

УДК 563.14 (116.2) 571.1

DOI 10.47148/0016-7894-2025-1-129-139

Баженовская свита: возраст, зоны по радиоляриям, фильтрационно-емкостные свойства

© 2025 г. | В.С. Вишневецкая

Геологический институт РАН, Москва, Россия; valentina.vishnaa@mail.ru

Поступила 08.11.2024 г.

Доработана 03.12.2024 г.

Принята к печати 11.12.2024 г.

Ключевые слова: радиолярии; коллекторские свойства; титон; берриас; волжский и рязанский регионарсы.

Аннотация: Показана породообразующая роль радиолярий нефтематеринских отложений продуктивных горизонтов баженовской свиты Западной Сибири. Рассмотрены точки зрения на время формирования уникальной баженовской свиты. Кратко изложена современная зональная радиоляриевая схема для отложений баженовской свиты Западной Сибири, созданная на основе исследования объемных форм радиолярий с помощью химического препарирования, томографии и электронного сканирования. Новейшая схема включает четыре зоны и слою: (1) зону *Parvicingula antoshkinae* – *P. blowi*, нижний подъярус – низы среднего подъяруса волжского яруса; (2) зону *Parvicingula jonesi* – *P. excelsa*, средний подъярус волжского яруса; (3) зону *Parvicingula rotunda* – *P. alata*, верхний подъярус волжского яруса; (4) зону *Parvicingula khabakovi*–*Williriedellum salymicum*, самые верхи верхнего подъяруса волжского яруса – рязанский ярус (=бореальный берриас) и (5) слою с *Williriedellum*, берриас – валанжин. Рекомендуется использование данной схемы при расчленении баженовской свиты Западной Сибири, которая нигде не выходит на поверхность, а изучается только по керну, поскольку вероятность обнаружения радиолярий в керне, которые являются породообразующими, намного выше, чем у руководящей макрофауны. Приведены различные варианты пустотного пространства в радиоляритах, показано, что скелеты радиолярий часто являются естественными коллекторами нефти.

Для цитирования: Вишневецкая В.С. Баженовская свита: возраст, зоны по радиоляриям, фильтрационно-емкостные свойства // Геология нефти и газа. – 2025. – № 1. – С. 129–139. DOI: 10.47148/0016-7894-2025-1-129-139.

Благодарности: Автор выражает признательность А.С. Алексееву, Е.Ю. Барабошкину, Ю.А. Гатовскому, Г.А. Калмыкову (Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова) за помощь в подборе материала, за предоставленные пробы образцов и шлифы, Е.А. Жегалло (Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка Российской академии наук) за фотографирование на ТЕСКАНе, Э.О. Амону, М.С. Афанасьевой (Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН) за обсуждение основных положений статьи, рецензенту А.А. Федоровой (ВНИГНИ) за ряд полезных замечаний и уточнений, которые позволили улучшить статью.

Финансирование: Работа выполнена в рамках государственного задания № АААА-А21-121011590055-6 Геологического института РАН.

Bazhenov Formation: age, radiolarial zones, reservoir properties

© 2025 | V.S. Vishnevskaya

Geological Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; valentina.vishnaa@mail.ru

Received 08.11.2024

Revised 03.12.2024

Accepted for publication 11.12.2024

Key words: radiolarians; reservoir properties; Tithonian; Berriasian; Volgian and Ryazanian regional stages.

Abstract: The rock-forming role of radiolarians in oil source deposits of productive horizons of the Bazhenov Formation in Western Siberia is shown. Points of view on the formation time of the unique Bazhenov Formation are discussed. A modern zonal radiolarian scheme for the Bazhenov deposits in Western Siberia is briefly presented, which is created on the basis of a study of radiolarians spatial forms using chemical preparation, tomography, and electronic scanning. The recent scheme contains four zones and one layer as follows: (1) *Parvicingula antoshkinae*–*P. blowi* zone, lower substage–lower part of the Volgian Stage middle substage; (2) *Parvicingula jonesi*–*P. excelsa* zone, the Volgian Stage middle substage; (3) *Parvicingula rotunda*–*P. alata* zone, the Volgian Stage upper substage; (4) *Parvicingula khabakovi*–*Williriedellum salymicum* zone, the very top of the Volgian stage–Ryazanian stage upper substage (=Boreal Berriasian), and (5) layers with *Williriedellum*, Berriasian–Valanginian. It is recommended to use this scheme when differentiating the Bazhenov Formation in Western Siberia, which nowhere comes to the surface, is studied only in core, since the probability of detecting rock-forming radiolarians in core is much higher than that of the leading macrofauna. Different variants of void space in radiolarites are shown, and it is demonstrated that the radiolarian skeletons often play role of natural oil reservoirs.

For citation: Vishnevskaya V.S. Bazhenov Formation: age, radiolarial zones, reservoir properties. *Geologiya nefi i gaza*. 2025;(1):129–139. DOI: 10.47148/0016-7894-2025-1-129-139. In Russ.

Acknowledgments: Author expresses her appreciation to A.S. Alekseev, E.Yu. Baraboshkin, Yu.A. Gatovsky, G.A. Kalmykov (M.V. Lomonosov Moscow State University) for their assistance in selection of materials, for providing samples and thin sections; E.A. Zhegallo (A.A. Borissyak Paleontological Institute of Russian Academy of Sciences) for taking TESCAN pictures, E.O. Amon, M.S. Afanasieva (A.A. Borissyak Paleontological Institute of Russian Academy of Sciences) for discussing the main provisions of the paper; to the referee A.A. Fedorova (VNIIGNI) for a number of useful remarks and corrections that allowed improving the paper.

Funding: The work is conducted within the framework of the State Assignment No. АААА-А21-121011590055-6 to RAS Geological Institute.

Введение

В последние годы мезозойские высокобитуминозные глинисто-кремнисто-карбонатные толщи Западной Сибири привлекают все большее внимание специалистов. Особенно пристальное внимание уделяется баженовской свите, поскольку она рассматривается как один из стратегически важных объектов для восполнения ресурсной базы нефтяной отрасли России [1–4].

Интерес к радиоляриям баженовской свиты Западной Сибири вызван востребованностью уточнения ее детального стратиграфического расчленения и свойств радиоляритов. В последние 2–3 десятилетия в мировой нефтегазовой отрасли резко возросло стремление к освоению нетрадиционных источников УВ из сланцевых полей, получившее звучное название «сланцевой революции». Считается, что именно этот огромный ресурсный потенциал позволит насытить мировую экономику УВ-сырьем. Так называемая сланцевая нефть относится к категории трудноизвлекаемых запасов из высокоуглеродистых низкопроницаемых осадочных коллекторов.

Мировые ресурсы УВ-сырья из сланцевых полей (shale oil and gas) включают 10,2 млрд т запасов сланцевой нефти России и 8,1 млрд т запасов сланцевого газа России, на которую приходится примерно 20 % трудноизвлекаемых мировых запасов [5]. Наиболее перспективные высокоуглеродистые сланцевые толщи приурочены к хадумской и баталпашинской свитам Северо-Кавказской нефтегазоносной провинции, доманиковой свите Волго-Уральской и Тимано-Печорской нефтегазоносных провинций, баженовской свите Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, куонамской свите Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. Промышленный потенциал баженовской свиты составляет 0,7 млрд т технически извлекаемых запасов, доманиковой — 0,1, хадумской — 0,02 млрд т [6]. Из баженовской свиты ежегодно добывается 600–800 тыс. т нефти, добыча может вырасти до 10 млн т/год к 2025 г. и достичь годового максимума в 50 млн т (почти 10 % совокупной российской нефтедобычи) к 2030 г. [7].

Из перечисленных выше объектов наибольшее значение имеет баженовская свита, распространенная в Западной Сибири на территории более 1 млн км², а также на п-ове Ямал и в ее арктическом обрамлении. Для сравнения: площадь наиболее крупной североамериканской сланцевой формации Bakken почти в два раза меньше — 520 тыс. км² [6]. В баженовской свите сконцентрирована большая часть горючих сланцев России, содержащих как твердое ОВ (кероген), так и жидкую легкую нефть низкопроницаемых коллекторах. По некоторым оценкам содержание УВ в свите может достигать до 2 трлн баррелей, а по оценке Роснедр эта толща может содержать 180–360 млрд баррелей извлекаемых запасов [8].

