

УДК 553.982.23

DOI 10.31087/0016-7894-2019-3-99-113

## Литолого-геохимическая характеристика георгиевской, баженовской и куломзинской свит на Арчинской площади (Нюрольская впадина, Томская область)

© 2019 г. | А.Г. Замирайлова, Е.А. Костырева, В.Г. Эдер, С.В. Рыжкова, И.С. Сотнич

ФГБУН «Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН», Новосибирск, Россия; zamirailovaag@ipgg.sbras.ru; kostyrevaea@ipgg.sbras.ru; edervg@ipgg.sbras.ru; rzhkovasv@ipgg.sbras.ru; sotnichis@ipgg.sbras.ru

Поступила 26.02.2019 г.

Принята к печати 01.03.2019 г.

**Ключевые слова:** георгиевская, баженовская, куломзинская свиты; микститы; органическое вещество; битумоиды; углеводороды-биомаркеры; Западная Сибирь.

Изучены литолого-геохимические и геофизические особенности георгиевской, баженовской и куломзинской свит киммеридж-волжско-берриасского возраста на Арчинской площади (Нюрольская впадина, Томская область). На основе комплексного анализа состава пород с использованием современных методов обработки и интерпретации полученных аналитических данных, включая изучение органического вещества, и результатов геофизических исследований в скважине охарактеризованы типы пород георгиевской, баженовской и куломзинской свит. Георгиевская свита представлена алевритами, микститами глинисто-кремнисто-карбонатными и кремнисто-глинистыми. Баженовская свита сложена микститами кремнисто-глинистыми и глинисто-кремнистыми, глинисто-кремнисто-карбонатными, кероген-глинисто-кремнистыми, силицитами керогеновыми и карбонатами; куломзинская свита представлена микститом кремнисто-глинистым. Анализ степени пиритизации железа и значений отношения фенантронов к дибензотиофенам показал, что во время формирования кероген-глинисто-кремнистых, кероген-кремнисто-глинистых микститов и силицитов существовали высоковосстановительные условия, а микститов кремнисто-глинистых куломзинской свиты — умеренно восстановительные условия. По составу углеводородов-биомаркеров органическое вещество баженовской и куломзинской свит аквагенное и находится в самом начале главной фазы нефтеобразования.

Для цитирования: Замирайлова А.Г., Костырева Е.А., Эдер В.Г., Рыжкова С.В., Сотнич И.С. Литолого-геохимическая характеристика георгиевской, баженовской и куломзинской свит на Арчинской площади (Нюрольская впадина, Томская область) // Геология нефти и газа. – 2019. – № 3. – С. 99–113. DOI: 10.31087/0016-7894-2019-3-99-113.

## Lithological and geochemical features of Georgievsky, Bazhenov, and Kulomzinsky formations in the Archinsky area (Nyurolsky Depression, Tomsk Oblast)

© 2019 | A.G. Zamirailova, E.A. Kostyрева, V.G. Eder, S.V. Ryzhkova, I.S. Sotnich

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia, zamirailovaag@ipgg.sbras.ru; kostyrevaea@ipgg.sbras.ru; edervg@ipgg.sbras.ru; rzhkovasv@ipgg.sbras.ru; sotnichis@ipgg.sbras.ru

Received 26.02.2019

Accepted for publication 01.03.2019

**Key words:** Georgievsky, Bazhenov, Kulomzinsky formations; mudstone; organic matter; bitumoids; biomarker hydrocarbons; Western Siberia.

Lithological, geochemical, and geophysical features of Kimmeridgian-Volgian-Berriasian Georgievsky, Bazhenov, and Kulomzinsky formations in the Archinsky area (Nyurolsky Depression, Tomsk Region) are studied. Rock types of Georgievsky, Bazhenov, and Kulomzinsky formations are characterised on the basis of integrated rock composition analysis; modern methods of the obtained analytical data processing and interpretation were used, including the studies of organic matter, together with well logging results. Georgievsky Formation is represented by siltstone, argillaceous-siliceous-carbonate and siliceous-argillaceous mudstones. Bazhenov Formation is composed of siliceous-argillaceous and argillaceous-siliceous, argillaceous-siliceous-carbonate, kerogen-argillaceous-siliceous mudstones, kerogenic siliceous mudstone and carbonate; Kulomzinsky Formation is represented by siliceous-argillaceous mudstone. Analysis of iron pyritization degree and phenanthrene to dibenzothiophene ratio showed that at the time of kerogen-argillaceous-siliceous, kerogen-siliceous-argillaceous and siliceous mudstones formation, highly reducing conditions existed, while at the time of Kulomzinsky Formation siliceous-argillaceous mudstone formation, the conditions were moderately reducing. According to composition of biomarker hydrocarbons, organic matter of Bazhenov and Kulomzinsky formations is aquagenic and is in the very beginning of main oil generation phase.

For citation: Zamirailova A.G., Kostyрева E.A., Eder V.G., Ryzhkova S.V., Sotnich I.S. Lithological and geochemical features of Georgievsky, Bazhenov, and Kulomzinsky formations in the Archinsky area (Nyurolsky Depression, Tomsk Oblast). *Geologiya nefi i gaza = Oil and gas geology*. 2019;(3):99–113. DOI: 10.31087/0016-7894-2019-3-99-113.



## К ЮБИЛЕЮ Е.А. КОЗЛОВСКОГО

Черносланцевые отложения баженовской свиты привлекают внимание нефтяных компаний в связи с возможностью добычи из них сланцевой нефти. Литологические исследования баженовской свиты в основном проводились в центральной части Западно-Сибирского бассейна, особенности строения разрезов свиты в юго-восточной части (Томская область) освещены в литературе в меньшей степени ([1–5] и др.). Породы баженовской свиты (титон – нижний берриас) подстилаются отложениями георгиевской свиты (кимеридж) и перекрываются породами куломзинской свиты (берриас – валанжин). Результаты изучения новых разрезов в Нюрольской впадине (Томская область) позволят уточнить и дополнить данные о составе свит на основе их комплексного анализа, развить существующие представления об условиях их формирования.

В статье приведены результаты изучения георгиевской, баженовской и куломзинской свит, вскрытых бурением на Арчинской площади в интервале глубин 2639,3–2593 м. Согласно современным представлениям о районировании баженовского горизонта [6], скважина расположена в юго-восточной части территории распространения баженовской свиты (рис. 1 А). В соответствии со схемой фациально-стратиграфического районирования васюганского и георгиевского горизонтов скважина расположена в юго-восточной части Пурпейско-Васюганского района, в пределах которого распространены васюганская и георгиевская свиты [7] (см. рис. 1 В).

### Методы исследований

Методика исследований включала детальное описание пород по керну, изучение шлифов на микроскопе Olympus BX-59, в сканирующем электронном микроскопе MIRA3 TESCAN, химический анализ пород с определением  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{общ}}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_{\text{орг}}$ , Sc-д, Sc-т, Ппп с пересчетом на минеральный состав по методике О.М. Розена и Ю.А. Нистратова [8], а также комплекс аналитических методов органической геохимии (пиролиз, битуминология, газожидкостная хроматография, хромато-масс-спектрометрия) [9–11]. Химический состав пород определялся методами «мокрой химии» (серы общей, сульфидной, сульфатной и  $\text{CO}_2$ ) и рентгено-флуоресцентным анализом на спектрометре ARL-9900-XP (Thermo Electron Corporation). Классификация пород проводилась по А.Э. Конторовичу и др. [12]. Окислительно-восстановительные обстановки оценивались по степени пиритизации железа ( $\text{СП} = \text{Fe}_{\text{пиритное}} / (\text{Fe}_{\text{пиритное}} + \text{Fe}_{\text{растворимое в HCl}})$ ) [13] и отношению фенантронов к дибензотиофенам (Ф/ДБТ) [14]. Для уточнения закономерностей вертикального распространения пирита, органического углерода, радиоактивных элементов (U, Th, K), пиrolитических характеристик ( $S_1$ ,  $S_2$ , водородный индекс  $\text{HI} = (S_2 \cdot 100) / \text{C}_{\text{орг}}$ ), а также изменения окислительно-восстано-

