
ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, ЛИТОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ

УДК 552.5

ISSN 1609-0691

DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2025/2/13-21>

Поступила в редакцию: 12.05.2025

Принята к публикации: 04.06.2025

Опубликована онлайн: 30.06.2025

Литология битуминозных песчаников Ашальчинского месторождения, Южно-Татарский свод

©2025 А. И. Муллаев¹✉, Р. Х. Сунгатуллин¹,
А. Н. Мингазутдинов², Я. С. Косарев¹

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, ул. Кремлевская, д.18,
корп.1, 420008, Казань, Республика Татарстан; Российская Федерация

²Институт ТатНИПИнефть ПАО «Татнефть», ул. Советская, 186А,
423403, Альметьевск, Республика Татарстан, Российская Федерация

Аннотация

Введение: разработка битумных месторождений в песчаных толщах методом скважинного парогравитационного дренажа сопровождается непрогнозируемой циркуляцией высокотемпературных флюидов из-за сложного распределения в породах проницаемых и непроницаемых зон. Прикладной задачей является выяснение причин и особенностей внутренней неоднородности в битумных залежах на основе литолого-гранулометрических характеристик продуктивных толщ. Объектом исследования являются Уфимские (нижняя пермь) песчаники Ашальчинского месторождения битумов на территории Республики Татарстан.

Методика: данные гранулометрического анализа по битуминозным песчаникам Ашальчинского месторождения обработаны с применением методов базовой и многомерной математической статистики в программе STATISTICA 10. Для изучения пустотно-порового пространства использовались оптическая и электронная микроскопии, рентгеновская компьютерная микротомография.

Результаты и обсуждение: изученные песчаники относятся к кварцевой граувакковой группе. Кроме кварца, они содержат полевые шпаты, слюды, пироксены, амфиболы, а также обломки магматических уральских пород, которые скементированы известковистым и битумным веществом. Преобладающей фракцией песчаников является мелкозернистая (0,25-0,1 мм), которая одновременно и самая битумонасыщенная. Результаты кластерного и факторного анализа позволили выделить «битуминозную» и «гранулометрическую» группы параметров. По данным микротомографии установлено, что в песчаниках преобладают поры объемом менее 0,01 мм³.

Выводы: степень битумонасыщенности шешминских песчаников связана с их гранулометрическим составом. Содержания битумного вещества более 10 % характерны для мелкозернистых разностей с размером частиц 0,25–0,1 мм. Низкая карбонатность песчаников является одним из факторов перспективности разработки битумных залежей методом скважинного парогравитационного дренажа.

Ключевые слова: песчаники, гранулометрия, математическая статистика, битум, месторождение, Ашальчинское.

Для цитирования: Муллаев А. И., Сунгатуллин Р. Х., Мингазутдинов А. Н., Косарев Я. С. Литология битуминозных песчаников Ашальчинского месторождения, Южно-Татарский свод // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2025. № 2. С. 13–21. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2025/2/13-21>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Муллаев Алмаз Ильясович, e-mail: almazmullakaev@gmail.com

Введение

Месторождения природных битумов в пермских отложениях на востоке Восточно-Европейской платформы представляют интерес как источники нефти нетрадиционного типа. Битумосодержащие породы встречаются в пермских (сакмарский, уфимский и казанский ярусы) отложениях на западном склоне Южно-Татарского свода. К настоящему времени выявлено более 100 месторождений и проявлений природных битумов, залегающих преимущественно в шешминском горизонте уфимского яруса в виде полосы протяженностью 180 км и ширине до 30 км (рис. 1). Разработка подобных объектов в мире осуществляется разными способами (карьерный, шахтный, скважинный), а также их сочетанием. Например, карьеры для добычи природных битумов используются на месторождении Атабаска (провинция Альберта, Канада); термошахтный способ применяется на Ярегском нефтетитановом месторождении (Республика Коми). В последние годы ПАО «Татнефть» разрабатывает битумные залежи Ашальчинского месторождения на Южно-Татарском своде (см. рис. 1) методом скважинного парогравитационного дренажа SAGD – Steam Assisted Gravity Drainage [1]. Последний

