литотип 1. Известняк нодулярного строения, скв. 1, обр. № К-18, гл. 3471 м; Б) Литотип 2. Известняк кораллово-строматопоровый, скв. 1, обр. № К-11, гл. 3467 м; В) Литотип 3. Полосчатое переслаивание известняка светло-серого, брахиоподового и аргиллита темно-серого, почти черного, скв. 1, обр. № К-48, гл. 3491 м; Г) Литотип 4. Переслаивание алевролита кварцевого и известняка песчанистого, скв. 1, обр. № К-38, гл. 3485 м; Д) Литотип 5. Песчаник кварцевый средне-мелкозернистый, биотурбированный, скв. 1, обр. № К-32, гл. 3479 м; Е) Литотип 1. Известняк нодулярного строения, скв. 2, обр. № Л-5, гл. 3475 м; Ж) Литотип 2. Известняк кораллово-строматопоровый, скв. 2, обр. № Л-6, гл. 3476 м; З) Литотип 3. Переслаивание известняка светло-серого с примесью брахиопод и аргиллита темно-серого, почти черного, скв. 2, обр. № Л-10, гл. 3479 м; И) Литотип 4. Алевролит кварцевый, с карбонатными обломками и микритовым цементом, скв. 2, обр. № Л-2, гл. 3471 м; К) Литотип 5. Песчаник кварцевый, средне-мелкозернистый, с карбонатным цементом и обломками строматопор, скв. 2, обр. № Л-17, гл. 3485 м; Л) Литотип 1. Известняк нодулярного строения, скв. 3, обр. № П-1, гл. 3552 м; М) Литотип 2. Известняк кораллово-строматопоровый, скв. 3, обр. № П-16, гл. 3568 м; Н) Литотип 3. пределах Переслаивание известняка светло-серого с примесью брахиопод и аргиллита темно-серого, почти черного, скв. 3, обр. № П-8, гл. 3557 м; О) Литотип 4. морской Алевролит кварцевый, с карбонатными обломками и микритовым цементом, скв. 3, обр. № П-12, гл. 3565 м; П) Литотип 5. водные Песчаник кварцевый средне-мелкозернистый, биотурбированный, скв. 3, обр. № П-14, гл. 3566 м.

Fig. 4. Legend: A) Lithotype 1. Nodular limestone, Well 1, Sample K-18, Depth 3471 m; B) Lithotype 2. Coral-stromatoporoid limestone, Well 1, Sample K-11, Depth 3467 m; C) Lithotype 3. Banded alternation of light gray brachiopod-rich limestone and dark gray to black shale, Well 1, Sample K-48, Depth 3491 m; D) Lithotype 4. Interbedded quartz siltstone and sandy limestone, Well 1, Sample K-38, Depth 3485 m; E) Lithotype 5. Medium- to fine-grained bioturbated quartz sandstone, Well 1, Sample K-32, Depth 3479 m; F) Lithotype 1. Nodular limestone, Well 2, Sample L-5, Depth 3475 m; G) Lithotype 2. Coral-stromatoporoid limestone, Well 2, Sample L-6, Depth 3476 m; H) Lithotype 3. Intercalation of light gray brachiopod-bearing limestone and dark gray to black shale, Well 2, Sample L-10, Depth 3479 m; I) Lithotype 4. Quartz siltstone with carbonate clasts and micritic cement, Well 2, Sample L-2, Depth 3471 m; J) Lithotype 5. Medium- to fine-grained quartz sandstone with carbonate cement and stromatoporoid fragments, Well 2, Sample L-17, Depth 3485 m; K) Lithotype 1. Nodular limestone, Well 3, Sample P-1, Depth 3552 m; L) Lithotype 2. Coral-stromatoporoid limestone, Well 3, Sample P-16, Depth 3568 m; M) Lithotype 3. Alternating light gray brachiopod-rich limestone and dark gray to black shale, Well 3, Sample P-8, Depth 3557 m; N) Lithotype 4. Quartz siltstone with carbonate clasts and micritic cement, Well 3, Sample P-12, Depth 3565 m; O) Lithotype 5. Medium- to fine-grained bioturbated quartz sandstone, Well 3, Sample P-14, Depth 3566 m