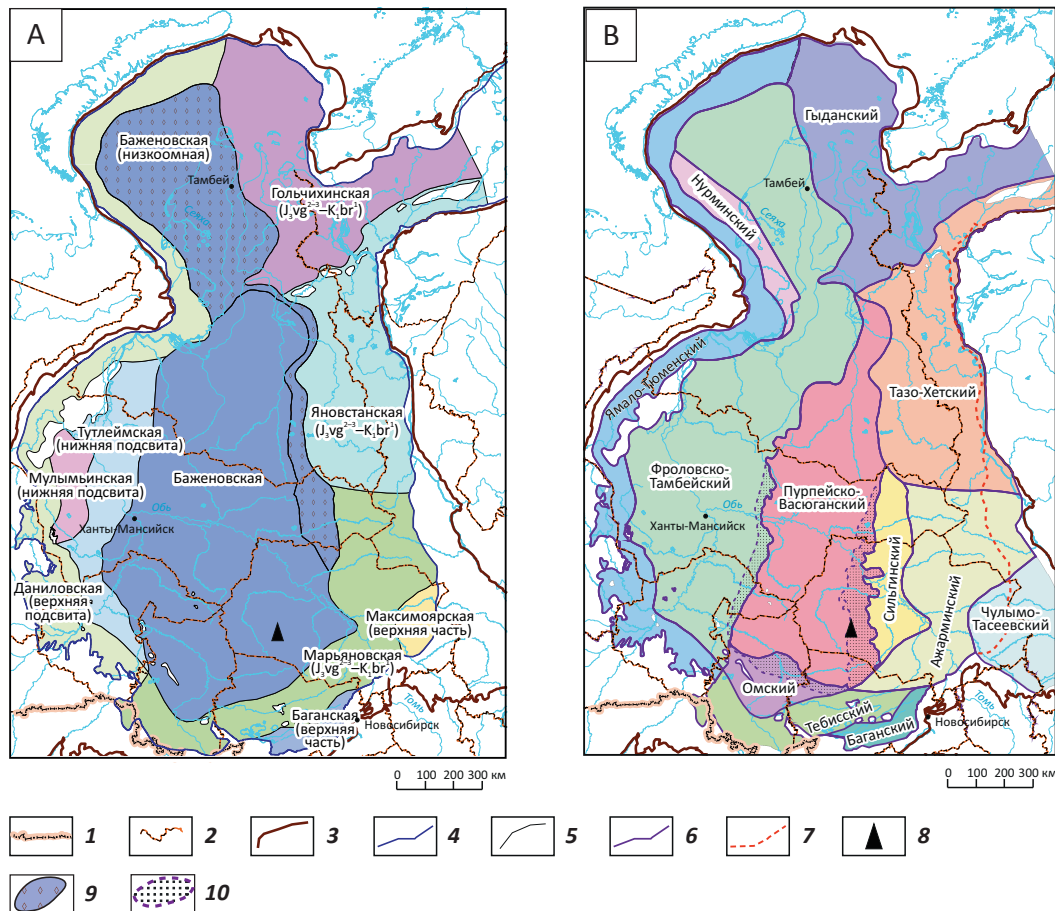
вительного режима при диагенезе построены кривые распределения рассматриваемых компонентов (рис. 2). Для корректной увязки по глубине материалов изучения керна и значений геофизических параметров, полученных в ходе геофизических исследований скважины (ГИС), был проведен комплексный анализ данных гамма-каротажа (ГК), гамма-спектрометрии керна и гамма-спектрометрии образцов пород. В результате сдвиг интервала отбора керна относительно каротажа составил –0,5 м. Далее глубины приведены с учетом коррекции. Для уточнения критериев выделения пород по результатам ГИС был выполнен корреляционный анализ литологических и геохимических параметров с данными электрического каротажа (зондами кажущегося сопротивления (КС), индукционного каротажа (ИК), бокового каротажа (БК), потенциала самопроизвольной поляризации (ПС)), кавернометрии (КВ), радиоактивного каротажа (ГК, нейтронного гамма-каротажа (НГК)) и его модификаций. Для уточнения границ свит были построены кривые распределения данных каротажей БК, ИК, ПС, ГК и НГК (см. рис. 2).

### Результаты

По особенностям строения и вещественному составу в изученном разрезе выделено восемь типов пород (см. рис. 2).

Георгиевская свита в интервале 2639,3–2636,5 м (2,8 м) сложена алевролитом, глинисто-кремнисто-карбонатной породой и микститом кремнисто-глинистым. Алевролит разномерный, глинистый с примесью мелкодисперсного материала. Глинистый материал насыщен керогеном и имеет бурый цвет. Наблюдаются зерна глауконита зеленого цвета и фоссилии округлой формы, стенки которых выполнены известняком, а сердцевина — кремнистым материалом (рис. 3). Для алевролита характерно низкое содержание керогена (0,9 %), отсутствие карбонатного материала, высокое содержание пирита (14,2 %) (таблица). Выше залегает глинисто-кремнисто-карбонатная микрокристаллическая порода. В породе наблюдаются округлые и эллипсоидные срезы карбонатных фоссилий, некоторые из них полностью или частично пиритизированы. Встречаются стяжения пирита размером до 1,5 см и окатанные изометричные зерна глауконита размером 0,08–0,2 мм. Также отмечаются фосфатные конкреции размером до 2 см. Цвет конкреций бурый с цепочками бугристых более светлых образований, расположенными параллельно друг другу. Это кремнисто-фосфатная порода, в которой темно-бурые пеллеты размером 0,03 мм, сложенные скрытокристаллическим фосфатом, и сгустки неправильной формы заключены в более светлый микрозернистый кремнеземистый материал. При скрещенных николях фосфатный материал погасает. В конкреции наблюдается прослой пирита толщиной 4 мм (см. рис. 3). Содержание карбонатно-

**Рис. 1.** Схемы фациально-стратиграфического районирования баженовского (А) [6], васюганского и георгиевского горизонтов (В) [7]  
**Fig. 1.** Scheme of facies and stratigraphy zonation of the Bazhenov (A) [6], Vasyugansky and Georgievsky horizons (B) [7]



**Границы (1–7):** 1 — государственная РФ, 2 — административные, 3 — мезозойских отложений, 4 — верхнеюрских отложений, 5 — свит, в составе которых присутствуют отложения баженовского горизонта, 6 — районов, 7 — распространения георгиевского горизонта; 8 — скв. Арчинская; 9 — территория распространения баженовской свиты, в пределах которой породы характеризуются низкими значениями кажущегося электрического сопротивления; 10 — зоны фациального замещения васюганской свиты

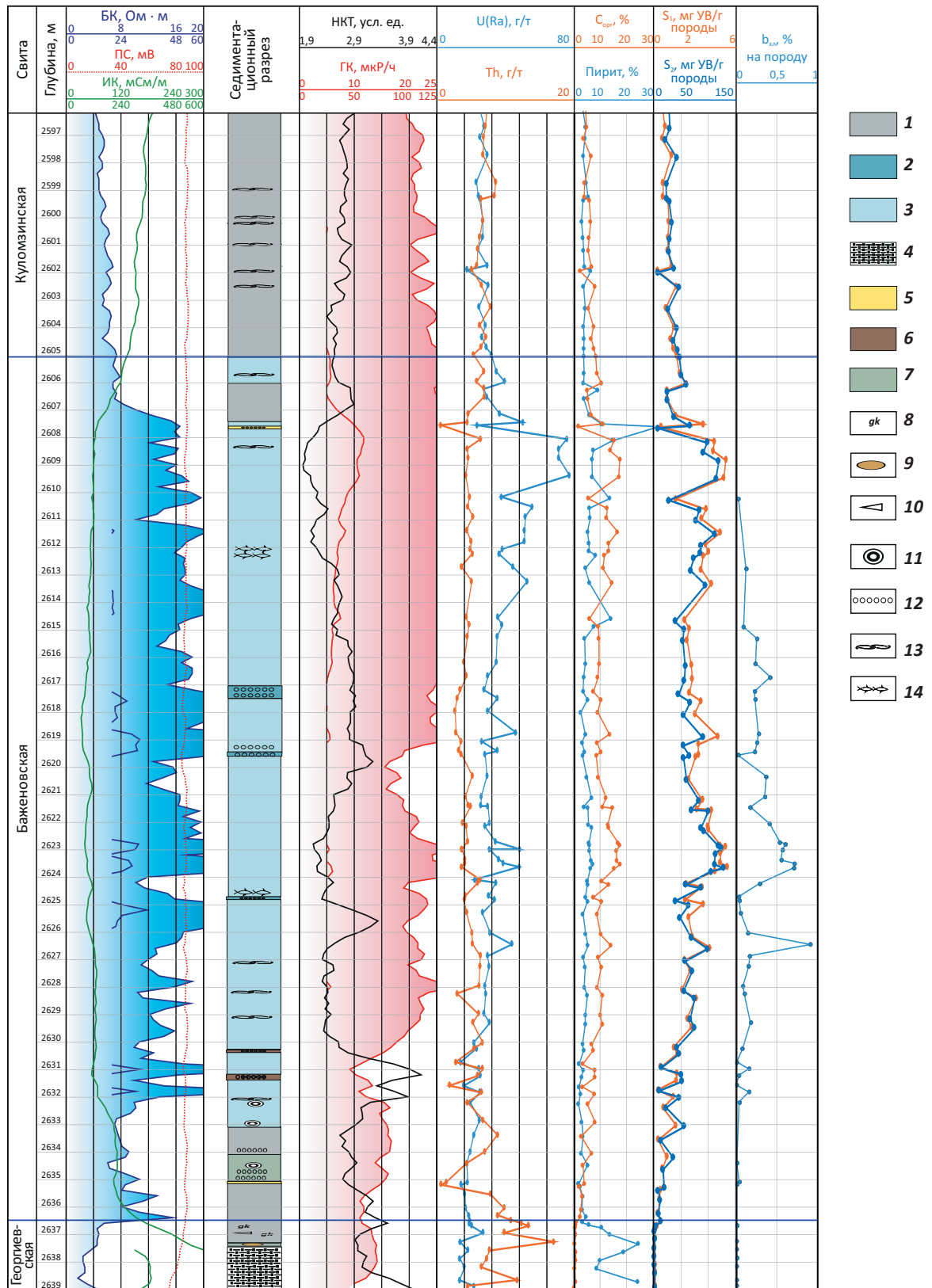
**Boundaries (1–7):** 1 — RF State Border, 2 — administrative, 3 — Mesozoic deposits, 4 — Upper Jurassic deposits, 5 — formations that contain the Bazhenov deposits, 6 — regions, 7 — occurrence of Georgievsky Horizon; 8 — Archinsky well; 9 — territory of the Bazhenov Formation expansion, within which the rocks are characterized by low values of apparent resistivity; 10 — zones of facies replacement of the Vasyugan suite

го материала составляет в среднем 37,6 %, керогена — 1 %, пирита — 18,7 % и апатита — 1,6 % (см. таблицу). Далее разрез георгиевской свиты представлен микститом кремнисто-глинистым массивным. Микроструктура — алевропелитовая с примесью зерен мелкопесчаного материала (1–2 %). Основная масса породы — это микрокристаллический кремнезем и глинистый материал, неравномерно насыщенный керогеном. Обломочная составляющая представлена угловатыми и полуокатанными зёрнами кварца (5–6 %) размером 0,01–0,15 мм. В породе наблюдаются полуокатанные и окатанные зёрна глауконита зеленого цвета (4–5 %) размером 0,02–0,2 мм, некоторые зёрна частично пиритизированы. Пирит распространен в виде мелкой сыпи, стяжений округлой и неправильной формы длиной более 2 мм. Отмечается прослой пирита толщиной более 1 см (см. рис. 3). Средние содержания кремнистого и глинистого ма-

териала составляют 34,8 и 37,4 % соответственно, керогена — 1,1 % (см. таблицу). Содержание урана в породах георгиевской свиты колеблется в пределах 3,6–9,1 г/т, тория — 7,7–12,7 г/т и калия — 0–2,2 %. Наибольшее содержание этих элементов в микститах кремнисто-глинистых. Значения степени пиритизации составляют 0,7–0,9, что свидетельствует о высоковосстановительных условиях формирования пород георгиевской свиты.