В настоящее время, когда добыча нефти из традиционных залежей в Западно-Сибирском бассейне снижается, баженовская свита становится главным объектом потенциального прироста запасов и добычи нефти. Ее отложения рассматриваются как приоритетный стратегический объект нефтедобычи в Западной Сибири и главный источник ресурсов нетрадиционной нефти в России. Свита представлена темно-серыми до черных битуминозными карбонатно-глинисто-кремнистыми породами мощностью от 10 до 40 м. Породы на большей части распространения свиты имеют низкие фильтрационно-емкостные свойства и залегают в условиях аномально высокого пластового давления. Глубина залегания от 650 м в окраинных зонах до 3700 м в наиболее погруженных частях бассейна [9].

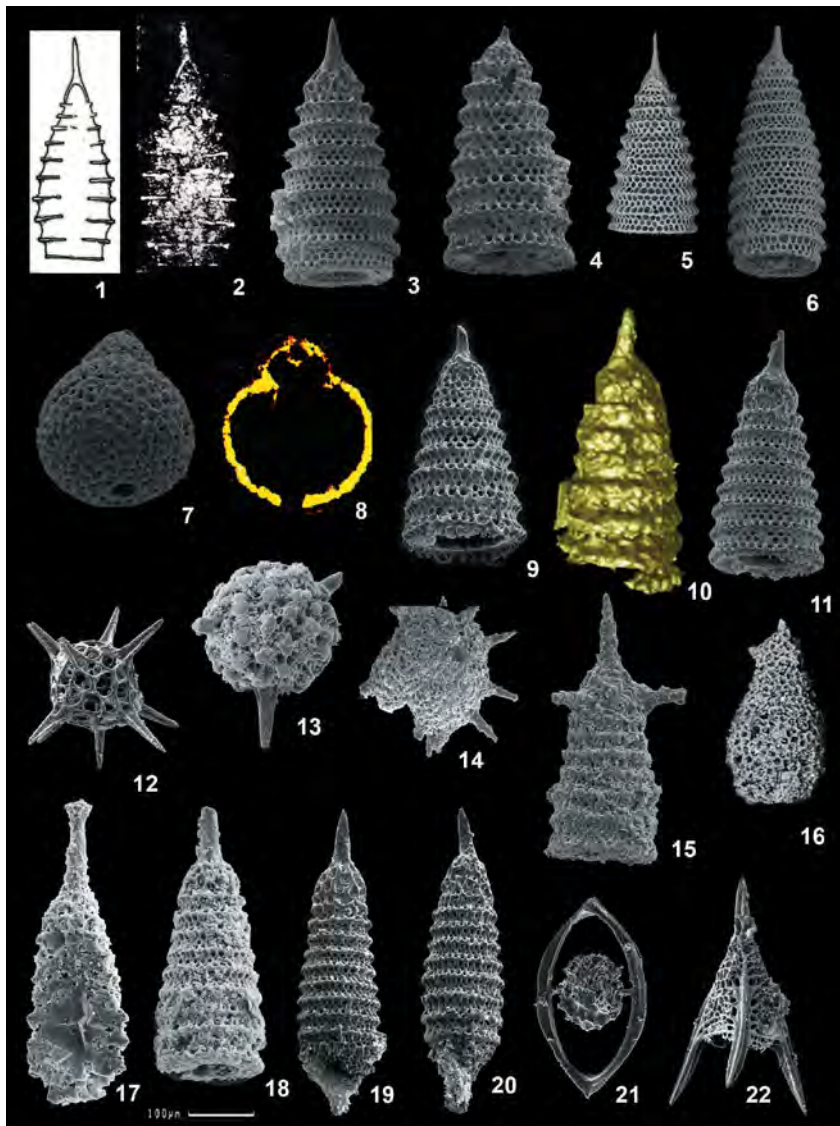
До настоящего времени возраст баженовской свиты рассматривается от позднего кимериджа до готерива [10], что связано как с неоднозначностью трактовки пределов волжского яруса, так и частым отсутствием находок руководящей макрофауны в керне. Важно иметь в виду, что баженовская свита Западной Сибири нигде не выходит на поверхность, изучается только по керну и в этой связи микрофоссилии, а именно радиолярии, которые являются породообразующими, имеют особое значение, поскольку вероятность их обнаружения в керне намного выше, чем у руководящей макрофауны.

Материал и методы

Радиоляриты и радиолярии из баженовской свиты изучены по 12 наиболее полным разрезам скважин, пробуренных в Широтном Приобье, Салымском, Фроловском, Губкинском, Радонежском и Ямальском [11], а также Назымском, Усть-Часельском районах Западной Сибири с отбором проб с шагом 1 м.

Для определения внутреннего строения раковин и характера пористости пород в петрографических шлифах (более 2000) с помощью оптического микроскопа изучались различные литологические и генетические типы радиоляритов, срезы скелетов радиолярий. Строение объемных форм в высокобитуминозных разностях пород баженовской свиты, из которых невозможно извлечение микрофоссилий с помощью химического препарирования кислотами, исследовалось методом томографии (рис. 1). Метод химического препарирования с помощью уксусной и фтористоводородной кислот был использован для выделения радиолярий из кремнисто-карбонатных пород и радиоляритов баженовской свиты [11, 14]. Объемные скелеты радиолярий исследовались при помощи сканирующего электронного микроскопа (СЭМ). Фотографирование радиолярий производилось СЭМ VEGA2 (TESCAN, Чехия) в Палеонтологическом институте им. А.А. Борисяка Российской академии наук (ПИН РАН) под руководством Е.А. Жегалло.

Рис. 1. Характерные и руководящие виды радиолярий волжского региояруса и берриаса
Fig. 1. Typical and index species of radiolarians in Volgian Regional Stage and Boreal Berriasian



1, 2 — *Eucyrtidium khabakovi* Zhamoida (1, 2 — голотип, ВСЕГЕИ, Корякское нагорье, валанжин [12]); **3–6** — *Parvicingula khabakovi* (Zhamoida) (3, 4 — Губкинская площадь, Западная Сибирь, берриас; 5, 6 — Нордвик, Арктическая Сибирь, верхневолжский подъярус [13]); **7, 8** — *Williriedellum salymicum* (Kozlova) (7, 8 — Западная Сибирь, Радонежская площадь, берриас); **9–11** — *Parvicingula rotunda* (Hull) (9–11 — Западная Сибирь, верхневолжский подъярус); **12** — *Actinomma frigida* Kiessling, **13** — *Acaeniotylopsis nordvikensis* Bragin; **14** — *Orbiculiforma* cf. *teres* Hull; **15** — *Parvicingula* aff. *projecta* Kiessling; **16** — *Nordvikella imporecta* Bragin (16 — Дельта р. Лена, берриас); **17** — *Parvicingula santabarbarensis* Pessagno (13–15, 17, 18 — Западная Сибирь, Губкинская площадь, средневолжский подъярус); **18, 19** — *P. jonesi* Pessagno s.l.; **20** — *P. blowi* Pessagno; **21** — *Spongosaturinus volgensis* Vishnevskaya; **22** — *Napora* aff. *cruda* Yang (12, 19–22 — Западная Сибирь, Ямальская площадь, нижневолжский подъярус).

Масштабная линейка 100 мкм

1, 2 — *Eucyrtidium khabakovi* Zhamoida (1, 2 — holotype, VSEGEI, Koryaksky highland, Valanginian [12]); **3–6** — *Parvicingula khabakovi* (Zhamoida) (3, 4 — Gubkinsky area, Western Siberia, Berriasian; 5, 6 — Nordvik, Arctic Siberia, Upper Volgian substage [13]); **7, 8** — *Williriedellum salymicum* (Kozlova) (7, 8 — Western Siberia, Radonezhsky area, Berriasian); **9–11** — *Parvicingula rotunda* (Hull) (9–11 — Western Siberia, Upper Volgian substage); **12** — *Actinomma frigida* Kiessling, **13** — *Acaeniotylopsis nordvikensis* Bragin; **14** — *Orbiculiforma* cf. *teres* Hull; **15** — *Parvicingula* aff. *projecta* Kiessling; **16** — *Nordvikella*

imporecta Bragin (16 — Lena River delta, Berriasian); **17** — *Parvicingula santabarbarensis* Pessagno (13–15, 17, 18 — Western Siberia, Gubkinsky area, Middle Volgian substage); **18, 19** — *P. jonesi* Pessagno s.l.; **20** — *P. blowi* Pessagno; **21** — *Spongosaturinus volgensis* Vishnevskaya; **22** — *Napora* aff. *cruda* Yang (12, 19–22 — Western Siberia, Yamalsky area, Lower Volgian substage)

Scale bar 100 µm

Возраст баженовской свиты Западной Сибири

В связи с неоднозначностью трактовки возрастных пределов баженовской свиты и высокой востребованностью ее ресурсного потенциала по причине стремления к освоению нетрадиционных источников УВ из сланцевых полей, в последние годы вырос интерес к радиоляриям и радиоляритам баженовской свиты Западной Сибири [14], которые могут рассматриваться как основной продуцент «морских» нефтей в позднеюрско-меловых резервуарах.