метод является одним из самых эффективных способов подземной термической добычи битумов и основан на воздействии горячим водяным паром через нагнетательные скважины на битумосодержащие породы с целью понижения вязкости битумного вещества и дальнейшей возможности его подъема на поверхность с помощью насосов. Основным эксплуатируемым объектом на Ашальчинском месторождении являются битуминозные песчаники мощностью до 30 м, залегающие на глубине 80–150 м [2]. Разработка битумных месторождений скважинным методом SAGD сопряжена с непрогнозируемой циркуляцией высокотемпературных флюидов из-за сложного распределения в песчаниках проницаемых и непроницаемых зон для путей миграции битума. Поэтому важной прикладной задачей является выяснение причин и особенностей внутренней неоднородности в битумных залежах, требующее литологического и гранулометрического изучения продуктивных толщ. В настоящей статье приведены результаты статистического анализа гранулометрических данных и битумонасыщенности песчаников продуктивной толщи Ашальчинского месторождения как эталонного объекта использования метода SAGD на территории России.

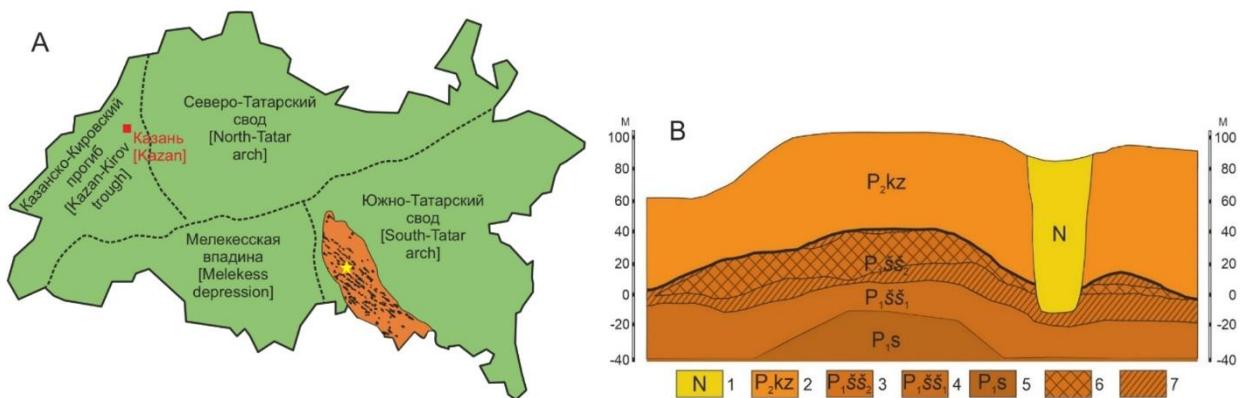


Рис. 1. Залежи уфимских битумов на территории Республики Татарстан (A) и разрез Ашальчинского месторождения (B): 1 – неогеновые отложения; 2 – терригенно-карбонатные отложения казанского яруса; 3–5 – отложения приуральского отдела: 3 – песчаная пачка шешминского горизонта; 4 – песчано-глинистая пачка шешминского горизонта; 5 – карбонаты сакмарского яруса; 6, 7 – битумонасыщенность: 6 – интенсивная (более 10 %); 7 – средняя (5–10 %). Звездочка – Ашальчинское месторождение.

[Fig. 1. Ufimian bitumen deposits on the territory of the Republic of Tatarstan (A) and section of the Ashalchinskoye deposit (B): (1) – Neogene sediments; (2) – terrigenous-carbonate sediments of the Kazanian Stage; (3–5) – sediments of the Cisuralin Series: (3) – sandy pack of the Sheshmian horizon; (4) – sandy-clay pack of the Sheshmian horizon; (5) – carbonates of the Sakmarian Stage; (6, 7) – bitumen saturation: (6) – intensive; (7) – middle. Asterisk – Ashalchinskoye deposit.]