Содержание органического углерода ( $C_{орг}$ ) в основных типах пород георгиевской свиты сопоставимо и не превышает 1,1 % на породу. Пиролитические характеристики  $S_1$  и  $S_2$ , характеризующие генерационные качества породы, очень низкие (0,1–0,2 и 0,2–2,2 мг УВ/г породы соответственно) (рис. 4). Содержание битумоидов в георгиевской свите также очень низкое (от 0,005 до 0,03 % на породу), поэтому групповой и УВ-состав не изучался.

Рис. 2. Геолого-геофизический разрез скв. Арчинская  
 Fig. 2. Geological and geophysical section across the Archinsky well

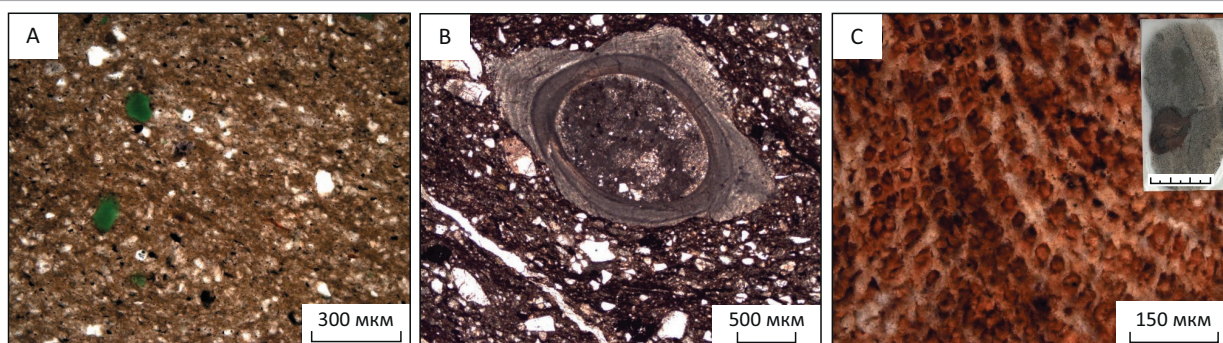


Усл. обозначения к рис. 2  
Legend for Fig. 2

1 — микстит кремнисто-глинистый; 2 — силицит керогеновый; 3 — микстит кероген-кремнисто-глинистый и кероген-глинисто-кремнистый; 4 — алевролит; 5 — известняк; 6 — доломит; 7 — микстит карбонатный и глинисто-кремнисто-карбонатная порода; 8 — глауконит; 9 — фосфатные конкреции; 10 — белемниты; 11 — реликты кокколитофорид; **прослои (12–14): 12 — радиолярита, 13 — с двустворками, 14 — с обломками рыб**

1 — siliceous-argillaceous mudstone; 2 — kerogenic siliceous mudstone; 3 — kerogen-siliceous-argillaceous and kerogen-argillaceous-siliceous mudstones; 4 — siltstone; 5 — limestone; 6 — dolomite; 7 — carbonate and argillaceous-siliceous-carbonate mudstones; 8 — glauconite; 9 — phosphatic nodules; 10 — belemnites; 11 — relics of coccolithophorides; **partings (12–14): 12 — radiolarite, 13 — with bivalves, 14 — with fish fragments**

Рис. 3. Типы пород георгиевской свиты  
Fig. 3. Rock types of the Georgievsky Formation



А — микстит глинисто-кремнистый с зернами глауконита. Глубина 2636,6 м; В — алевролит разнородный с примесью мелкопесчаного материала. В породе наблюдаются фоссилии округлой формы, стенки которых выполнены известняком, а сердцевина — кремнистым материалом. Глубина 2638,3 м; С — глинисто-кремнисто-карбонатная микрокристаллическая порода, в которой отмечаются фосфатные конкреции, сложенные скрытокристаллическим фосфатом, где темно-бурые пеллеты размером 0,03 мм заключены в более светлый микрозернистый кремнеземистый материал. Глубина 2637,69 м

A — argillaceous-siliceous mudstone with grains of glauconite. Depth 2636.6 m; B — poorly sorted siltstone with admixture of fine sandy material. Round-shaped fossils are observed in the rock; their walls are represented by limestone, while core is made of siliceous material. Depth 2638.3 m; C — argillaceous-siliceous-carbonate microcrystalline rock, where the phosphatic nodule composed of cryptocrystalline phosphate are found, where 0.03 mm large dark-brown pellets are embedded into a lighter fine-grained silica material. Depth 2637.69 m

Высокое содержание пирита в породах георгиевской свиты (см. таблицу) определяет высокие значения ИК (до 300 мСим/м), что является реперным показателем выделения свиты в разрезах по всей территории ее распространения в Западной Сибири (см. рис. 2). Низкие значения ( $< 5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ) кажущегося удельного электрического сопротивления (УЭС) микститов кремнисто-глинистых на каротаже БК согласуются с повышенным содержанием в породах глинистой компоненты (рис. 5, см. рис. 2).

Баженовская свита согласно залегает на микститах кремнисто-глинистых георгиевской свиты в интервале 2636,5–2605 м (мощность 31,5 м) и представлена микститами: кремнисто-глинистым и глинисто-кремнистым с прослоем известняка, карбонатным, кероген-глинисто-кремнистым с прослоями доломита и силицитом керогеновым.

Микститы глинисто-кремнистый и кремнисто-глинистый — породы черные трещиноватые, с крючками теутид (I тип пород). Микротекстура породы неясно-линзовидно-слоистая, участками массивная. Слоистость подчеркнута тонкими линзочками глинистого материала, в разной степени обогащен-

ного ОВ, тонкими линзочками керогена. Линзочки горизонтально-волнистые, распространенные по напластованию. В породе наблюдаются: фосфатный материал костей рыб удлиненной формы бурого цвета; реликты радиолярий (10–15 %) округлой (до 0,12 мм), конусообразной (до 0,3 мм), деформированной эллипсоидной (0,2 мм) формы, заполненные кремнистым материалом, некоторые — частично пиритом или окаймлены пиритом; пиритизированные сеточки радиолярий. Радиолярии расположены в основном по напластованию. Обломочная составляющая (3–4 %) представлена неравномерно распространенными угловатыми и полуокатанными зернами кварца размером 0,01–0,04 мм. Содержание обломочной составляющей в нижней части пачки (на границе с георгиевской свитой) составляет 7–8 %. Среднее содержание кремнистого материала в породе равно 36,4 %, глинистого — 31,4 %, керогена — 6,5 % (рис. 6).

II тип пород, слагающий баженовскую свиту, представлен микститом карбонатным, глинистым, темно-серым до черного. Микротекстура — неясно-линзовидно-слоистая, микроструктура — пелитовая. В породе присутствует глинистый и кремни-



## К ЮБИЛЕЮ Е.А. КОЗЛОВСКОГО

**Таблица.** Средние содержания минеральных компонентов в основных типах пород в разрезе скв. Арчинская, %  
**Table.** The average mineral components content of the main rock types in in the Archinsky well column, %