В настоящее время стратиграфический интервал баженовской свиты рассматривается как: волжский ярус – ранний берриас [15], волжский ярус –

берриас [16], интервал от титона до готерива [9], позднеюрский [5, 17], интервал от позднего кимериджа до готерива [10], волжский [18], ранневолжский подъярус – ранний валанжин [4, 11]. Скорее всего, такой разброс связан с разным пониманием нижней и верхней границ волжского региояруса в разные годы исследований. Ранневолжский подъярус легко включается в состав кимериджа *sensu anglico*, как писал еще Д.Н. Соколов [19]. В 2000-х гг. также допускалось возможное соответствие части ранневолжского подъяруса верхам стандартного кимериджа [20], а поздненеволжский подъярус одни исследователи считают юрским, другие – меловым [17, 21].

В последнем десятилетии предлагается отказаться от использования берриасского яруса или бореального берриаса в Бореальной области в пользу рязанского региояруса, но, как известно, нижняя граница этих ярусов не совпадает. Детальное рассмотрение этого вопроса по соотношению границ приводится в [21]. Кроме того, было показано, что по макрофауне возраст основных шести пачек баженовской свиты устанавливается не всегда, а по площади отмечается скольжение их возрастных датировок или даже несовпадение [22]. Редкость определимых макрофоссилий в керне из отложений баженовской свиты или даже полное их отсутствие в высокоуглеродистых кремнистых интервалах, возможно, явилось основанием для предположения о наличии многочисленных высокоамплитудных перерывов (до девяти аммонитовых зон) в осадконакоплении. В связи с вышечисленным возникла необходимость более углубленного изучения радиолярий из керна с использования новых, более современных методик и приемов исследований [11, 14, 23, 24].

Такая цель обусловлена еще тем, что комплексы радиолярий в ранге слоев с фауной, принятые в стратиграфической практике верхней юры Западной Сибири [15], а позже с изменениями, предложенными Э.О. Амоном [25], были описаны в петрографических шлифах по случайным сечениям форм, в связи с чем их индекс-виды признаны не валидными [26].

Радиоляриевая биозональность баженовского горизонта Западной Сибири и ее арктического обрамления

В баженовской свите радиолярии встречаются постоянно и, как правило, являются порообразующими (рис. 2). Практически все кремнистые породы баженовской свиты имеют биогенный характер, с чем согласно большинство исследователей. Порообразующая роль радиолярий хорошо видна как в петрографических шлифах, так и при помощи СЭМ. Состояние скелетов радиолярий различно — от прекрасно сохранившихся до сильно деформированных, переходящих затем в микролинзовидные кремнистые выделения без признаков биогенного строения.

Применение метода томографии и препарирования объемных форм радиолярий из кремнисто-карбонатных пород баженовской свиты позволило более полно и точно охарактеризовать индекс-виды и характерные виды зональных комплексов радиолярий (см. рис. 1) и выделить пять стратиграфических подразделений в ранге зон и слоев с радиоляриями [11]. В последние годы новый вариант схемы используется как для биостратиграфического расчленения, так и для корреляции разрезов баженовского горизонта Западной Сибири по радиоляриям [4, 27-31].

Юрская система, волжский ярус, нижний подъярус – низы среднего подъяруса

Зона *Parvicingula antoshkinae* – *P. blowi*

Эта зона со стратотипом установлена в разрезе Губкинской площади в кремнисто-карбонатном интервале (2945,82–2933,43 м).

Нижняя граница зоны совпадает с массовым появлением зонального вида *Parvicingula blowi* Pessagno в подошве битуминозных отложений, верхняя граница определяется по исчезновению *Parvicingula antoshkinae* Vishnevskaya.

Маркирующие виды *Parvicingula deathorsensis* Pessagno, Blome et Hull, *P. gorda* Hull (титон Калифорнии, Антарктиды), а также *Zhamoidellum ovum* Dumitrica — космополит, распространенный в среднем оксфорде – раннем титоне, *Saitoum macilentum* Dumitrica et Zügel (ранний титон), новые виды рода *Acanthocircularis* Vishnevskaya, 2021 и *Spongosaturinus volgensis* Vishnevskaya, Napora aff. *cruda* Yang, а также колониальные *Siphonosphaera yamalica* Vishnevskaya et Amon, 2021.

В интервале глубин 2936–2937 м в стратотипе установлены ранневолжские аммониты зон *Lideri*, *Povaiskii* и средневолжские зоны *Latriensis* [4].

Юрская система, волжский ярус, верхи среднего подъяруса

Зона *Parvicingula jonesi* – *P. excelsa*

Данная зона выявлена со стратотипом в разрезе Губкинской площади в толще глинисто-кремнистых радиоляритов (2933,25–2918,35 м) нижней части баженовской свиты. Нижняя граница совпадает с массовым появлением зонального вида *Parvicingula jonesi sensu stricto*, верхняя граница определяется по исчезновению *P. excelsa*. Маркирующие виды *P. santabarbarensis* Pessagno (кимеридж – титон Калифорнии), *P. vacaensis* (Pujana) (титон Аргентины), *P. aff. projecta* Kiessling (титон Антарктиды), *Actinomma frigida* Kiessling, *Acaeniotylopsis nordvikensis* Bragin, *Orbiculiforma cf. teres* Hull и др.

Возраст зоны подтвержден находками *Epirigatites cf. laevigatus* Rogov на глубине 2931,2 м в стратотипе, а также единичных аммонитов зон *Groenlandicus*, *Vogulicus* и *Exoticus*, в верхах зоны других разрезов [4].

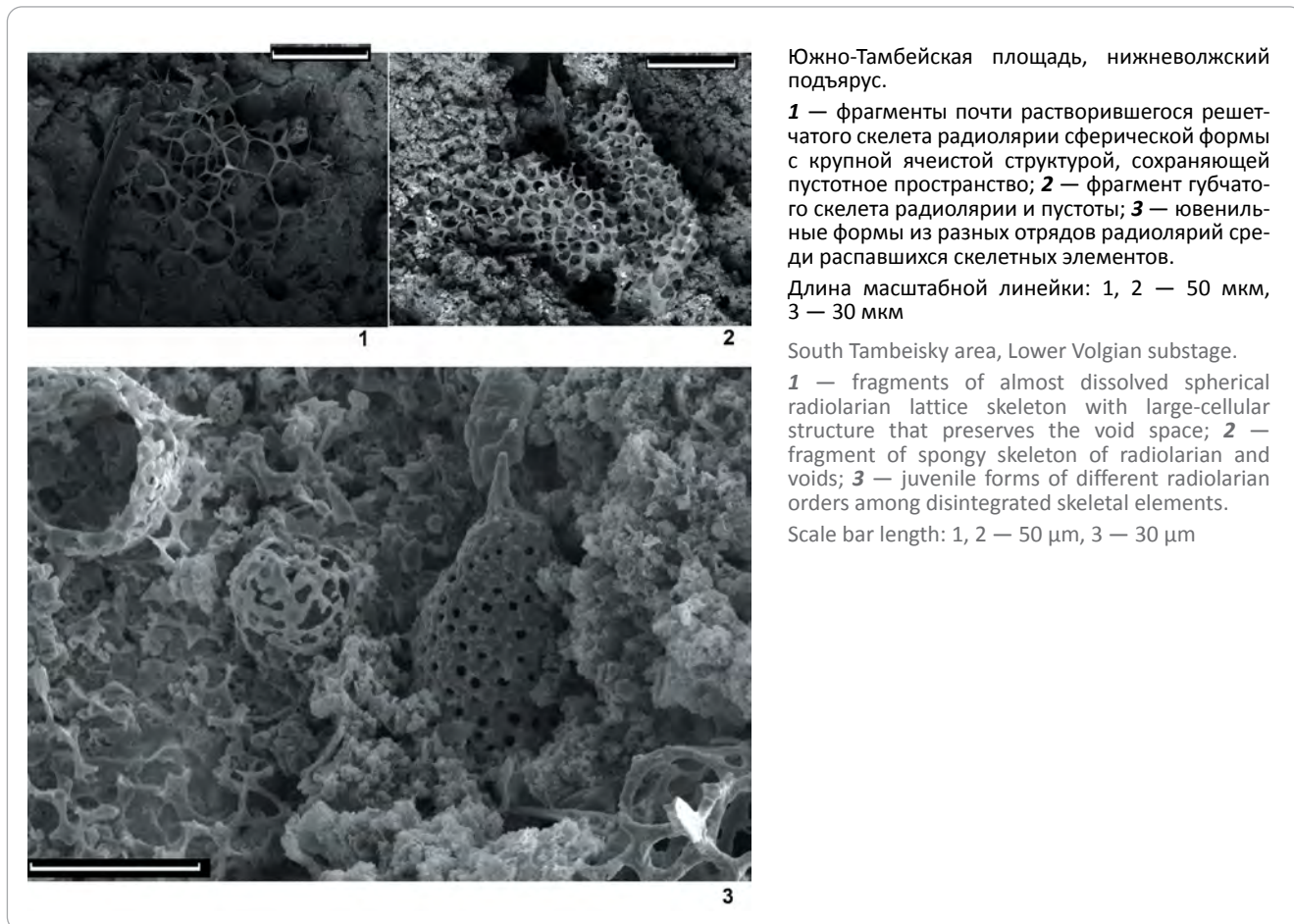
Юрская система, волжский ярус, верхний подъярус