вестняка глинисто-алевритистого состава (см. рис. 4Б, Ж, М). Литотип содержит обилие реликтов мелких брахиопод размером от 0,3 до 0,5 см. Микроскопически породы представлены баундстоуном, рудстоуном и вакстоуном с доломитизированным матриксом. Кристаллы доломита эвгдральной формы составляют до 20% от общей массы породы (рис. 5В, Г). Мощность литотипа составляет от 0,1 до 0,5 м *Литотип 3*. Полосчатая порода, сложена ритмичным переслаиванием известняка светло-серого и аргиллита темно-серого, почти черного, алевритистого (см. рис. 4В, З, Н). В породе отмечаются беспорядочно рассеянные раковины брахиопод. В скв. 1, в алевритистых аргиллитах верхней части слоя, отмечаются четкие ихноходы *Zoophycos*. Прослой, сложенный светло-серым известняком с раковинами брахиопод, микроскопически представлены рудстоуном и вакстоуном, где пространства между раковинами брахиопод выполнены кристаллическим доломитом, составляющим более 50% породы (см. рис. 5 Д, Е). В скв. 1 отмечаются прослой известняка, где раковины брахиопод имеют послойное залегание, первичный матрикс между раковинами полностью замещен доломитом. Пустотно-поровое пространство между кристаллами и редкими выщелоченными полостями заполнено битуминозным материалом.

Прослой, сложенные темно-серым, почти черным, алевритистым аргиллитом, содержат терригенную примесь окатанных зерен кварца (до 20% от породы), редкие реликты раковин брахиопод, рассеянные кристаллы доломита эвгдральной формы (до 5%). Максимальная мощность отложений литотипа 3 достигает 1 м.

Литотип 4. Алевролит кварцевый с карбонатными обломками и микритовым цементом. В скв. 1 наблюдается переслаивание известняка песчанистого, мелкозернистого и алевролита известковистого (см. рис. 4Г, И, О). Известняк песчанистый содержит окатанные зерна кварца в глинисто-карбонатном матриксе (см. рис. 4Ж, З). Мощность отложений, представленных литотипом 4, составляет до 1 м.

Литотип 5. Песчаник кварцевый, средне- и мелкозернистый, пятнистой текстуры, среднесортированный с известковым цементом (см. рис. 4Д, К, П). В породе присутствует небольшое количество биогенных реликтов (до 10%), также наблюдаются субгоризонтально и субвертикально ориентированные ходы илоедов, недостаточной для определения степени сохранности (см.

рис. 5И, К). Мощность отложений, представленных литотипом 5, составляет от 1 до 3 м.

Результаты и обсуждение

Литолого-петрографические исследования позволили подразделить колганскую свиту юго-западной части ВОСП на литологические пачки. Отмечается постепенный переход от пород терригенного состава к карбонатно-терригенным породам.

В изученном интервале разреза выделяются три основных литологических пачки, которые, при наличии признаков гидродинамического воздействия в процессе осадконакопления (перерывов, размывов и переотложения материала), сохраняют устойчивую вертикальную последовательность.

Пачка 1. (песчаная) Песчаник средне-мелкозернистый с карбонатным цементом, биотурбированный (литотип 5, см. рис. 4Д, К, П). Песчаник содержит обломки раковин брахиопод и фрагменты кораллов, строматопор. Отмечается прослой хорошо сортированного кварцевого песчаника и прослой алевритистого песчаника с карбонатной матрицей. Контакт с вышележащим алевролитом резкий, эрозионный.

Пачка 2. (карбонатно-терригенная, алевритовая переходная) Переслаивание известняка песчанистого и песчаника с известковым цементом, слоистой текстуры и алевролита кварцевого мелкозернистого (литотипы 3, 4, см. рис. 4В, Г, З, И, Н, О). Отмечаются следы илоедов плохой сохранности.

Пачка 3. (карбонатная нижняя) Известняк нодулярного облика с терригенной примесью, биотурбированный, среди которых наблюдаются прослой биогермного известняка с реликтами кораллов и строматопор (литотипы 1, 2, см. рис. 4А, Б, Е, Ж, Л, М).

Последовательный переход пачек образуют цикл с трансгрессивной тенденцией. В скв. 1 выделяется 2 цикла, трансгрессивного характера с промежуточным коротким регрессивным. В скв. 2 снизу вверх по разрезу наблюдается затухание регрессивного цикла, с наступлением короткого трансгрессивного и резким переходом в регрессивный. В скв. 3 отмечается чередование коротких трансгрессивных и регрессивных циклов с итоговым установлением длительного трансгрессивного характера.

Преобладание отложений карбонатного и терригенно-карбонатного состава являются отличиями

тельной особенностью колганской свиты юго-западной части ВОСП.

Также в результате детального литолого-петрографического описания, были зафиксированы ихнологические признаки, позволяющие произвести ихнофациальный анализ и уточнить условия осадконакопления и темпеститовые признаки, объясняющие специфичный состав и облик отложений.