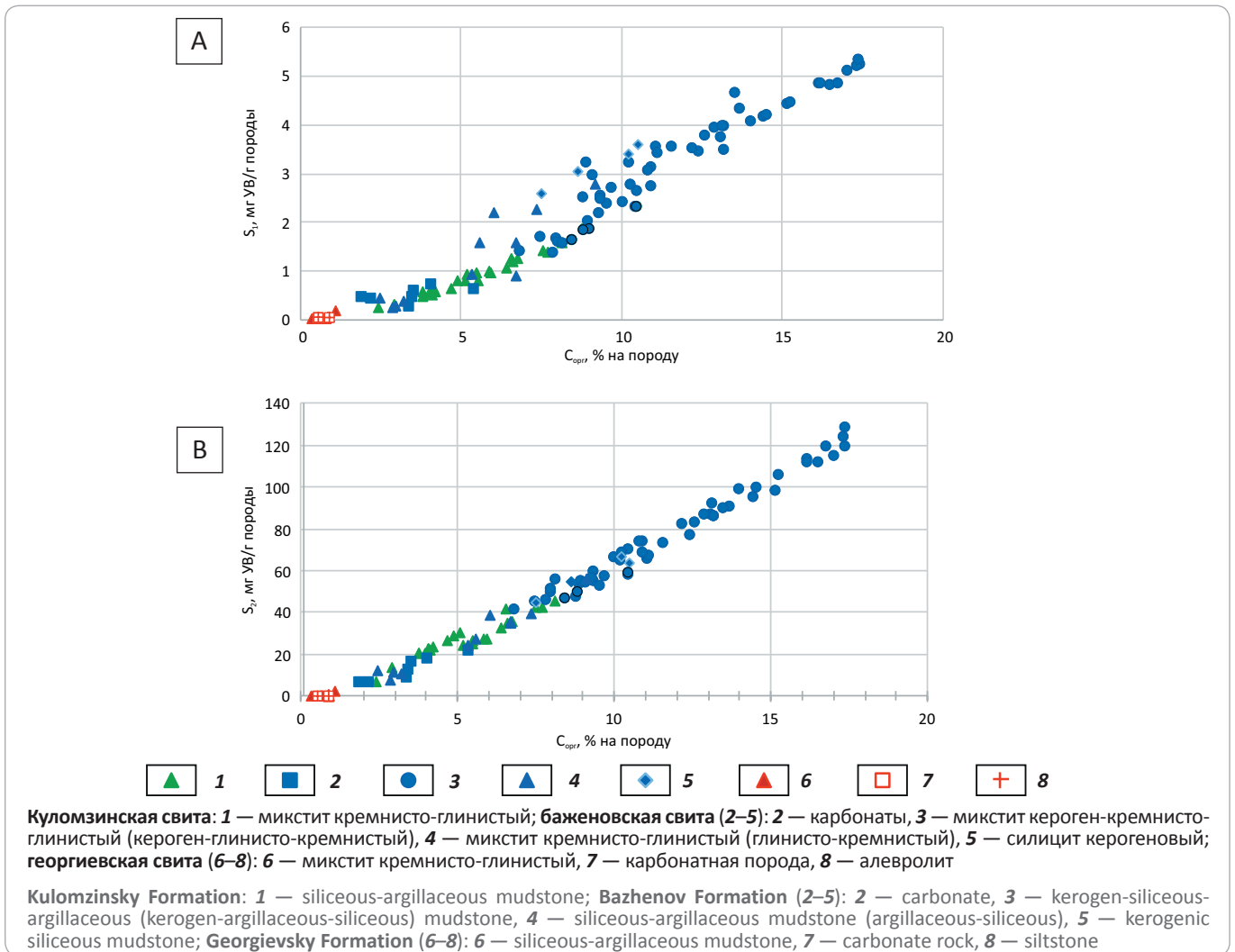
Порода	Кероген	Кремнистый материал	Глинистый материал	Пирит	Кальцит	Доломит	Степень пиритизации
Георгиевская свита							
Алевролит	0,9	45,8	22,9	14,2	0,4	0,2	0,9
Глинисто-кремнисто-карбонатная	1,0	19,8	12,7	18,7	31,8	5,8	0,8
Микстит кремнисто-глинистый	1,1	34,8	37,4	8,2	0	1,3	0,7
Баженовская свита							
Микстит кремнисто-глинистый и глинисто-кремнистый	6,5	36,4	31,4	6,3	0,6	2,9	0,7
Микстит карбонатный	4,6	14,3	12,7	3,6	30,6	26,9	0,3
Микстит кероген-глинисто-кремнистый	14,6	38,7	25,7	5,5	0,9	2,1	0,8
Силицит керогеновый	11,9	54,8	16,8	4,4	0,4	1,8	0,8
Карбонаты	3,3	7,0	7,5	2,2	34,4	33,1	0,5
Куломзинская свита							
Микстит кремнисто-глинистый	6,5	30,6	39,8	4,2	0,5	2,2	0,5

стый материал. Слоистость подчеркнута тонкими (0,01–0,02 мм) линзочками глинистого материала, в разной степени обогащенного ОВ, и тонкими линзочками керогена. Линзочки горизонтально-волнистые, распространенные по напластованию. Терригенная составляющая (1 %) представлена угловатыми и полуокатанными зернами кварца. В породе наблюдаются: фосфатные обломки скелетов рыб (1 %) удлиненной формы бурого цвета; реликты радиолярий (40–45 %) раскристаллизованные, округлой (до 0,1 мм), конусообразной (до 0,25 мм), эллипсоидной (до 0,3 мм) формы, заполненные кальцитом или доломитом, а некоторые частично пиритом или окаймлены пиритом. Радиолярии расположены в основном по напластованию. Пирит (3,6 %) в виде мелкой сыпи, стяжений округлой (до 0,02 мм) формы образует псевдоморфозы по радиоляриям. При изучении в сканирующем микроскопе образца с глубины 2634,54 м в нем отмечаются реликты кокколитофоридовых водорослей округлой и кольцеобразной формы, представленные кальцитом (см. рис. 6 С). Среднее содержание кремнистого ма-

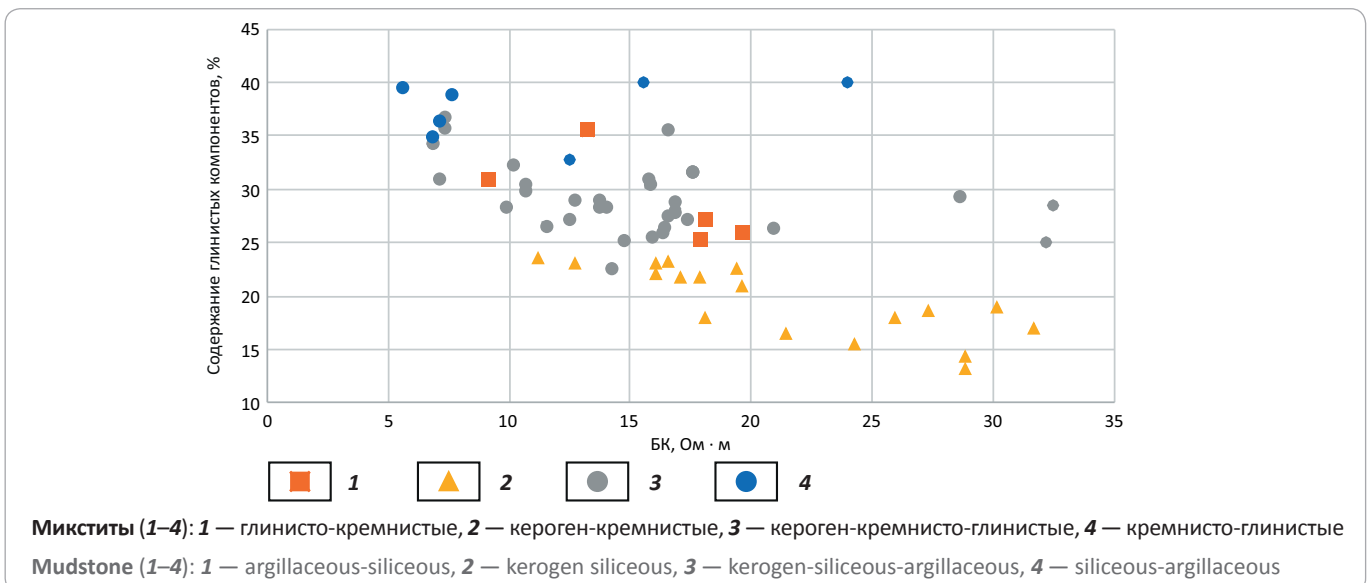
териала составляет 14,3 %, глинистого материала — 12,7 %, ОВ — 4,6 %, кальцита — 26,9 %, доломита — 30,6 % (см. таблицу).

III тип пород баженовской свиты — микститы кероген-глинисто-кремнистый и кероген-кремнистый черные трещиноватые. В породах встречаются крючки теутид длиной до 1 см и раковины двусторчатых моллюсков, которые образуют отдельные прерывистые неправильно-волнистые слойки, а в случае массовых их скоплений — участки толщиной до 5 см с частой неправильно-волнистой слоистостью. Микротекстура пород линзовидно-слоистая. Глинистый и кремнистый материал составляет основную массу пород. Слоистость подчеркнута тонкими линзочками глинистого материала, в разной степени обогащенными ОВ, и тонкими линзочками керогена. Линзочки горизонтально-волнистые, распространенные по напластованию, участками огибают обломки скелетов рыб. Обломочный материал (1–2 %) представлен угловатыми и полуокатанными зернами кварца размером 0,01–0,04 мм. В породах наблюдаются фосфатные обломки скелетов рыб удлиненной

**Рис. 4.** Зависимость пиролизических параметров  $S_1$  (А) и  $S_2$  (В) от  $C_{орг}$  в разрезе скв. Арчинская  
**Fig. 4.** Pyrolysis parameters  $S_1$  (A) and  $S_2$  (B) as a function of  $C_{орг}$  in the Archinsky well column