Зона *Parvicingula rotunda* – *P. alata*

Эта зона выявлена со стратотипом в разрезе Губкинской площади в интервале карбонатизированных кремнистых радиоляритов (2918,01–2911,76 м) в средней части баженовской свиты вместо ранее выделяемого биостратона *Parvicingula haeckeli* [11]. Характерные виды *P. bluefordae* Hull, *P. colemani* Pessagno et Blome, *P. rothwelli* Pessagno *P. whalena* Hull (верхи позднего титона).

В верхах зоны в стратотипе на глубине 2911,76 м встречены створки *Buchia cf. fisheriana* (d'Orb.), ам-

Рис. 2. Породообразующее значение радиолярий в баженовской свите
Fig. 2. Rock-forming role of radiolarians in the Bazhenov Formation



Южно-Тамбейская площадь, нижневолжский подъярус.

1 — фрагменты почти растворившегося решетчатого скелета радиолярии сферической формы с крупной ячейистой структурой, сохраняющей пустотное пространство; **2** — фрагмент губчатого скелета радиолярии и пустоты; **3** — ювенильные формы из разных отрядов радиолярий среди распавшихся скелетных элементов.

Длина масштабной линейки: **1, 2** — 50 мкм, **3** — 30 мкм

South Tambeisky area, Lower Volgian substage.

1 — fragments of almost dissolved spherical radiolarian lattice skeleton with large-cellular structure that preserves the void space; **2** — fragment of spongy skeleton of radiolarian and voids; **3** — juvenile forms of different radiolarian orders among disintegrated skeletal elements.

Scale bar length: **1, 2** — 50 μm, **3** — 30 μm

мониты зоны *Chetae* в разрезах Широного Приобья [29]. Зона *Parvicingula rotunda* – *P. alata* часто отделяется от биостратона *P. jonesi* – *P. excelsa* маломощным прослоем с переотложением карбонатного материала, детрита бухий, битой ракушки призматических слоев иноцерамов. В низах зоны в интервале 2916–2918 м выделяется несколько туфогенных микрослоев.

Меловая система, нижний отдел, берриасский (=рязанский) ярус

Зона *Parvicingula khabakovi* – *Willriedellum salymicum*

Зона установлена со стратотипом в разрезе Губкинской площади в толще кремнисто-карбонатных пород (2911,51–2897,71 м) верхней части баженовской свиты.

Маркирующие виды *Quasicrolanium planocephala* (Kozlova), *Arctocapsula incompta* Bragin, *A. perforata* Bragin, *A. arctica* Vishnevskaya.

В верхах зоны в интервале 2900–2903 м присутствуют два прослоя туфов.

В стратотипе на глубине 2906,55 и 2909,98 м встречены аммониты зоны *Sibiricus*, а в разрезах центральной части Западной Сибири (Широтное

Приобье) найдены аммониты зон *Analogus*, *Kochi* (скв. Верхнесалымская-17Р) и *Mesezhnikowi* [4, 21], подтверждающие берриасский ярус для зоны и, возможно, ее низы, включающие самые верхи верхнего подъяруса волжского региояруса – рязанский региоярус [11].

**Меловая система, нижний отдел, верхи берриасского (=рязанского) - низы валанжинского яруса
 Слои с *Willriedellum***

Данные слои установлены со стратотипом в разрезе Губкинской площади в толще глинисто-карбонатных пород (2897,17–2886,6 м) самых верхов баженовской свиты.

Характерные виды *Nordvikella improcera* Bragin, *Parvicingula saltata* Hull.

В середине слоев в стратотипе (2892,8 м) встречаются аммониты зоны *Kochi*, *Praeanalogus*, а выше — *Tolli*, *Klimovskiensis* [4].

Именно благодаря многочисленным находкам радиолярий по всей толще баженовской свиты (в отличие от макрофауны) стало возможным расчленение ее разрезов на действительные биостратиграфические зоны и определение возраста продуктивных высокоуглеродистых горизонтов по

радиоляриям даже в тех интервалах разреза, где другие фоссилии не встречаются или отсутствуют. Время формирования уникальной баженовской свиты, которая считается основной нефтегазогенерационной толщей Западно-Сибирского бассейна, ранневожское – ранневаланжинское, а не позднерусское, как иногда предлагается [6, 17].

Таким образом, показано, что радиолярии являются одним из значимых инструментов для стратиграфического расчленения и корреляции разрезов высококремнистых черносланцевых пород баженовской свиты Западной Сибири, благодаря использованию видов-индексов, руководящих и характерных видов (см. рис. 1).

Фильтрационно-емкостные свойства радиоляритов

В разрезах баженовской свиты главными породообразователями являются радиолярии (см. рис. 2), чей вклад в генезис свиты и обогащение ее кремнеземом и УВ-матриком был весьма значителен. Следует отметить, что радиолярии относятся не только к породообразующим элементам, но могут быть и одним из поставщиков органики в нефтематеринские породы [32], доставляя около 120 т липидов на 1 км² в 1 год на дно бассейна за счет того, что скелет каждой живой особи находится внутри цитоплазмы, превосходящей объем скелета от 10 до 1000 раз и содержащей до 1,5–138,8 мкг липидов [25]. Следовательно, биомасса радиолярий – один из потенциально возможных источников ОВ нефти.

Кроме того, было показано, что основной объем пород класса потенциальных коллекторов нефти баженовской свиты [2] относится к биогенным отложениям (рис. 3, фиг. 1–6) и представлен вторично преобразованными, а иногда даже переотложенными радиоляритами. Скелеты радиолярий при диагенезе подвергаются окремнению или даже карбонатизации/доломитизации, а при катагенезе – растворению, в результате чего образуются относительно крупные поры или даже полости, которые в дальнейшем определяют коллекторы более высокого качества (см. рис. 3, фиг. 7–15).

Анализ фильтрационно-емкостных свойств групп литотипов силицитов и карбонатизированных радиоляритов показал, что наилучшими фильтрационно-емкостными свойствами в разрезе баженовской свиты обладают радиоляриты и доломиты по радиоляритам ($K_{\text{н}}$ до 15–25 %); за ними следуют силициты радиоляриевые (менее 50 % скелетов радиолярий визуализируется в породе) и только потом известняки по радиоляритам, которые характеризуются низкими фильтрационно-емкостными свойствами (1–4, редко до 8 %). Сделан вывод, что замещение радиоляритов кальцитом снижает их коллекторский потенциал, а сохранение кремнистого состава и структуры породы, близкой к исходной радиоляриевой, а также доломитизация – факторы, благоприятные для формирования хороших фильтрационно-емкостных свойств коллекторов [2].