Ихнофациальные признаки

Ископаемые следы жизнедеятельности занимают промежуточное положение между группой палеонтологических остатков и группой осадоч-

ных текстур, таких как, например, трещины усыхания, рябь волнения и т. д. Отдельные ихнотаксоны выделяются на основании морфологии образуемых нор, и, соответственно, типа поведения организма в осадке [Марусин, 2016].

Процесс нарушения первоначальной осадочной текстуры субстрата роющими организмами называется биотурбацией. Оценка биотурбации может быть как количественной (интенсивность биотурбации), так и качественной (ярусность распределения следов в пластах). Количественная оценка выражается в индексе биотурбации (bioturbation index/ichnofabric index), отражающем процентное соотношение биогенных текстур к общему объему породы [Droser, 1986].

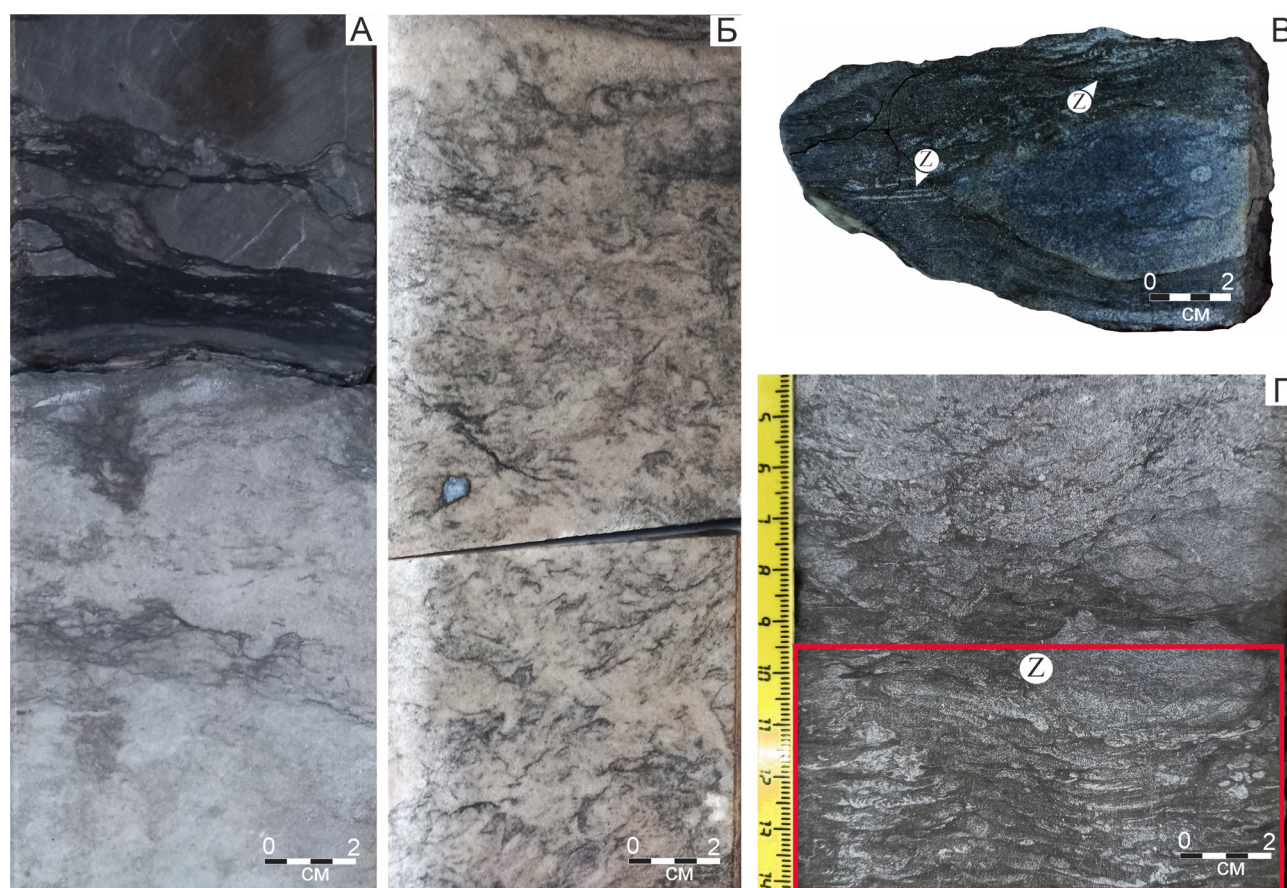


Рис. 6. Биотурбированные отложения колганской свиты

Условные обозначения: А) Контакт известкового песчаника (BI = 4) и вакстоуна, разделенный глинистым прослоем, скв. 3, гл. 3563.5 м; Б) Песчаник известковый (BI = 5–6), скв. 3, гл. 3465.8 м; В) Карбонатный нодуль (вакстоун) в глинисто-алевритистом матрице биотурбированным (BI = 2–3), содержащим единичные хорошо диагностируемые ихноходы *Zoophycos* (на фото обозначено буквой Z), скв. 1, гл. 3485.7 м; Г) Алевролит биотурбированный (BI = 5) с интенсивно развитыми ходами *Zoophycos* (на фото обозначено буквой Z), скв. 1, гл. 3485.2 м.

Fig. 6. Bioturbated sediments of the Kolgan Formation

A) Contact between calcareous sandstone (BI = 4) and wackestone, separated by a clay interlayer, Well 3, depth 3563.5 m; B) Calcareous sandstone (BI = 5–6), Well 3, depth 3465.8 m; C) Carbonate nodule (wackestone) in bioturbated (BI = 2–3) clayey-silt matrix, containing rare well-preserved *Zoophycos* traces (marked "Z" in photo), Well 1, depth 3485.7 m; D) Bioturbated siltstone (BI = 5) with intensive *Zoophycos* burrow networks (marked "Z" in photo), Well 1, depth 3485.2 m.

Ископаемые следы жизнедеятельности имеют строго ограниченную приуроченность к фаціальным интервалам в пределах осадочного бассейна, обусловленную как пригодностью обстановок для обитания организма, так и благоприятными условиями для захоронения остатков, а также отсутствием значительной эрозии отложений [Марусин, 2016].

Таким образом, изучение ихнофоссилий может способствовать уточнению таких седиментационных параметров отложений как: эпизоды аккумуляции, эрозии, перерывов в осадконакоплении, выделять этапы быстрой и медленной седиментации и фаціальную изменчивость горных пород [Староверов, Гребенникова, 2018].