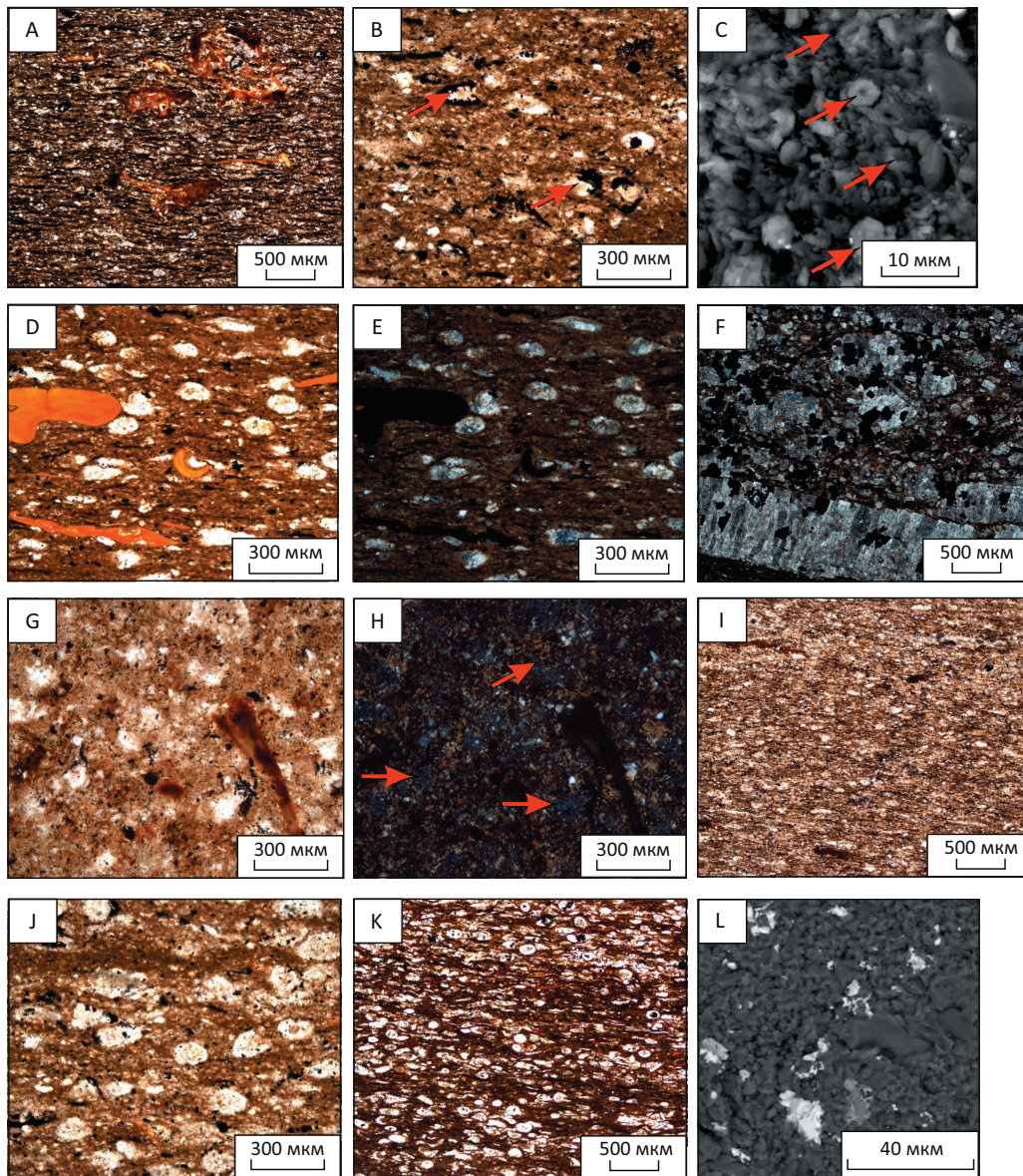
**Рис. 5.** Зависимость значений бокового каротажа от содержания глинистых компонентов в разрезе скв. Арчинская  
**Fig. 5.** Lateral log values as a function of argillaceous components content in the Archinsky well column





## К ЮБИЛЕЮ Е.А. КОЗЛОВСКОГО

**Рис. 6.** Особенности пород баженовской свиты  
**Fig. 6.** Features of the Bazhenov Fm rocks



A — микстит кремнисто-глинистый с фосфатным рыбным детритом. Глубина 2607,19 м; B — микстит глинисто-кремнистый с реликтами радиолярий, окаймленными пиритом и заполненными кремнеземом (стрелки). Глубина 2633,49 м; C — реликты кокколита (стрелки) представлены кальцитом. Глубина 2634,54 м; D — микстит кероген-кремнистый. Наблюдаются фосфатный рыбный детрит, крючки теутид и реликты радиолярий. Глубина 2630,35 м; E — реликты радиолярий овальной, конусообразной формы выполнены кальцитом. Глубина 2630,35 м, николи ×; F — микстит кероген-глинисто-кремнистый. Обломки раковин двустворок представлены кальцитом. Глубина 2629,39 м, николи ×; G — силицит керогеновый с фосфатным рыбным детритом и реликтами радиолярий. Глубина 2617,27 м; H — реликты радиолярий округлой, эллипсоидной формы заполнены кремнезёмом (стрелки). Глубина 2617,56 м, николи ×; I — силицит керогеновый линзовидно-слоистый. Слоистость подчеркнута тонкими линзочками глинистого материала, в разной степени обогащенными керогеном. Глубина 2617,56 м; J — доломит микрокристаллический с реликтами радиолярий. Глубина 2631,68 м; K — известняк микрокристаллический с радиоляриями, заполненными кальцитом. Глубина 2635,3 м; L — кристаллы барита (светлые) в известняке. Глубина 2635,3 м

A — siliceous-argillaceous mudstone with phosphatic fish detrite. Depth 2607.19 m; B — argillaceous-siliceous mudstone with radiolaria ghosts bordered by pyrite and infilled with silica (arrows). Depth 2633.49 m; C — coccolith ghosts (arrows) are composed of calcite. Depth 2634.54 m; D — kerogen-siliceous mixtite. Phosphatic fish detrite, teuthide cruses and radiolaria ghosts are observed. Depth 2630.35 m; E — radiolaria ghosts of oval, cone form are composed of calcite. Depth 2630.35 m, crossed nicols; F — kerogen-argillaceous-siliceous mudstone. Fragments of bivalva shells are composed of calcite. Depth 2629.39 m, crossed nicols; G — kerogenic silicite with phosphatic fish detrite and radiolaria ghosts. Depth 2617.27 m; H — round-shaped, ellipsoidal radiolaria ghosts are infilled with silica (arrows). Depth 2617.56 m, crossed nicols; I — kerogenic silicite lenticular-laminated. Lamination is accentuated by thin lenses of argillaceous material, which are kerogen-enriched to different extents. Depth 2617.56 m; J — microcrystalline dolomite with radiolaria ghosts. Depth 2631.68 m; K — microcrystalline limestone with radiolarias filled with calcite. Depth 2635.3 m; L — barite crystals (light coloured) in limestone. Depth 2635.3 m

формы бурого цвета, некоторые частично замещены кремнистым материалом, и реликты радиолярий (3–4 %) овальной (до 0,2 мм в длину), округлой (до 0,1 мм) формы, заполненные кремнистым материалом, некоторые — частично пиритом. Содержание реликтов радиолярий участками составляет 7–8 %. Радиолярии расположены в основном по напластованию. В нижней части пачки отмечаются прослойки с реликтами кокколитофоридовых водорослей округлой и кольцеобразной формы, представленные кальцитом (см. рис. 6). Для этих пород характерно высокое содержание керогена (14,6 %). Среднее содержание кремнистого материала составляет 38,7 %, глинистого — 25,7 % (см. таблицу).

IV тип пород — силицит-керогеновый с содержанием кремнистого материала более 50 % (среднее 54,8 %). Порода черная, с коричневым оттенком, трещиноватая. Отмечаются равномерно распределенные фосфатные обломки скелетов рыб удлиненной и изометричной формы длиной до 2,5 см и крючки теутид до 3 см. Микротекстура массивная. Порода представлена раскристаллизованными реликтами радиолярий (35–40 %), выполненных кремнистым материалом. Отмечаются пиритизированные сеточки радиолярий. Глинистый материал с примесью карбонатного заполняет пространство между реликтами радиолярий. Алевритовая составляющая (2–3 %) сложена угловатыми и полуокатанными зернами кварца размером 0,01–0,04 мм. В породе наблюдаются обломки раковин двустворок, состоящих из кальцита (см. рис. 6). Содержание глинистого материала в силицитах оценивается в 16,8 %, керогена — 11,9 %.

В микститах нижней и верхней частей разреза баженновской свиты отмечаются прослойки карбонатов толщиной от 13 до 30 см, представленные доломитом и известняком (V тип пород).

Доломит микрокристаллический, массивный, глинистый с примесью известняка. В породе наблюдаются реликты радиолярий (5–6 %) размером 0,04–0,19 мм, заполненные микрокристаллическим доломитом. Отмечается фосфатный материал костей рыб, редкие удлиненные линзочки керогена и глинистого материала, встречаются зерна барита. Известняк микрокристаллический, массивный. В породе присутствуют удлиненные фосфатные обломки скелетов рыб бурого цвета, расположенные по напластованию, и реликты радиолярий (25–30 %) раскристаллизованные, округлой (до 0,12 мм), конусообразной (до 0,3 мм), эллипсоидной (до 0,25 мм) формы, заполненные кальцитом, некоторые — частично пиритом. Радиолярии расположены в основном по напластованию. В породе также присутствует барит (см. рис. 6). Среднее содержание кремнистого материала в карбонатных породах составляет 9,5 %, глинистого материала — 9,2 %, кальцита — 33,1 %, доломита — 33 %, керогена — 3,7 % (см. таблицу). Содер-