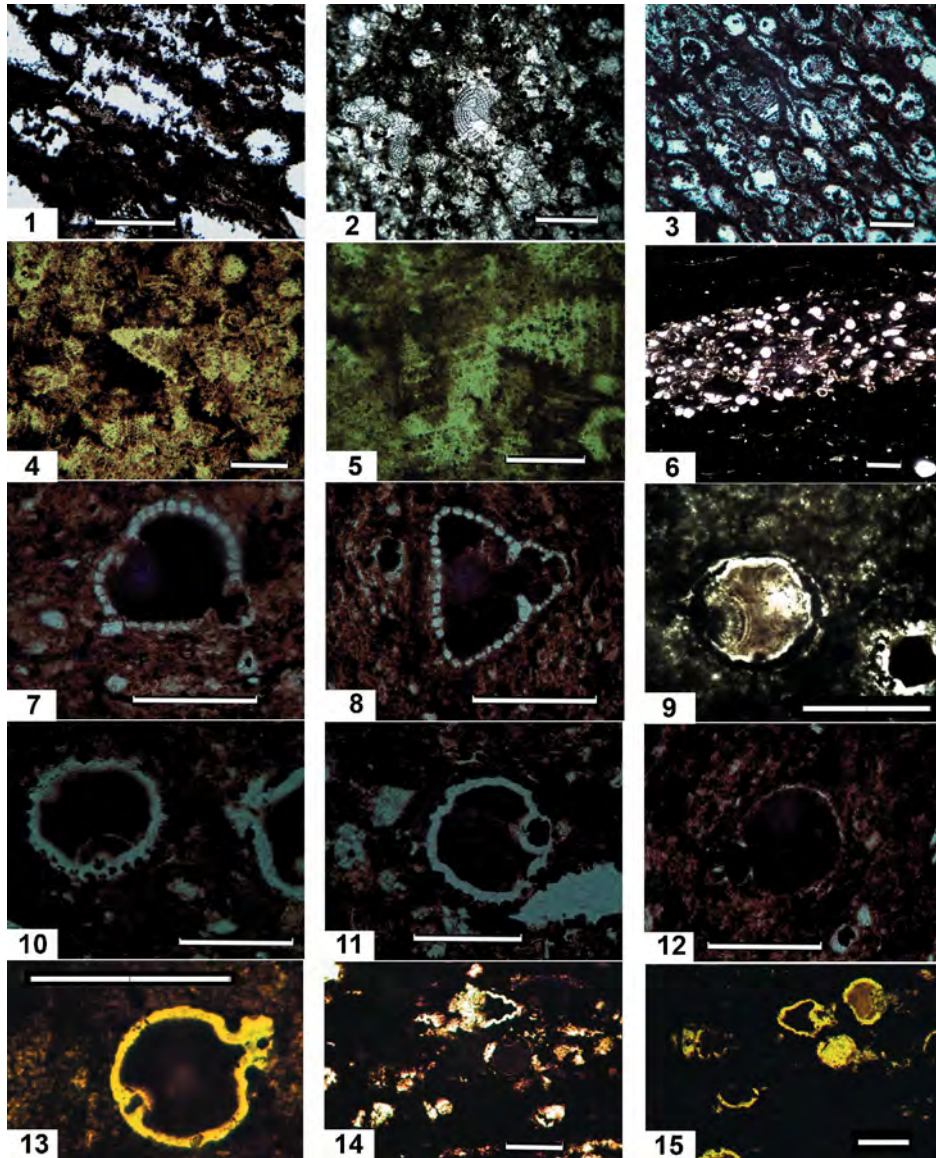
В разрезе баженовской свиты встречается до пяти интервалов с повышенной концентрацией прослоев радиоляритов, которые могут формировать протяженные тела мощностью в первые метры [2]. Они хорошо коррелируются с пятью зональными подразделениями по радиоляриям, приведенным выше.

Наибольший интерес в баженовской свите представляет интервал средневожской зоны *Parvicingula jonesi* – *P. excelsa*, к которому приурочены наибольшие нефтепроявления [1]. В радиоляриевом комплексе отмечается большое разнообразие высококонических циртоидей (см. рис. 1, 3), тяготеющих к значительным глубинам, что хорошо согласуется с практически полным отсутствием бентосной фауны. Часто в шлифах отмечается свал (нагромождение) скелетных остатков только циртоидных радиолярий и их игл (см. рис. 3, фиг. 4–5) или ориентированных в одном направлении (рис. 3, фиг. 1), или даже отсортированных по размеру (см. рис. 3, фиг. 3), что указывает на контрастность рельефа или перепад глубин, снос течениями и перезахоронение в смежной впадине. Основное отличие радиолярий баженовской свиты – огромное количество среди них иглистых населлярий. На примере современных бассейнов показано, что вблизи апвеллинга часто встречаются виды населлярий с сетью длинных отростков на цефалисе, не наблюдавшиеся в пелагических районах. Действительно, современные спумеллярии предпочитают приповерхностный слой воды, в то время как населлярии заселяют глубинные воды, обогащенные питательными веществами, что имеет место в зонах восходящих потоков воды типа апвеллинга [33, 34].

Радиоляриты баженовской свиты часто имеют турбидитный характер, представляя собой механогенные турбидиты, образовавшиеся за счет перемива и сортировки в присутствии кислорода, который приводил к окислению ОВ с выделением большого объема CO₂ и подкислению среды в осадке. В этих условиях кристаллизация кальцита становилась невозможной, благодаря чему внутреннее пространство скелетов радиолярий оставалось проницаемым. Именно таким предполагается механизм формирования пластов радиоляритов, обладавших на всех этапах литогенеза наилучшими фильтрационно-емкостными свойствами в разрезе баженовской свиты [2].

Другой продуктивный горизонт баженовской свиты, сложенный керогено-глинисто-кремнистыми породами [1], приурочен к интервалу разреза зоны *Parvicingula khabakovi* – *Williriedellum salyemicum*. Здесь породы содержат многочисленные сферические *Nassellaria* рода *Williriedellum* (см. рис. 1, фиг. 1, 3, 6, 7), которые обладает крупным абдоменом и устьем, обеспечивающим объединение открытых поровых пространств, за счет чего создаются высокие фильтрационно-емкостные свойства. Так, на Радонежской площади, в пределах зоны *Parvicingula khabakovi* – *Williriedellum salyemicum* отме-

Рис. 3. Фильтрационно-емкостные свойства радиоларитов
Fig. 3. Radiolarite reservoir properties



1 — турбидитный радиоларит, скелеты ориентированы по течению, шл. П-83-1; 2 — карбонатизированный радиоларит, шл. СЕ-98-24; 3 — радиоларит с турбидитно отсортированными радиолариями одного размера, шл. П-82-10; 4, 5 — хаотичный свал радиоларий рода *Parvicingula*, скелеты имеют произвольную ориентировку, шл. П-82-2 и П-82-6; 6 — микрослой механогенных радиоларитов в кремнистом аргиллите, шл. НЯ-2-29-4; 7, 8 — радиоларии отряда *Nassellaria* с хорошо сохранившейся равномерно-пористой стенкой скелета и внутренней полостью, заполненной керогеном, шл. П-103-2 и П-103-3; 9 — радиоларии с частично или полностью растворившейся стенкой скелета, шл. НЯ-2-29-60; 10, 11 — радиоларии отряда *Nassellaria* с практически полностью разложившейся стенкой скелета с образованием единого непроницаемого слоя и внутренней полостью, заполненной керогеном, шл. П-125-2 и П-125-3; 12 — радиолария с частично растворившейся стенкой скелета и внутренней полостью, заполненной керогеном, шл. П-125-1; 13 — радиолария с практически полностью замещенной или пропитанной нефтью решетчатой стенкой скелета и внутренней полостью, заполненной керогеном, шл. П-75-5; 14, 15 — сфероидные и циртоидные (башенки) формы радиоларий, стенка скелета которых частично или полностью пропитана или

замещена нефтью, а внутренние полости заполнены керогеном, шл. П-130-5; 1-5, 13 — зона *Jonesi-Excelsa*, 2, 6, 9-12, 14, 15 — зона *Khabakovi-Salymicum*, 7, 8 — зона *Rotunda-Alata*.

Масштабная линейка 100 мкм

1 — turbidite radiolarite, skeletons are flow oriented, thin section П-83-1; 2 — carbonatized radiolarite, thin section СЕ-98-24; 3 — radiolarite with turbiditely sorted radiolarians of the same size, thin section П-82-10; 4, 5 — chaotic dump of radiolarians of the *Parvicingula* genus, skeletons have random orientation, thin sections П-82-2 and П-82-6; 6 — microlayer of mechanogenous radiolarite in siliceous claystone, thin section НЯ-2-29-4; 7, 8 — *Nassellaria* radiolarians with a well-preserved uniformly porous skeletal wall and a kerogen-filled internal cavity, thin sections П-103-2 and П-103-3; 9 — radiolarians with partially or completely dissolved skeletal wall, thin section НЯ-2-29-60; 10, 11 — *Nassellaria* radiolarians with almost completely decomposed skeletal wall with a single impermeable layer and an internal chamber filled with kerogen, thin section П-125-2 and П-125-3; 12 — radiolarian with partially dissolved skeletal wall and internal chamber filled with kerogen, thin section П-125-1; 13 — radiolarian with almost completely replaced or oil-impregnated lattice skeletal wall and a kerogen-filled internal chamber, thin sections П-75-5; 14, 15 — spheroidal and cyrtoid (turret) forms of radiolarians, the skeletal wall of which is partially or completely impregnated or replaced with oil, and the internal chambers are filled with kerogen, thin section П-130-5; 1-5, 13 — *Jonesi-Excelsa* zone, 2, 6, 9-12, 14, 15 — *Khabakovi-Salymicum* zone, 7, 8 — *Rotunda-Alata* zone.