Отложения колганской свиты юго-западной части ВОСП повсеместно подвержены биотурбации весьма высокой степени ($BI = 3-5$). В основном, биотурбированные интервалы имеют недостаточную для видовой диагностики степень сохранности. Отмечаются признаки развития ихнофацаций *Cruziana* и *Zoophycos*.

Фацция *Cruziana* представлена отложениями песчано-алевритового состава с многочисленными ихнофоссилиями, связанными с поверхностями «soft ground». (рис. 6).

В разрезе также выделяются интервалы, где интенсивно биотурбированные ($BI = 4-5$) разности известковистых песчаников залегают ниже по отношению к поверхности «хардграунда» (жесткого дна). «то есть, генетически не связанными с перерывом в осадконакоплении. Выше залегают массивный вакстоун. Два различных по составу интервала пород разделяются глинисто-углистым прослоем (см. рис. 6А). Для контрастного проявления подобных поверхностных текстур было необходимо сочетание двух основных условий. Во-первых, обязательным является прерывание процессов поступления обломочных компонентов, а также возникновение субаэральных условий. Во-вторых, для частичной литификации осадков необходима интенсивная циркуляция иловых растворов. В результате полуконсолидированный субстрат были весьма благоприятными условиями для жизнедеятельности роющих организмов (см. рис. 6Б) [Староверов, Гребенникова, 2018].

Фацция *Zoophycos* в рассматриваемых отложениях характеризуется преобладанием хорошо диагностируемых горизонтальных нор ихновида *Zoophycos* в алевритах глинисто-известковистого состава (см. рис. 6В, Г). Данная ихнофацция формировалась в условиях ограниченного поступле-

ния терригенного материала на фоне глинисто-карбонатного осадконакопления.

Постепенное возрастание интенсивности развития ходов в отложениях указывает на изменения в гидродинамической активности водной массы [Силантьев и др., 2022]. Так, в нижнем слое отмечается известняк алевро-глинистый брекчированного облика, где в глинистом матриксе между нодулями вакстоуна отмечаются единичные, хорошо сохранившиеся ходы *Zoophycos* ($BI = 2-3$) (см. рис. 6В, Г), что указывает на формирование отложений в пределах мелководного шельфа, ниже действия штормовых волн, но текстурный облик указывает на воздействие слабых штормовых явлений. В верхнем слое глинисто-известковистого массивного алевролита отмечается широкое развитие горизонтальных ходов, хорошей степени сохранности ($BI = 5$), что указывает на постепенное затухание гидродинамической активности.