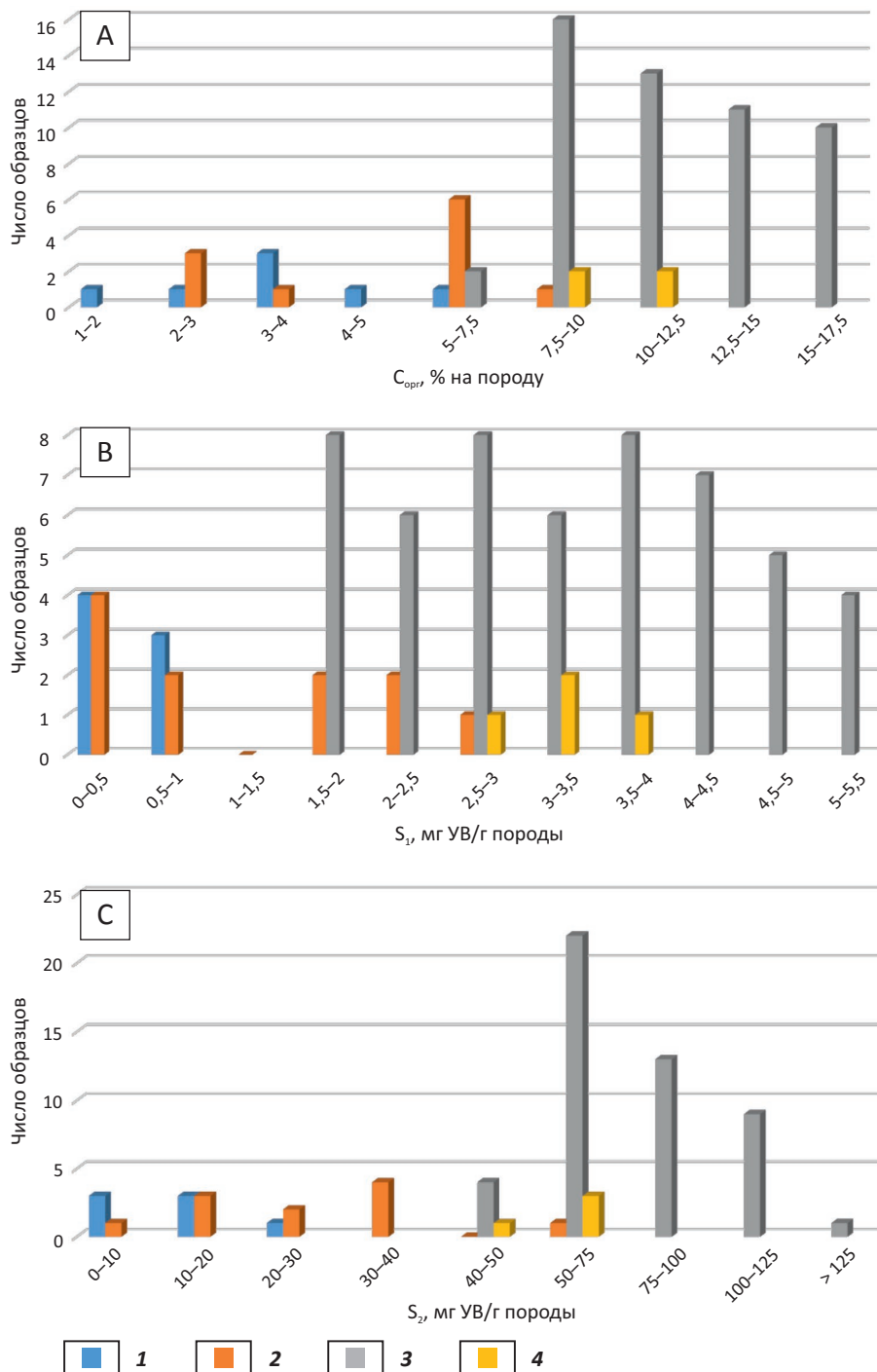
жание урана в породах баженновской свиты варьирует в пределах 6,5–27,7 г/т, тория — 1,9–6,3 г/т и калия — 0,59–1,58 %. Наибольшее содержание этих элементов в микститах кремнисто-глинистых и кероген-глинисто-кремнистых, а низкое — в карбонатах. Степень пиритизации для микситов составляет 0,7–0,8, что свидетельствует о высоковосстановительных условиях во время формирования этих пород, в карбонатах — 0,4 (умеренно восстановительные условия).

В баженновской свите ОВ находится в значительных концентрациях и является составной частью пород, что учитывалось при их классификации (см. таблицу) [12]. В микститах кероген-глинисто-кремнистых и кероген-кремнисто-глинистых отмечаются максимальные значения содержания  $C_{орг}$  (10–17 % на породу), в силицитах керогеновых — 7,5–12,5 % на породу, в большинстве образцов микситов глинисто-кремнистых (кремнисто-глинистых) — 5–7,5 % на породу и только в карбонатах —  $\leq 5$  % на породу (см. рис. 6).

Значения пиролитических параметров  $S_1$  (0,5–5 мг УВ/г породы) и  $S_2$  (7–125 мг УВ/г породы) хорошо коррелируются с содержаниями  $C_{орг}$  в породах ( $R_2 = 0,94$  и  $0,99$  соответственно) (рис. 7, см. рис. 4). Водородный индекс изменяется в среднем от 375 мг УВ/г  $C_{орг}$  в карбонатах до 624–647 мг УВ/г  $C_{орг}$  в микститах кероген-глинисто-кремнистых (кероген-кремнисто-глинистых) и силицитах. В микститах глинисто-кремнистых (кремнисто-глинистых) этот показатель в среднем равен 477 мг УВ/г  $C_{орг}$ . Все породы баженновской свиты обладают высоким нефтегенерационным потенциалом. Максимальные концентрации сгенерированных ОВ баженновской свиты битумоидов сосредоточены в кероген-глинисто-кремнистых и кремнисто-глинистых микститах (0,5–0,9 % на породу). Средние содержания аллохтонных битумоидов (т. е. битумоидов, извлеченных из открытого порового пространства) в карбонатных породах равны 0,02 %, в силицитах — 0,13 %, в микститах глинисто-кремнистых (кремнисто-глинистых) — 0,16 %, в микститах кероген-глинисто-кремнистых и кероген-кремнисто-глинистых — 0,3 % на породу. Концентрация остаточных автохтонных битумоидов, извлеченных из закрытых пор, в среднем в силицитах и в микститах кероген-глинисто-кремнистых и кероген-кремнисто-глинистых увеличилась до 0,6 % на породу, а в глинисто-кремнистых и кремнисто-глинистых практически не изменилась (0,14 %). По групповому составу аллохтонные битумоиды отличаются от остаточных автохтонных более высоким содержанием УВ (в большинстве образцов 55–75 % против 40–50 % на битумоид) и доминированием насыщенных структур над ароматическими (в среднем 1,2 против 0,9), что является результатом первичной миграции (рис. 8). Анализ генетических параметров (одномодалное с максимумом на УВ  $C_{17}$  распределение нормальных алканов, в составе сте-


**К ЮБИЛЕЮ Е.А. КОЗЛОВСКОГО**

**Рис. 7.** Частота встречаемости  $C_{org}$  (A), пиролизических параметров  $S_1$  (B) и  $S_2$  (C) в баженовской свите  
**Fig. 7.** Frequency of  $C_{org}$  (A), pyrolysis parameters  $S_1$  (B) and  $S_2$  (C) occurrence in the Bazhenov Formation



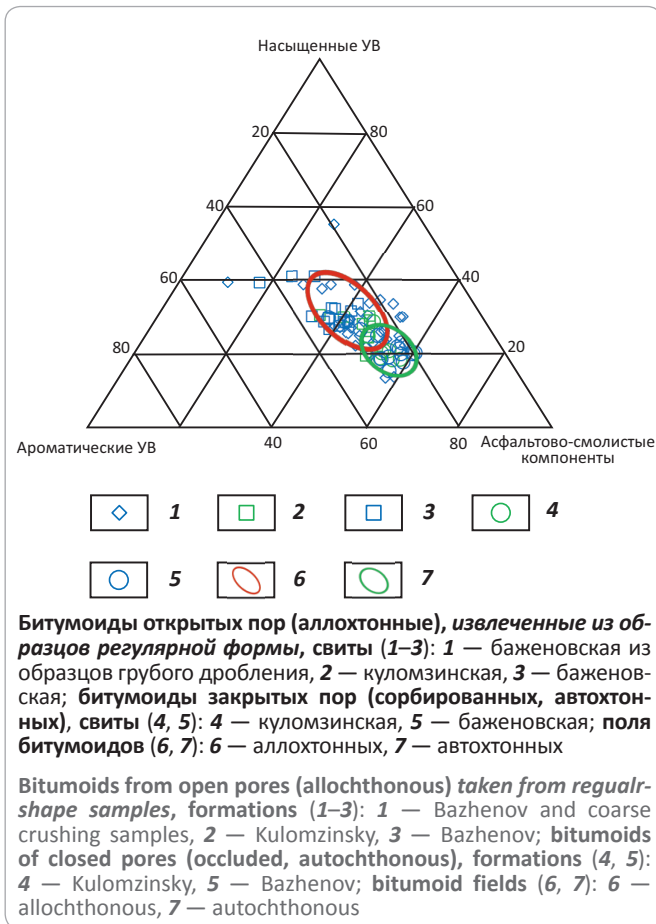
**1** — карбонаты; **микстит** (**2, 3**): **2** — кремнисто-глинистый (глинисто-кремнистый), **3** — кероген-кремнисто-глинистый (кероген-глинисто-кремнистый); **4** — силицит керогеновый

**1** — carbonates; **mudstone** (**2, 3**): **2** — siliceous-argillaceous (argillaceous-siliceous); **3** — kerogen-siliceous-argillaceous (kerogen-argillaceous-siliceous); **4** — kerogenic siliceous

ранов ( $C_{27}$ – $C_{30}$ ) доминируют холестаны ( $C_{29}/C_{27} < 1$ ), содержание трицикланов составляет 10–15 % суммы терпанов, трициклановый индекс (ТЦИ =  $2(C_{19} + C_{20}) / (C_{25} - C_{26}) \leq 0,8$ , повышенное содержание сероароматических соединений (ДБТ – 20–35 %, Ф/ДБТ – 1,5–

2)) подтверждает резко восстановительную обстановку в осадках при диагенезе и их аквагенную природу (рис. 9). Биомаркерные параметры свидетельствуют о нахождении ОВ в самом начале главной фазы нефтеобразования: коэффициент CPI = 1,0–1,2; повышен-

**Рис. 8.** Тригонограмма группового состава битумоидов, %  
**Fig. 8.** Triangular diagram of bitumoids group analysis, %



ные концентрации биостеранов; низкие значения отношения изомеров стеранов ( $C_{29}\alpha 20S/\alpha 20R \leq 0,5$  и  $C_{29}\beta\beta(20S + 20R)/\alpha 20R \leq 0,9$ ); невысокие значения отношений  $Ts/Tm < 0,7$  и  $4МДБТ/1МДБТ \leq 0,6$ ; равные концентрации S и R-изомеров гомогопанов  $C_{31}-C_{35}$ ; а также низкие значения  $T_{max} \leq 425$  °С.