Scale bar 100 μm

чается 26 % ОВ. В зональном комплексе многочисленны представители рода *Arctocapsula*, у которых кроме устья в районе первого и второго брюшного отдела имеется латеральное псевдоотверстие, опущенное во внутренний пористый слой или полость раковины (см. рис. 1, фиг. 8); они также могли служить естественным коллектором подвижной нефти. В статье [35] на микрофотографиях шлифов, микротомографических 3D-снимках хорошо видны варианты пустотного пространства в радиоляриях Средне-Назымской площади, которые также относятся к коллекторам порового типа.

Выводы

Время формирования уникальной баженовской свиты, которая благодаря высокой битуминозности глинисто-кремнисто-карбонатных пород считается основной нефтегазогенной толщей Западно-Сибирского бассейна — ранневожское — ранневаланжинское, а не позднеюрское, как часто предлагается.

Современная зональная радиоляриевая схема для отложений баженовской свиты верхней юры — нижнего мела Западной Сибири включает четыре зоны и слои: (1) зону *Parvicingula antoshkinae* — *P. blowi*, нижний подъярус — низы среднего подъяруса волжского яруса; (2) зону *Parvicingula jonesi* — *P. excelsa*, средний подъярус волжского яруса; (3) зону *Parvicingula rotunda* — *P. alata*, верхний подъярус волжского яруса; (4) зону *Parvicingula khabakovi* — *Williriedellum salymicum*, самые верхи верхнего подъяруса волжского яруса? — рязанский ярус и (5) слои с *Williriedellum*, берриас — валанжин.

Радиолярии имеют различное пустотное пространство в радиоляриях. Высокие фильтрационно-емкостные свойства часто создаются благодаря сфероидной группе радиолярий отряда *Nassellaria*, обладающих крупным полостями внутри скелета, или за счет объединения открытых поровых пространств, что делает их естественными коллекторами нефти.

Литература

1. Калмыков Г.А., Балушкина Н.С. Модель нефтенасыщенности порового пространства пород баженовской свиты Западной Сибири и ее использование для оценки ресурсного потенциала. М. : ГЕОС, 2017. — 247 с.
2. Немова В.Д. Условия формирования коллекторов в отложениях баженовского горизонта в районе сочленения Краснотеннинского свода и Фроловской мегавпадины [Электронный ресурс] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2012. — Т. 7. — № 2. — Режим доступа: http://www.ngtp.ru/rub/4/23_2012.pdf (дата обращения 21.10.2024).
3. Эдер В.Г., Рыжкова С.В., Дзюба О.С., Замирайлова А.Г. Литостратиграфия и обстановки седиментации баженовской свиты (Западная Сибирь) в центральном, юго-восточном и северном районах ее распространения // Стратиграфия. Геол. корреляция. — 2022. — Т. 30. — № 5. — С. 46–74. DOI: 10.1134/S0869593822050021.
4. Панченко И.В., Соболев И.Д., Рогов М.А., Латышев А.В. Вулканические туфы и туффиты в пограничных отложениях юры и мела (вожский-рязанский ярусы) Западной Сибири // Литология и полезные ископаемые. — 2021. — № 2. — С. 144–183. DOI: 10.31857/S0024497X21020051.
5. Высоцкий В.И., Меркулов О.И., Сизинцев С.В. Сланцевые углеводороды и тяжеля нефть — основные перспективные направления развития мировой нефтегазодобычи в среднесрочной и долгосрочной перспективе // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2023. — № 2. — С. 19–28.
6. Роговая И. Хадумская свита: кавказские нефтегазоносные сланцы тоже ждут своих технологий // Нефть и капитал. — 2019. — № 7–8. — С. 21–26.
7. Брехунцов А.М., Нестеров И.И. мл., Нечипорук Л.А. Трудноизвлекаемые запасы и нетрадиционные объекты УВ-сырья Западной Сибири // Недропользование XXI век. — 2017. — Т. 66. — № 3. — С. 54–63.
8. Хартуков Е.М. «Сланцевая нефть» в России: сегодня и завтра // Сфера. Нефть и газ. — 2020. — № 3–4. — С. 104–111.
9. Афанасьев И.С., Гаврилова Е.В., Бирун Е.М. и др. Баженовская свита. Общий обзор, нерешенные проблемы // Научно-технический вестник ОАО «НК Роснефть». — 2010. — № 4. — С. 20–25.
10. Большаник П.В. История открытия баженовской свиты на территории Омской области // Национальные приоритеты России. — 2021. — Т. 43. — № 4. — С. 79–82.
11. Вишневецкая В.С., Амон Э.О., Гатовский Ю.А. Радиоляриевая биостратиграфия баженовского горизонта (верхняя юра–нижний мел) Западной Сибири // Стратиграфия. Геол. корреляция. — 2020. — Т. 28. — № 6. — С. 105–124. DOI: 10.31857/S0869592X20060101.
12. Жамойда А.И. Биостратиграфия мезозойских кремнистых толщ Востока СССР. — Л. : Недра. Ленингр. отд-ние, 1972. — 244 с.
13. Брагин Н.Ю. Радиолярии волжского и берриасского ярусов севера Средней Сибири // Стратиграфия. Геол. Корреляция. — 2011. — Т. 19. — № 2. — С. 55–69.
14. Vishnevskaya V.S., Amon E.O., Kalmykov G.A., Gatovsky Yu.A. Radiolarians and Their Role in the Study of Stratigraphy and Paleogeography of Shale Oil Basins (Based on the Example of the Bazhenovo Formation in Western Siberia and the Arctic) // Paleontological Journal. — 2024. — Т. 58. — № 7. — С. 767–781. DOI: 10.1134/S0031030124600434.
15. Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири. Новосибирск, 2003 г. (объяснительная записка). — Новосибирск : Изд-во СНИИГиМС, 2004. — 114 с.

16. Захаров В.А. Условия формирования волжско-берриасской высокоуглеродистой баженовской свиты Западной Сибири по данным палеоэкологии // Эволюция биосферы и биоразнообразия. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2006. – С. 552–568.
17. Баженова Т.К. Битуминозные толщи России и оценка ресурсов УВ // Трудноизвлекаемые запасы и нетрадиционные источники углеводородного сырья. Проблемы, перспективы, прогнозы: сборник докладов конф-ции. – СПб. : ФГУП «ВНИГРИ», 2015. – 1 CD-R.
18. Фомин М.А., Саитов Р.М., Замирайлова А.Г. Литология и нефтеносность баженовской свиты в центральной части Мансийской синеклизы // Георесурсы. – 2023. – Т. 25. – № 4. – С. 176–191.
19. Соколов Д.Н. К геологии окрестностей Илецкой Защиты // Известия Оренбургского отдела Императорского русского географического общества. – 1901. – Вып. 18. – С. 37–80.
20. Mitta V.V., Scherzinger A. New data on ammonites and stratigraphy of the uppermost Kimmeridgian — lowermost Volgian of the Middle Volga region (Russia) // Volumina Jurassica. – 2006. – Т. IV. – С. 191–192.
21. Rogov M.A., Zakharov V.A., Pestchevitskaya E.B., Vishnevskaya V.S., Zverkov N.G., Baraboshkin E.Yu. Upper Jurassic Volgian Stage and Lower Cretaceous Ryazanian Stage of the Panboreal Biogeographic Superrealm // Stratigraphy and Geological Correlation. – 2024. – Т. 32. – № 6. – С. 672–706. DOI: 10.1134/S0869593824700187.
22. Дзюба О.С., Алифиров А.С., Игольников А.Е., Захаров В.А., Шурыгин Б.Н., Эдер В.Г., Рыжкова С.В., Замирайлова А.Г. Стратиграфические диапазоны пачек баженовской свиты Западной Сибири по макрофауне // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии : мат-лы 11 Всероссийского совещания (Томск, 19–24 сентября 2022 г.). – Томск : ТГУ, 2022. – С. 103–109.
23. Вишневецкая В.С. Биостратиграфия и палеогеография баженовской свиты по данным радиоляриевого анализа. Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. – Екатеринбург : ИздатНаукаСервис, 2013. – С. 34–37.
24. Вишневецкая В.С. Возраст нефтематеринских кремнисто-карбонатных толщ баженовской свиты Западной Сибири на основе радиоляриевого анализа // Проблемы региональной геологии Северной Евразии : мат-лы X научн. Чтений (Москва, 14–16 апреля 2016 г.). – М., 2016. – С. 22–24.
25. Амон Э.О. Радиолярии в экосистеме баженовского моря (поздняя юра–начало раннего мела, Западная Сибирь) // Литология и геология горючих ископаемых. – 2011. – Т. V. – № 21. – С. 145–169.
26. O'Dogherty L., Carter E.S., Dumitrica P. и др. Catalogue of Mesozoic radiolarian genera. Part 2: Jurassic-Cretaceous // Geodiversitas. – 2009. – Т. 31. – № 2. – С. 271–356.
27. Вишневецкая В.С., Амон Э.О., Маринов В.А., Шурыгин Б.Н. Новая находка радиолярий раннего мела на арктическом побережье Восточной Сибири (район дельты р. Лена) // Доклады РАН. – 2014. – Т. 458. – № 2. – С. 177–181.
28. Вишневецкая В.С., Амон Э.О. Радиоляриевая биозональность баженовского горизонта Западной Сибири и ее арктического обрамления // Совершенствование биостратиграфической основы нефтегазоносных комплексов России: мат-лы Всероссийского совещания (Санкт-Петербург, 21–23 мая 2024 г.). – СПб., 2024. – С. 33–36.
29. Панченко И.В., Балушкина Н.С., Барабошкин Е.Ю. и др. Комплексы палеобиоты в абалакско-баженовских отложениях центральной части Западной Сибири [Электронный ресурс] // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2015. – Т. 10. – № 2. – С. 1–29. – Режим доступа: http://www.ngtp.ru/rub/2/24_2015.pdf (дата обращения 21.10.2024).
30. Панченко И.В., Вишневецкая В.С., Калмыков Г.А., Барабошкин Е.Ю. Новые данные по биостратиграфии абалакской и баженовской свит, полученные на основе комплексного изучения макро- и микрофаунистических остатков // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. – Екатеринбург : ИздатНаукаСервис, 2013. – С. 162–165.
31. Vishnevskaya V.S. New Late Jurassic Saturnaliidae (Radiolaria) of the Arctic and Pacific Margins (Russia) // Paleontol. J. – 2021. – Т. 55. – № 12. – С. 1511–1524. DOI: 10.1134/S0031030121120078.
32. Вишневецкая В.С., Мерц А.В., Седаева К.М. Девонские радиолярии и их роль в образовании нефти // Доклады РАН. – 1993. – Т. 333. – № 6. – С. 745–749.
33. Vishnevskaya V. Jurassic and Cretaceous radiolarian biostratigraphy in Russia // Micropaleontology. Spec. Publ. – 1993. – Т. 6. – С. 175–200.
34. Кругликова С.Б. Радиолярии Polycystina из донных отложений Мирового океана как биоиндикаторы изменений окружающей среды. – М. : ГЕОС, 2013. – 231 с.
35. Балушкина Н.С., Калмыков Г.А., Белохин В.С., Хамидуллин Р.А., Корост Д.В. Кремнистые коллекторы баженовского горизонта Средне-Назымского месторождения и структура их пустотного пространства // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. – 2014. – № 2. – С. 35–43. DOI: 10.3103/S0145875214020033.