Признаки темпеститов

К темпеститам относятся генетически связанные с штормовой активностью отложения, сочетающие карбонатные и терригенные компоненты, с неоднородным распределением обломочного материала [Flügel, 2010]. Штормовые события инициируют формирование высокоэнергетических течений, распространяющихся ниже волнового базиса, что приводит к переотложению и смещению осадочного материала литоральной и сублиторальной зон с образованием специфических темпеститовых прослоев, отличающихся характерными литологическими и текстурными особенностями. В заключительной фазе шторма, когда энергия волнового воздействия ослабевает, взвешенные в водной толще осадки начинают постепенно осаждаться. Эти осадки представляют собой смесь: мелководного литорального материала (песчаные частицы, обломки раковин), сублиторальных илов, пелагических компонентов (микроорганизмы, тонкодисперсный карбонатный материал). В результате формируются характерные линзовидные пласты мощностью 0,5–3 м, прослеживающиеся на расстояниях 50–200 м. Эти отложения обладают рядом диагностических признаков: комбинированной градиционной слоистостью (от грубозернистого основания к тонкозернистой кровле), включениями аллохтонного материала, четкими эрозионными поверхностями в кровле. Процесс осаднения происходит преимущественно в сублиторальной зоне, ниже шторм-

мового волнового базиса, где спокойные гидродинамические условия способствуют седиментации взвешенного материала. Перенос и переотложение наносов приводят к образованию штормовых слоев толщиной от первых миллиметров до первых метров, [Flügel, 2010].

В отложениях колганской свиты в пределах юго-западной части ВОСП проявлены темпестивные признаки:

- смешанный карбонатно-терригенный состав отложений;
- полосчатая ритмичность в чередовании пород разного состава (глинистого и карбонатного, песчано-алевритового и глинистого) (литотипы 3, 4);
- нечеткая градационность проявлена в чередовании алевролитов и песчаников литотипа 3;
- эрозионные контакты между слоями (литотипы 1, 3, 4, 5);
- слои и линзы, сложенные беспорядочным скоплением обломочного материала, часто крупной биокластики (раковины брахиопод в разном положении);

— литотип 3 — волнистая и горизонтальная слоистость (литотип 1, 3, 4);

— массовые скопления (сгружения) отсортированных целых раковин брахиопод хорошей степени сохранности- высокая степень сохранности створок указывает на кратковременный, но интенсивный перенос, характерный для штормовых течений (литотип 3 скв. 1);

— случайная ориентация биокластики (литотип 3 скв. 2 и 3);

— различная величина органических реликтов (литотипы 1–5);

— интенсивная биотурбация отдельных частей разреза, вплоть до образования текстур «поверхности твердого дна» (характерная для последней стадии штормовых процессов).

Литофациальная модель

Комплекс литологических и ихнофациальных особенностей рассматриваемых пород из керна трех скважин, указывает на условия их формирования в переходной зоне от приливно-отлив-