Микститы кремнисто-глинистые и глинисто-кремнистые, залегающие в нижней и верхней частях свиты, характеризуются самыми низкими среди пород баженовской свиты значениями кажущегося УЭС (в среднем  $13,1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ) (см. рис. 2).

Для микститов кероген-глинисто-кремнистых и кероген-кремнисто-глинистых, составляющих наибольшую часть разреза свиты, характерны следующие средние значения на каротажных кривых: БК —  $15,9 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ , ИК —  $58,8 \text{ мСим/м}$ , ГК —  $30,5 \text{ мкР/ч}$ . Для слоев этих пород, содержащих радиолярии (2–7 %) и/или прослои двустворок, характерны большие значения кажущегося УЭС. Высокие содержания  $S_{орг}$  верхней части этих пород отражаются в постепенном увеличении значений ГК до  $50 \text{ мкР/ч}$ , связанном с концентрацией урана в породе (см. рис. 2).

Разрез куломзинской свиты в интервале 2605–2593 м представлен микститом кремнисто-глини-

стым. Микстит куломзинской свиты темно-серый до черного, трещиноватый. Микротекстура породы линзовидно-слоистая, структура пелитовая. Глинистый материал и микрозернистый кремнезем составляют основную массу породы. Слоистость подчеркнута тонкими линзочками глинистого материала, в разной степени обогащенными УВ, и линзочками керогена. Линзочки горизонтальные, волнистые, распространенные по напластованию, участками огибают обломки скелетов рыб. Обломочная составляющая (2–3 %) представлена угловатыми и полуокатанными зернами кварца размером  $0,01-0,02 \text{ мм}$ . В породе наблюдаются реликты радиолярий (2–3 %) округлой и овальной формы, заполненные пиритом и кремнеземом, фосфатные обломки скелетов рыб удлиненной формы бурого цвета, скопления раковин-двустворок, образующие тонкие прослои. Пирит распространен в виде мелкой сыпи, стяжений округлой формы (рис. 10).

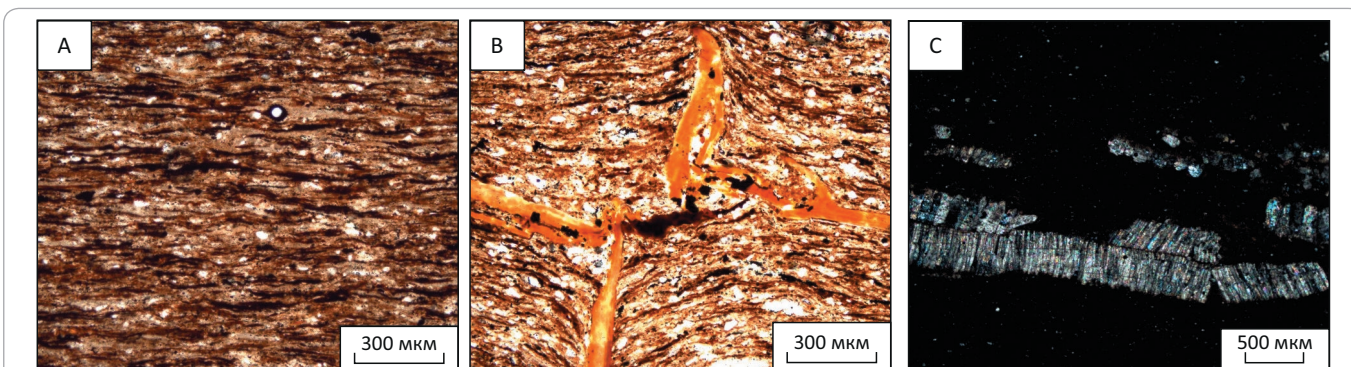
Среднее содержание глинистого материала составляет 39,8 %, кремнистого — 30,6 % (см. таблицу). Содержание урана в породах куломзинской свиты изменяется в пределах 7–19,5 г/т, тория — 5,1–8,6 г/т и калия — 1,4–2 %. Степень пиритизации составляет 0,5–0,6, что свидетельствует об умеренно восстановительных условиях формирования этих пород.

Содержание  $S_{орг}$  в куломзинской свите варьирует от 2,4 до 8,1 при среднем значении 5,3 % на породе, что характерно и для микститов глинисто-кремнистых (кремнисто-глинистых) баженовской свиты (см. рис. 4, таблицу). Значения пиролитических параметров  $S_1$  (0,3–1,6 мг УВ/г породы) и  $S_2$  (14–45 мг УВ/г породы), как и в баженовской свите, хорошо коррелируют с содержаниями  $S_{орг}$  в породах ( $R_2 = 0,98$  и  $0,92$  соответственно) (см. рис. 4, 7). Водородный индекс высокий (460–600 мг УВ/г  $S_{орг}$ ). Выход суммарного битумоида, в котором на аллохтонный приходится всего 0,01 %, уменьшается вверх по разрезу от 0,3 до 0,1 %. В групповом составе аллохтонных битумоидов доминируют УВ (50–60 %), в остаточных-автохтонных концентрации УВ и смол сопоставимы (44–53 % против 44–54 %) (см. рис. 8). Значения отношения насыщенных УВ к ароматическим близки к 1. Содержание асфальтенов не превышает 3,5 % на битумоид. Анализ биомаркерных параметров показал, что УВ куломзинской свиты, как и баженовской, аквагенное, но более низкие содержания ДБТ = 13–16 % ( $\Phi/\text{ДБТ} = 3-4$ ), более высокий коэффициент СРІ (1,2–1,4), низкие значения  $4МДБТ/1МДБТ \leq 0,5$  свидетельствуют о менее восстановительной обстановке его накопления и меньшей степени преобразованности (см. рис. 9).

Микстит кремнисто-глинистый куломзинской свиты характеризуется схожими с георгиевской свитой средними значениями на кривых БК ( $5,4 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ) и ГК ( $21,6 \text{ мкР/ч}$ ), но существенно меньшими на кривых ИК ( $166 \text{ мСим/м}$ ) (см. рис. 2).



Рис. 10. Микститы куломзинской свиты  
Fig. 10. Mudstones of Kulomzinsky Formation



А — кремнисто-глинистый линзовидно-слоистый. Слоистость подчеркнута тонкими линзочками глинистого материала, в разной степени обогащенными керогеном. Глубина 2597,75 м; В — кремнисто-глинистый линзовидно-слоистый. Участками слоики обгабают фосфатные обломки скелетов рыб. Глубина 2599,37 м; С — кремнисто-глинистый, в котором наблюдаются скопления раковин двустворок, представленных кальцитом. Глубина 2595,82 м. Николи ×

A — siliceous-argillaceous lenticular-laminated. Lamination is accentuated by thin lenses of argillaceous material, which are kerogen-enriched to different extents. Depth 2597.75 m; B — siliceous-argillaceous lenticular-laminated. Stringers sometimes round the phosphatic fragments of fish skeletal frames. Depth 2599.37 m; C — siliceous-argillaceous, where clusters of bivalva shells composed of calcite are observed. Depth 2595.82 m. Crossed nicols

### Заключение

Анализ фактического материала показал, что разрез баженовской и куломзинской свит на Арчинской площади представлен микститами кремнисто-глинистыми в нижней и верхней частях разреза, которые отличаются тем, что в нижней части баженовской свиты в микститах наблюдаются карбонатные апорадиоляриевые прослои и прослои с реликтами кокколитофорид, кальцитовыми по составу. Наибольшее содержание керогена и кремнистого материала отмечается в средней части разреза баженовской свиты, представленной микститами кероген-кремнисто-глинистыми и кероген-глинисто-кремнистыми. По минеральному составу куломзинская свита более глинистая, чем баженовская (39,8 и 25,7 %). В микститах кремнисто-глинистых георгиевской свиты наблюдается низкое содержание керогена (см. таблицу) при практически равном содержании глинистого материала в баженовской свите. Также в микститах карбонатных георгиевской свиты на Арчинской площади встречены фосфатные конкреции. Подобные конкреции отмечались ранее на Западно-Пурпейской площади (Тюменская область) [15]. Анализ степени пиритизации железа и значе-

ний отношения Ф/ДБТ показал, что во время формирования микститов кероген-глинисто-кремнистых, кероген-кремнисто-глинистых и силицитов существовали высоковосстановительные условия ( $СП > 0,8$ ,  $Ф/ДБТ = 1,5-2$ ), а микститы-кремнисто-глинистые куломзинской свиты образовались в умеренно восстановительных условиях ( $СП = 0,5$ ,  $Ф/ДБТ = 3-4$ ). По составу УВ-биомаркеров ОВ баженовской и куломзинской свит аквагенное и находится в начале главной фазы нефтеобразования, что подтверждают также изотопный состав углерода ( $\delta^{13}C$  изменяется от  $-29,8$  до  $-31,1$  ‰) и пиролитические характеристики ( $T_{max} \leq 429$  °C,  $HI = 500-700$  мг УВ/г  $C_{орг}$ ). Корреляционный анализ значений кажущегося УЭС (БК), индукционной проводимости (ИК), гамма-активности (ГК) и водородосодержания (нейтронный каротаж по тепловым нейтронам (НКТ)) пород с содержанием основных литологических компонентов показал прямую зависимость показателей БК от содержания ОВ ( $R = 0,6$ ) и обратную от ИК ( $R = 0,72$ ) и НКТ ( $R = 0,65$ ). Для выделения кровли баженовской свиты предпочтение следует отдавать каротажу ГК (более 25 мкР/ч), подошвы — БК (резкое снижение значений до 5 Ом · м).