References

1. Kalmykov G.A., Balushkina N.S. Model' neftenasyshchennosti porovogo prostranstva porod bazhenovskoy svity Zapadnoy Sibiri i yeye ispol'zovaniye dlya otsenki resursnogo potentsiala [Model of oil saturation of the pore space of the Bazhenov Formation rocks of Western Siberia and its use to assess the resource potential]. Moscow: GEOS, 2017. 247 p. In Russ.
2. Nemova V.D. Conditions of reservoir formation in the deposits of the Bazhenov horizon in the junction area of the Krasnolenin arch and the Frolov megadepression. Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika. 2012;7(2). Available at: http://www.ngtp.ru/rub/4/23_2012.pdf (accessed 21.10.2024). In Russ.

3. Eder V.G., Ryzhkova S.V., Dzyuba O.S., Zamiraylova A.G. Lithostratigraphy and Sedimentation Conditions of the Bazhenov Formation (Western Siberia) in the Central, Southeastern, and Northern Regions of Its Occurrence. *Stratigraphy and Geological Correlation*. 2022;30(5):46–74. DOI: 10.1134/S0869593822050021. In Russ.
4. Panchenko I.V., Sobolev I.D., Rogov M.A., Latyshev A.V. Volcanic Tuffs and Tuffites at the Jurassic-Cretaceous Boundary Beds (Volgian–Ryazanian Stages) of Western Siberia. *Lithology and Mineral Resources*. 2021;(2):144–183. In Russ.
5. Vysotskiy V.I., Merkulov O.I., Sizintsev S.V. Slantsevyye uglevodorody i tyazhelaya neft' — osnovnyye perspektivnyye napravleniya razvitiya mirovoy neftegazodobychi v srednesrochnoy i dolgosrochnoy perspective [Shale hydrocarbons and heavy oil are the main promising areas for the development of global oil and gas production in the medium and long term]. *Mineral'nyye resursy Rossii. Ekonomika i upravleniye*. 2023;(2):19–28. In Russ.
6. Rogovaya I. Khadumskaya svita: kavkazskiy neftegazonosnyye slantsy tozhe zhdu svoikh tekhnologiy [Khadum suite: Caucasian oil and gas shales are also waiting for their technologies]. *Neft' i kapital*. 2019;(7–8):21–26. In Russ.
7. Brekhuntsov A.M., Nesterov I.I., ml., Nechiporuk L.A. Trudnoizvlekayemye zapasy i netraditsionnyye ob'yekty UV-syr'ya Zapadnoy Sibiri [Hard-to-recover reserves and unconventional hydrocarbon resources of Western Siberia]. *Nedropol'zovaniye XXI vek*. 2017;66(3):54–63. In Russ.
8. Khartukov Ye.M. «Slantsevaya neft'» v Rossii: segodnya i zavtra [“Shale Oil” in Russia: Today and Tomorrow]. *Sfera. Neft' i gaz*. 2020;(3–4):104–111. In Russ.
9. Afanas'yev I.S., Gavrilova Ye.V., Birun Ye.M. et al. Bazhenovskaya svita. Obshchiy obzor, nereshennyye problem [Bazhenov Formation. General overview, unsolved problems]. *Nauchno-tekhnicheskyy vestnik OAO “NK “Rosneft”*. 2010;(4):20–25. In Russ.
10. Bol'shanik P.V. Istoriya otkrytiya bazhenovskoy svity na territorii Omskoy oblasti [History of the discovery of the Bazhenov formation in the Omsk region]. *Natsional'nyye priority Rossii*. 2021;43(4):79–82. In Russ.
11. Vishnevskaya V.S., Amon E.O., Gatovskiy Yu.A. Radiolyariyevaya biostratigrafiya bazhenovskogo gorizonta (verkhnyaya yura-nizhniy mel) Zapadnoy Sibiri [Radiolarian biostratigraphy of the Bazhenov horizon (Upper Jurassic - Lower Cretaceous) of Western Siberia]. *Stratigrafiya. Geol. korrelyatsiya*. 2020;28(6):105–124. DOI: 10.31857/S0869592X20060101. In Russ.
12. Zhamoyda A.I. Biostratigrafiya mezozoyskikh kremnistykh tolshch Vostoka SSSR [Biostratigraphy of Mesozoic Siliceous Rocks in the East of the USSR]. Leningrad: Nedra. Leningr. otd-niye, 1972. 244 p. In Russ.
13. Bragin N.Yu. Radiolyarii volzhskogo i berriasskogo yarusev severa Sredney Sibiri [Radiolarians of the Volgian and Berriasian Stages in the North of Central Siberia]. *Stratigrafiya. Geol. korrelyatsiya*. 2011;19(2):55–69. In Russ.
14. Vishnevskaya V.S., Amon E.O., Kalmykov G.A., Gatovsky Yu.A. Radiolarians and Their Role in the Study of Stratigraphy and Paleogeography of Shale Oil Basins (Based on the Example of the Bazhenov Formation in Western Siberia and the Arctic) *Paleontological Journal*. 2024;58(7):767–781. DOI: 10.1134/S0031030124600434.
15. Reshenie 6-go Mezhdedomstvennogo stratigraficheskogo soveshchaniya po rassmotreniyu i prinyatiyu utochnennykh stratigraficheskikh skhem mezozoyskikh otlozhenii Zapadnoy Sibiri. Novosibirsk, 2003 g. (ob'yasnitel'naya zapiska) [Resolution of the 6-th Inter-Departmental Meeting on the Review and Adoption of the Updated Stratigraphic Charts for the West Siberian Mesozoic Sequences. Novosibirsk, 2003 (explanatory note)]. Novosibirsk: Izd-vo SNIIGGIMS; 2004. 114 p. In Russ.
16. Zakharov V.A. Usloviya formirovaniya volzhsko-berriasskoy vysokouglerodisty bazhenovskoy svity Zapadnoy Sibiri po dannym paleoekologii. Evolyutsiya biosfery i bioraznoobraziya [Formation Conditions of the Volgian-Berriasian High-Carbon Bazhenov Suite in Western Siberia Based on Paleocological Data]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK. 2006. pp. 552–568. In Russ.
17. Bazhenova T.K. Bituminoznyye tolshchi Rossii i otsenka resursov UV [Bituminous strata of Russia and assessment of hydrocarbon resources]. *Trudnoizvlekayemye zapasy i netraditsionnyye istochniki uglevodorodnogo syr'ya. Problemy, perspektivy, prognozy: sbornik dokladov konf-tsii*. Saint Petersburg: FGUP «VNIGRI». 2015. 1 CD-R. In Russ.
18. Fomin M.A., Saitov R.M., Zamiraylova A.G. Litologiya i neftenosnost' bazhenovskoy svity v tsentral'noy chasti Mansiyskoy sineklizy [Lithology and oil content of the Bazhenov formation in the central part of the Mansiysk syncline]. *Georesursy*. 2023;25(4):176–191. In Russ.
19. Sokolov D.N. K geologii okrestnostey Iletskoy Zashchity [On the geology of the Iletsk Defense environs]. *Izv. Orenb. otd. Imp. russk. geogr. obshch-va*. 1901;(18):37–80. In Russ.
20. Mitta V.V., Scherzinger A. New data on ammonites and stratigraphy of the uppermost Kimmeridgian — lowermost Volgian of the Middle Volga region (Russia). *Volumina Jurassica*. 2006;(IV):191–192.
21. Rogov M.A., Zakharov V.A., Pestchevitskaya E.B., Vishnevskaya V.S., Zverkov N.G., Baraboshkin E.Yu. Upper Jurassic Volgian Stage and Lower Cretaceous Ryazanian Stage of the Panboreal Biogeographic Superrealm. *Stratigraphy and Geological Correlation*. 2024;32(6):672–706. DOI: 10.1134/S0869593824700187.
22. Dzyuba O.S., Alifirov A.S., Igol'nikov A.Ye., Zakharov V.A., Shurygin B.N., Eder V.G., Ryzhkova S.V., Zamiraylova A.G. Stratigraficheskiye diapazonny pachek bazhenovskoy svity Zapadnoy Sibiri po makrofaune [Stratigraphic ranges of the Bazhenov Formation members of Western Siberia based on macrofauna]. In: *Melovaya sistema Rossii i blizhnego zarubezh'ya: problemy stratigrafii i paleogeografii: Mat-ly 11 Vserossiyskogo soveshchaniya (Tomsk, 19–24 September 2022)*. Tomsk: TGU, 2022. pp. 103–109. In Russ.
23. Vishnevskaya V.S. Biostratigrafiya i paleogeografiya bazhenovskoy svity po dannym radiolyariyevogo analiza. Yurskaya sistema Rossii: problemy stratigrafii i paleogeografii [Biostratigraphy and paleogeography of the Bazhenov Formation based on radiolarian analysis. The Jurassic System of Russia: Problems of Stratigraphy and Paleogeography]. Yekaterinburg: IzdatNaukaServis. 2013. pp. 34–37. In Russ.