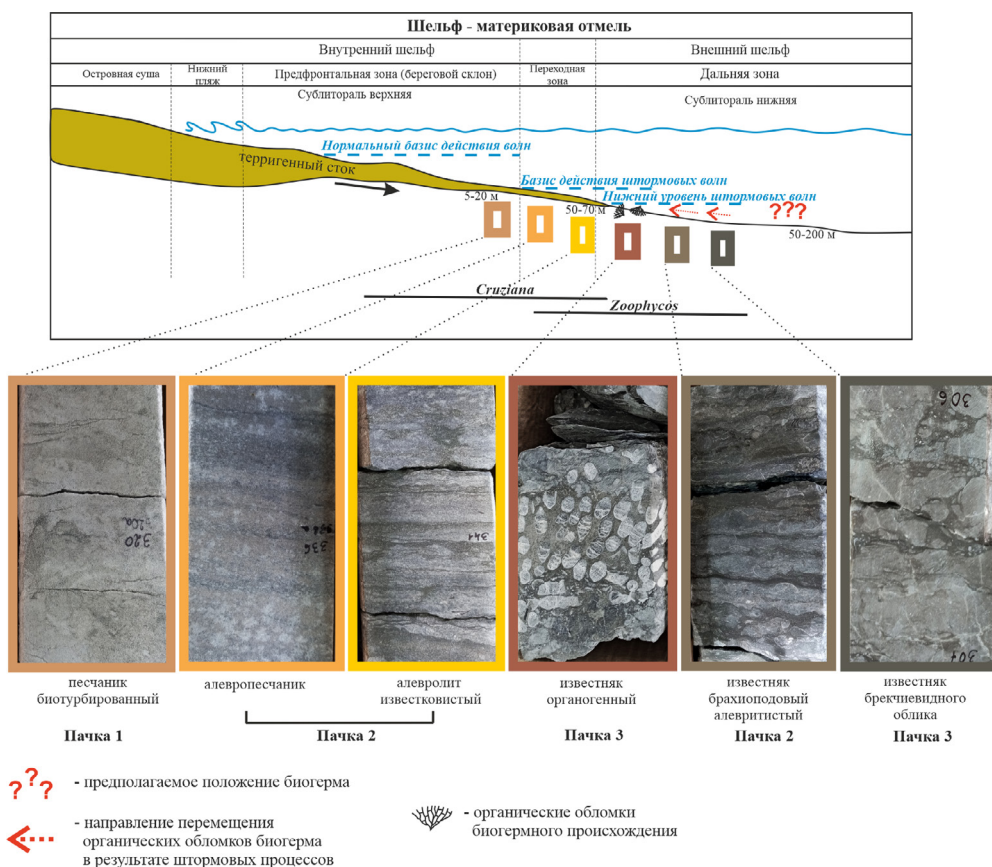


Рис. 7. Обстановка осадконакопления колганской свиты юго-западной части ВОСП

Fig. 7. Sedimentation situation of the Kolgan Formation in the southwestern part of the basin East Orenburg arch uplift

ной терригенной равнины к нижней литорали. Для отложений приливно-отливной равнины характерны мелкозернистые песчаники с волнистой или горизонтальной слоистостью. Интенсивность биотурбации увеличивается по мере удаления от суши. Внутренняя (переходная) шельфовая зона, расположенная между средним штормовым и нормальным волновым базисами, характеризуется резкой изменчивостью гидродинамического режима. Отложения представлены чередованием алевритистых и песчаных прослоев [Александров, 2015].

Характер чередования различных литотипов и литофаций снизу вверх по разрезу отражает цикличность осадконакопления. В основании цикла залегают известковистые песчаники и алевролиты (литотипы 5 и 4), они перекрываются карбонатными породами с терригенной примесью — однородными или тонко ритмично-слоистыми брахиоподовыми ракушняками штормовой природы (литотип 3), выше залегают темно-серые нодулярно-слоистые известняками (литотип 1) с биогермными прослоями коралловых известняков (литотип 2). Эта последовательность отражает трансгрессивный характер смены осадков. В начале цикла происходил принос течениями окатанного терригенного материала с суши островного типа в зону полого наклонного шельфа и формирование линейных песчаных тел, протягивающихся вдоль берега, последующее углубление бассейна осадконакопления вызывало затопление прибрежной зоны и формирование карбонатного шельфа (рис. 7).

Выводы

В пределах юго-западной части ВОСП бурением вскрыты отложения, стратиграфически приуроченные к воронежско-евлановскому горизонту франского яруса девонской системы и отнесенные к колганской свите.

В результате литолого-петрографических исследований керн из разрезов трех скважин в отложениях колганской свиты выделены 5 литотипов пород карбонатно-терригенного и терригенного состава, объединенные в три пачки.

Присутствие в разрезе колганской свиты в пределах юго-западной части ВОСП отложений карбонатно-терригенного состава (в частности, специфического, нодулярного облика), с обилием обломков морской фауны является нетипичной характеристикой для свиты. Литолого-петрографические

исследования дополнены ихнофациальной характеристикой, в породах выделены ихнофации *Cruziana* и *Zoophycos*.

В исследованных породах колганской свиты выявлен комплекс признаков штормового влияния (темпеститов), объясняющих специфичный структурно-текстурный облик пород и присутствие фаунистических обломков в терригенных отложениях.

Установлена цикличная смена терригенной седиментации карбонатно-терригенной и карбонатной, которая согласуется с представлениями о колганской свите как продукте размыва.

Предложена литофациальная модель формирования терригенно-карбонатных отложений колганской свиты юго-западной части ВОСП в условиях перехода от прибрежной терригенной приливно-отливной равнины к карбонатной нижней литорали.

Наличие в разрезе отложений биогермного типа, и в целом, преобладание карбонатной составляющей, позволяет предположить, что в юго-западной части ВОСП существовала зона биогермных построек, препятствующая свободному поступлению терригенного материала в прогибы Камско-Кинельской системы.

Список литературы

Александров В.М., Казанская Д. А., Белкина В. А. Особенности геологического строения темпеститов в отложениях викуловской свиты // Территория «Нефтегаз». 2015. №2. С. 36–43.

Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области. Оренбург: Оренбургское книжное издательство, 1997. 272 с.

Горожанина Е. Н., Побережский С. М., Горожанин В. М., Ефимов А. Г. Тектоническая модель седиментации верхнедевонской колганской толщи западной периклинали Оренбургского вала (по данным бурения) // Актуальные вопросы литологии: материалы литологического совещания. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2010. С. 82–84.

Жемчугова В. А., Мячин О. М. Среднедевонские резервуары нефти и газа на юге Бузулукской впадины: особенности строения, условия образования, нефтегазоносный потенциал // Вестник Московского университета. Сер. 4. Геология. 2015. №6. С. 36–43.

Оренбургский тектонический узел: геологическое строение и нефтегазоносность / Под ред. Ю. А. Воложа, В. С. Парасыны. М.: Научный мир, 2013. 259 с.

Космынин В. А., Кузьмин Д. А. Литофациальный анализ и оценка перспектив нефтегазоносности отложений колганской толщи юга Оренбургской области // Региональная геология и металлогения. 2013. №56. С. 31–39.

Макарова С. П., Макаров Г. В. Геологическое строение девонских отложений северной прибортовой зоны Прикаспийской впадины // Геологическое обоснование поисков скоплений нефти и газа в Прикаспийском нефтегазоносном районе. Саратов: НВНИИГГ, 1983. С. 99–104.

Марусин В. В. Ископаемые следы жизнедеятельности из пограничных отложений венда и кембрия Оленекского поднятия Сибирской платформы: дис.... канд. геол.-мин. наук. Новосибирск: [ИНГГ СО РАН], 2016. 275 с.

Никитин Ю. И., Рихтер О. В., Вилесов А. П., Махмудова Р. Х. Структура и условия формирования колганской толщи на юге Оренбургской области // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2014. Т. 9. №2. С. 1–13.

Силантьев В. В., Валидов М. Ф., Мифтахутдинова Д. Н. и др. Модель осадконакопления пашийского горизонта (терригенная толща девона) Южно-Татарского свода Волго-Уральской нефтегазоносной провинции // Георесурсы. 2022. Т. 24. №4. С. 12–39.

Староверов В. Н., Гребенникова А. В. Генетическое значение ихнофоссилий для литолого-фациальных исследований пород среднего девона и нижнего карбона на юго-востоке Волго-Уральской антеклизы // Недра Поволжья и Прикаспия. 2018. №95. С. 3–24.

Стратиграфическая схема верхнедевонских отложений Волго-Уральского субрегиона. Объяснительная записка. М.: ВНИГНИ, 2016. 43 с.

Тугарова М. А., Жуковская Е. А. Атлас типовых фаций / Под науч. ред. Б. В. Белоzerова. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2019. 142 с.

Якимович Г. Д. Колганский нефтегазоносный бассейн и роль тектоники в его формировании // Геология и разработка нефтяных и газовых месторождений Оренбургской области. Оренбург: Оренбургское книжное издательство, 1998. С. 72–76.

Droser M. L., Bottjer D. J. A semiquantitative field classification of ichnofabric // Journal of Sedimentary Research. 1986. Vol. 56. P. 558–559. <https://doi.org/10.1306/212F89C2-2B24-11D7-8648000102C1865D>

Dunham R. J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture // Classification of Carbonate Rocks: A Symposium/Ed. W. E. Ham. Tulsa: AAPG, 1962. P. 108–121. (AAPG Memoir; Vol. 1).

Flügel E. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. 2nd ed. Berlin; Heidelberg: Springer, 2010. 984 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03796-2>

Ovnatanova N. S., Kononova L. I. Frasnian conodonts from the eastern Russian Platform // Paleontological Journal. 2008. Vol. 42. No. 10. P. 997–1166.

References

Aleksandrov V. M., Kazanskaya D. A., Belkina V. A. Features of the geological structure of tempestites in the Vikulov Formation deposits // Territoriya “Neftegaz”. 2015. No. 2. P. 36–43. (In Russ.)

Geological Structure and Petroleum Potential of Orenburg Oblast. Orenburg: Orenburgskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1997. 272 p. (In Russ.)

Gorozhanina E. N., Poberezhskii S. M., Gorozhanin V. M., Efimov A. G. Tectonic sedimentation model of the Upper Devonian Kolgan Formation in the western pericline of the Orenburg Arch (based on drilling data) // Aktual'nye voprosy litologii: materialy litologicheskogo soveshchaniya. Yekaterinburg: IGG UrO RAN, 2010. P. 82–84. (In Russ.)