### Литература

1. Брадучан Ю.В., Гурари Ф.Г., Захаров В.А. и др. Баженовский горизонт Западной Сибири. Стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность. — Новосибирск : Наука, 1986. — 217 с.
2. Эдер В.Г. Некоторые типы разрезов верхнеюрских баженовской и георгиевской свит Обь-Иртышского междуречья // Геология и геофизика. — 2006. — Т. 47. — № 6. — С. 746–754.
3. Эдер В.Г., Замирайлова А.Г., Занин Ю.Н., Жигульский И.А. Особенности литологического состава основных типов разрезов баженовской свиты // Геология нефти и газа. — 2015. — № 6. — С. 96–106.
4. Недоливко Н.М., Ли Ц. Литолого-петрографические особенности отложений баженовской свиты на Западно-Квензерской площади (юго-восток Нюрольской впадины, Томская область) // Научный альманах. — 2015. — Т. 8. — № 10. — С. 1212–1220. DOI: 10.17117/na.2015.08.1212.

## К ЮБИЛЕЮ Е.А. КОЗЛОВСКОГО

5. Недоливко Н.М., Ежова А.В. Литогенетические типы отложений баженовской свиты на Южно-Майском локальном поднятии по результатам изучения жерна скв. 413 (Томская область) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2015. – № 4. – С. 40–47.
6. Рыжкова С.В., Бурштейн Л.М., Ершов С.В., Казаненков В.А., Конторович А.Э., Конторович В.А., Нехаев А.Ю., Никитенко Б.Л., Фомин М.А., Шурыгин Б.Н., Бейзель А.Л., Борисов Е.В., Золотова О.В., Калинина Л.М., Пономарева Е.В. Баженовский горизонт Западной Сибири: строение, корреляция и толщины // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59. – № 7. – С. 1053–1074.
7. Рыжкова С.В., Борисов Е.В., Вакуленко Л.Г., Казаненков В.А., Калинина Л.М., Конторович А.Э., Конторович В.А., Нехаев А.Ю., Пономарева Е.В., Фомин М.А., Ян П.А. Фациально-стратиграфическое районирование васюганского и георгиевского горизонтов (Западная Сибирь) // Интерэкспо GEO-Сибирь: XIV Междунар. науч. конгр., 23–27 апреля 2018 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология»: сб. мат-лов в 6 т. Т. 1. – 2018. – С. 136–144. DOI: 10.18303/2618-981X-2018-1-136-144.
8. Розен О.М., Нистратов Ю.А. Определение минерального состава осадочных пород по химическим анализам // Советская геология. – 1984. – № 3. – С. 76–83.
9. Конторович А.Э., Бахтуров С.Ф., Башарин А.К., Беляев С.Ю., Бурштейн Л.М., Конторович А.А., Кринин В.А., Ларичев А.И., Году Л., Меленевский В.Н., Тимошина И.Д., Фрадкин Г.С., Хоменко А.В. Разновозрастные очаги нефтидообразования и нефтидонакопления на Северо-Азиатском кратоне // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40. – № 11. – С. 1676–1693.
10. Конторович А.Э., Костырева Е.А. Органическая геохимия битумоидов баженовской свиты центральных районов Западной Сибири // Черные сланцы: геология, литология, геохимия, значение для нефтегазового комплекса, перспективы использования как альтернативного углеводородного сырья : мат-лы Всероссийской научно-практической конференции (Якутск, 23–25 июля 2015 г.). – Якутск : Ахсаан, 2015. – С. 150–154.
11. Конторович А.Э., Костырева Е.А., Родякин С.В., Сотнич И.С., Ян П.А. Геохимия битумоидов баженовской свиты // Геология нефти и газа. – 2018. – № 2. – С. 79–88.
12. Конторович А.Э., Ян П.А., Замирайлова А.Г., Костырева Е.А., Эдер В.Г. Классификация пород баженовской свиты // Геология и геофизика. – 2016. – Т. 57. – № 11. – С. 2034–2043. DOI: 10.15372/GiG20161106.
13. Raiswell R., Buckley F., Berner R.A. et al. Degree of pyritization of iron as a paleoenvironmental indicator of bottom-water oxygenation // Journal of Sedimentary Research. – 1988. – Т. 58. – С. 812–819. DOI: 10.1306/212F8E72-2B24-11D7-8648000102C1865D.
14. Конторович А.Э., Меленевский В.Н., Иванова Е.Н., Фомин А.Н. Фенантрены, ароматические стераны и дибензотиофены в юрских отложениях Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна и их значение для органической геохимии // Геология и геофизика. – 2004. – Т. 45. – № 7. – С. 873–883.
15. Замирайлова А.Г., Занин Ю.Н., Гулинская Л.Г., Жегалло Е.А., Писарева Г.М., Полякова В.Г., Левчук М.А., Казарбин В.В. Фосфориты георгиевской свиты верхней юры Западно-Сибирской равнины // Геология и геофизика. – 1999. – Т. 40. – № 7. – С. 1079–1085.

## References

1. Braduchan Yu.V., Gurari F.G., Zakharov V.A. et al. Bazhenov Horizon of Western Siberia. Stratigraphy, paleogeography, ecosystem, oil bearing capacity. Novosibirsk: Nauka; 1986. 217 p.
2. Eder V.G. Some types of sections of the Upper Jurassic Bazhenov and Georgiev formations in the Ob'-Irtys interfluvium. *Russian Geology and Geophysics*. 2006;47(6):744–751.
3. Eder V.G., Zamirailova A.G., Zanin Yu.N., Zigulskii I.A. Lithological structural features of the main types of the Bazhenov Formation sections. *Geologiya nefi i gaza = Oil and gas geology*. 2016;(6):96–106.
4. Nedolivko N.M., Li C. Lithological and petrographic features of the bazhenov formation in the West-Kvenzerskaya field (the south-east of the Nyurolskaya depression, Tomsk region). *Nauchnyi al'manakh*. 2015;10(8):1212–1220. DOI: 10.17117/na.2015.08.1212.
5. Nedolivko N.M., Ezhova A.V. Lithogenetic deposit types of the Bazhenov formation in the South-Maya local high from core data acquired in the well no. 413 (Tomsk Region). *Geologiya i mineral'no-syr'evye resursy Sibiri*. 2015;(4):40–47.
6. Ryzhkova S.V., Burshtein L.M., Ershov S.V., Kazanenkov V.A., Kontorovich A.E., Kontorovich V.A., Nekhaev A.Y., Nikitenko B.L., Fomin M.A., Shurygin B.N., Beizel A.L., Borisov E.V., Zolotova O.V., Kalinina L.M., Ponomareva E.V. The Bazhenov Horizon of West Siberia: structure, correlation, and thickness. *Russian Geology and Geophysics*. 2018;59(7):1053–1074.
7. Ryzhkova S.V., Borisov E.V., Vakulenko L.G., Kazanenkov V.A., Kalinina L.M., Kontorovich A.E., Kontorovich V.A., Nekhaev A.Yu., Ponomareva E.V., Fomin M.A., Yan P.A. Facial-stratigraphic zonation of Vasyugan and Georgievka horizons (West Siberia). In: Interekspo GEO-Sibir': XIV Mezhdunar. nauch. kongr., 23–27 aprelya 2018 g., Novosibirsk : Mezhdunar. nauch. konf. «Nedropol'zovanie. Gornoe delo. Napravleniya i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh. Ekonomika. Geoekologiya»: sb. mat-lov v 6 t. Т. 1. 2018. pp. 136–144. DOI: 10.18303/2618-981X-2018-1-136-144.
8. Rozen O.M., Nistratov Yu.A. Determination of sedimentary rocks mineral composition using chemical analyses. *Sovetskaya geologiya*. 1984;(3):76–83.
9. Kontorovich A.E., Bakhturov S.F., Basharin A.K., Belyaev S.Yu., Burshtein L.M., Kontorovich A.A., Krinin V.A., Larichev A.I., Goudou L., Melenevskii V.N., Timoshina I.D., Fradkin G.S., Khomenko A.V. Heterochronous centers of naphthide formation and accumulation in the North-Asian Craton. *Geologiya i geofizika*. 1999;40(11):1676–1693.
10. Kontorovich A.E., Kostyreva E.A. Organic geochemistry of the Bazhenov bitumoids in the central regions of Western Siberia. In: Chernye slantsy: geologiya, litologiya, geokhimiya, znachenie dlya neftegazovogo kompleksa, perspektivy ispol'zovaniya kak al'ternativnogo uglevodородnogo syr'ya: mat-ly Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Yakutsk, 23–25 July, 2015). Yakutsk: Akhsaan; 2015. pp. 150–154.
11. Kontorovich A.E., Kostyreva E.A., Rodyakin S.V., Sotnich I.S., Yan P.A. Geochemistry of the Bazhenov Formation bitumoids. *Geologiya nefi i gaza = Oil and gas geology*. 2018;(2):79–88.