24. *Vishnevskaya V.S.* Vozrast neftematerinskikh kremnisto-karbonatnykh tolshch bazhenovskoy svity Zapadnoy Sibiri na osnove radiolyariyevogo analiza [Age of Oil Source Siliceous-Carbonate Strategies of the Bazhenov Formation in Western Siberia Based on Radiolarian Analysis]. In: Problemy regional'noy geologii Severnoy Yevrazii mat-ly X nauchn. Chteniii (Moscow, 14–16 april 2016). Moscow: MGRI-RGGRU, 2016. pp. 22–24. In Russ.
25. *Amon E.O.* Radiolyarii v ekosisteme bazhenovskogo morya (pozdnaya yura–nachalo rannego mela, Zapadnaya Sibir') [Radiolarians in the Bazhenov Sea Ecosystem (Late Jurassic–Early Early Cretaceous, Western Siberia)]. *Litologiya i geologiya goryuchikh iskopayemykh*. 2011;V(21). pp. 145–169. In Russ.
26. *O'Dogherty L., Carter E.S., Dumitrica P. et al.* Catalogue of Mesozoic radiolarian genera. Part 2: Jurassic-Cretaceous. *Geodiversitas*. 2009;31(2):271–356.
27. *Vishnevskaya V.S., Amon E.O., Marinov V.A., Shurygin B.N.* Novaya nakhodka radiolyariy rannego mela na arkticheskom poberezh'ye Vostochnoy Sibiri (rayon del'ty r. Lena) [New find of Early Cretaceous radiolarians on the Arctic coast of Eastern Siberia (Lena River delta area)]. *Doklady AN*. 2014;458(2):177–181. In Russ.
28. *Vishnevskaya V.S., Amon E.O.* Radiolyariyevaya biozonal'nost' bazhenovskogo gorizonta Zapadnoy Sibiri i yeye arkticheskogo obramleniya [Radiolarian biozonality of the Bazhenov horizon of Western Siberia and its Arctic framing]. In: Sovershenstvovaniye biostratigraficheskoy osnovy neftegazonosnykh kompleksov Rossii: mat-ly Vserossiyskogo soveshchaniya (Sankt-Peterburg, 21–23 May 2024). Saint Petersburg, 2024. pp. 33–36. In Russ.
29. *Panchenko I.V., Balushkina N.S., Baraboshkin Ye.YU. et al.* Kompleksy paleobioty v abalaksko-bazhenovskikh otlozheniyakh tsentral'noy chasti Zapadnoy Sibiri [Paleobiota complexes in the Abalak-Bazhenov deposits of the central part of Western Siberia]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*. 2015;10(2):1–29. Available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/24_2015.pdf (accessed 21.10.2024). In Russ.
30. *Panchenko I.V., Vishnevskaya V.S., Kalmykov G.A., Baraboshkin Ye.Yu.* Novyye dannyye po biostratigrafii abalakskey i bazhenovskoy svit, poluchennyye na osnove kompleksnogo izucheniya makro- i mikrofaunisticheskikh ostatkov [New data on the biostratigraphy of the Abalak and Bazhenov formations obtained from a comprehensive study of macro- and microfaunal remains]. In: Yurskaya sistema Rossii: problemy stratigrafii i paleogeografii. Yekaterinburg: IzdatNaukaServis, 2013. pp. 162–165. In Russ.
31. *Vishnevskaya V.S.* New Late Jurassic Saturniidae (Radiolaria) of the Arctic and Pacific Margins (Russia). *Paleontol. J.* 2021;55(12):1511–1524. DOI: 10.1134/S0031030121120078.
32. *Vishnevskaya V.S., Merts A.V., Sedayeva K.M.* Devonkiye radiolyarii i ikh rol' v obrazovanii nefiti [Devonian radiolarians and their role in oil formation]. *Doklady RAN*. 1993;333(6):745–749. In Russ.
33. *Vishnevskaya V.* Jurassic and Cretaceous radiolarian biostratigraphy in Russia. *Micropaleontology. Spec. Publ.* 1993;(6):175–200.
34. *Kruglikova S.B.* Radiolyarii Polycystina iz donnykh otlozheniy Mirovogo okeana kak bioindikatory izmeneniy okruzhayushchey sredy [Polycystina radiolarians from bottom sediments of the World Ocean as bioindicators of environmental changes]. Moscow: GEOS; 2013. 231 p. In Russ.
35. *Balushkina N.S., Kalmykov G.A., Belokhin V.S., Khamidullin R.A., Korost D.V.* Kremnistyye kolektory bazhenovskogo gorizonta Sredne-Nazymnskogo mestorozhdeniya i struktura ikh pustotnogo prostranstva [Siliceous reservoirs of the Bazhenov horizon of the Sredne-Nazymnskoye deposit and the structure of their void space]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 4. Geologiya*. 2014;(2):35–43. DOI: 10.3103/S0145875214020033. In Russ.

Информация об авторах

Вишневская Валентина Сергеевна

Доктор геолого-минералогических наук,
главный научный сотрудник
Геологический институт РАН,
119017 Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 1
e-mail: valentina.vishnaa@mail.ru
ORCID ID: 0000-0001-9767-1094
Scopus ID: 7003376727
AuthorID: Q-3389-2016

Information about authors

Valentina S. Vishnevskaya

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences,
Chief Researcher
Geological Institute of Russian Academy of Sciences,
7, Pyzhevskiy per., Moscow, 119017, Russia
e-mail: valentina.vishnaa@mail.ru
ORCID ID: 0000-0001-9767-1094
Scopus ID: 7003376727
AuthorID: Q-3389-2016