Zhemchugova V. A., Myachin O. M. Middle Devonian oil and gas reservoirs in the southern part of the Buzuluk Depression: structure features, formation conditions, petroleum potential // Vestnik Moskovskogo universiteta. Ser. 4. Geologiya. 2015. No. 6. P. 36–43. (In Russ.)

Orenburg Tectonic Junction: Geological Structure and Petroleum Potential/Ed. by Yu. A. Volozh, V. S. Parasyna. Moscow: Nauchnyi mir, 2013. 259 p. (In Russ.)

Kosmynin V. A., Kuz'min D. A. Lithofacies analysis and assessment of petroleum potential of the Kolgan Formation in the south of Orenburg Oblast // Regional'naya geologiya i metallogeniya. 2013. No. 56. P. 31–39. (In Russ.)

Makarova S. P., Makarov G. V. Geological structure of Devonian deposits in the northern marginal zone of the Caspian Depression // Geologicheskoe obosnovanie poiskov skoplenii nefiti i gaza v Prikaspii. Saratov: NVNIIGG, 1983. P. 99–104. (In Russ.)

Marusin V. V. Trace fossils from the Vendian-Cambrian boundary deposits of the Olenek Uplift, Siberian Platform: Cand. Sci. (Geol.-Min.) Dissertation. Novosibirsk: [INGG SO RAN], 2016. 275 p. (In Russ.)

Nikitin Yu. I., Rikhter O. V., Vilesov A. P., Makhmudova R. Kh. Structure and formation conditions of the Kolgan Formation in the south of Orenburg Oblast // Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika. 2014. 9 (2) P. 1–13. (In Russ.)

Silant'ev V. V., Validov M. F., Miftakhutdinova D. N. et al. Sedimentation model of the Pashian Horizon (Devonian clastic succession) of the South-Tatar Arch, Volga-Ural Petroleum Province // Georesursy. 2022. 24 (4) P. 12–39. (In Russ.)

Staroverov V. N., Grebennikova A. V. Genetic significance of ichnofossils for lithofacial studies of Middle Devonian and Lower Carboniferous rocks in the southeastern Volga-Ural Antecline // Nedra Povolzh'ya i Prikaspiya. 2018. No. 95. P. 3–24. (In Russ.)

Stratigraphic Scheme of Upper Devonian Deposits of the Volga-Ural Subregion. Explanatory note. Moscow: VNIIGNI, 2016. 43 p. (In Russ.)

Tugarova M. A., Zhukovskaya E. A. Atlas of Typical Facies/Sci. ed. B. V. Belozerov. Moscow; Izhevsk: Institut komp'yuternykh issledovaniy, 2019. 142 p. (In Russ.)

Yakhimovich G. D. Kolgan Petroleum Basin and the role of tectonics in its formation // Geologiya i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdenii Orenburgskoi oblasti. Orenburg: Orenburgskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1998. P. 72–76. (In Russ.)

Droser M. L., Bottjer D. J. A semiquantitative field classification of ichnofabric // Journal of Sedimentary Research. 1986. 56 (4) P. 558–559. <https://doi.org/10.1306/212F89C2-2B24-11D7-8648000102C1865D>

Dunham R. J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture // Classification of Carbonate Rocks: A Symposium / Ed. W. E. Ham. Tulsa: AAPG, 1962. P. 108–121. (AAPG Memoir; Vol. 1).

Flügel E. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. 2nd ed. Berlin; Heidelberg: Springer, 2010. 984 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03796-2>

Ovnatanova N. S., Kononova L. I. Frasnian conodonts from the eastern Russian Platform // Paleontological Journal. 2008. 42 (10) P. 997–1166.

Сведения об авторах:

Сагдеева Нурия Сабировна, младший научный сотрудник Института геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия, sag-nyrija@mail.ru

Фролов Артем Сергеевич, главный специалист, ООО «Газпромнефть-Оренбург». Оренбург, Россия, Frolov.ASerge@gazprom-neft.ru

About the authors:

Nuriya S. Sagdeeva, junior researcher, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russian Federation, sag-nyrija@mail.ru

Artem S. Frolov, Chief Specialist, Gazpromneft-Orenburg LLC, Orenburg, Russian Federation, Frolov.ASerge@gazprom-neft.ru

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

The authors contributed equally to this article.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 10.03.2025; одобрена после рецензирования 17.04.2025; принята к публикации 01.07.2025.

The article was submitted 10.03.2025; approved after reviewing 17.04.2025; accepted for publication 01.07.2025.