Объект и методы исследования

Объектом настоящего исследования являются битумосодержащие песчаники шешминского горизонта уфимского яруса, вскрытые скважинами в пределах Ашальчинского месторождения на левобережье р. Шешма (см. рис. 1). Шешминский горизонт делится на нижнюю (песчано-глинистую P_{1ss1}) и верхнюю (песчаную P_{1ss2}) пачки. В последней более интенсивно проявлена битумонасыщенность. Песчаные тела, вмещающие битумные залежи, представлены параллельными грядами (возвышенностями), вытянутыми с северо-запада на юго-восток вдоль долины р. Шешма.

В работе использованы результаты гранулометри-

ческого анализа и параметра битумонасыщенности по керну скважин, пройденных с 2020 по 2023 годы на Ашальчинском и других битумных месторождениях в долине р. Шешма. Обработка результатов более 2000 анализов из песчаной (наиболее продуктивной) пачки проводилась методами математической статистики в программе STATISTICA 10. На первом этапе использована базовая статистика для определения закона распределения параметров, их средних значений, коэффициентов парной корреляции между ними и других показателей. Все изученные количественные параметры подчинены нормальному закону распределения. Затем использовались методы многомерной статистики – кластерный

и факторный анализы для получения емких гранулометрических параметров на примере песчаников Ашальчинского месторождения. С применением метода древовидной кластеризации создается возможность обнаружения классов параметров более сходных по сравнению с объектами других классов и их геологической интерпретацией. Целью факторного анализа является выражение с помощью метода главных компонент большого числа параметров через меньшее число более емких, существенных внутренних характеристик явления: факторов, нагрузок и весов.

Изучение объемного (3D) распределения минералов и пустотно-порового пространства в битуминозных песчаниках проводилось методом рентгеновской компьютерной микротомографии на приборе V|tome|X S240 (GE Phoenix X-ray) в Институте геологии и нефтегазовых технологий КФУ (оператор Е. О. Стаценко). Графические изображения результатов томографических исследований созданы с использованием программы OriginPro 70, а с помощью программы Avizo выделялись пустоты с возможностью автоматического количественного подсчета соотношения пустотного пространства и матрикса, что использовалось для подсчета объемной доли пор.

Результаты исследований и их обсуждение

Битумонасыщенные песчаники в основном мелкозернистые, реже – среднезернистые, от светло-

серых до темно-серых с зеленоватым оттенком, коричневые до черных (рис. 2А). Исследования минерального состава песчаников Ашальчинского месторождения показали, что они состоят преимущественно из кварца; остальные минералы – полевые шпаты, амфиболы, пироксены, биотит, глинистые минералы. Кроме того, встречаются кальцит, пирит, хлорит, которые связаны с эпигенетическими процессами. Микроскопическое описание шлифов выявило значительное (35–45 %) присутствие в песчаниках обломков магматических пород, которые поступили в уфимский бассейн осадконакопления с разрушающимся Урала [3, 4], а песчаники относятся в основном к кварцевой граувакковой группе [5]. Зерна минералов и обломки пород угловатые, слабоокатанные и полуокатанные с коэффициентом сортировки 1.5–1.9 [6]. Битуминозные песчаники сцементированы в разной степени. По описанию керна скважин Ашальчинского месторождения слабосцементированные песчаники и рыхлые пески тяготеют к верхним участкам продуктивной толщи, а крепкие разности преобладают в приподошвенной части, что объясняется цементацией пород ниже зоны водонефтяного контакта. Цемент в песчаниках глинистый и карбонатный с явно выраженным подчиненным значением глинистых минералов, причем вверх по разрезу глинистые минералы встречаются крайне редко или полностью исчезают [7].



Рис. 2. Шешминские песчаники: *А* – битуминозный песчаник; *Б, С* – фотографии шлифов мелко-, среднезернистых песчаников (николи параллельные).

[Fig. 2. Sheshmian sandstones: (A) – bituminous sandstone; (B, C) – photographs of thin sections of fine- and medium-grained sandstones (parallel nicols).]

Известно, что миграция битумов в основном зависит от пустот и пор в песчаниках и, в меньшей степени, их трещиноватости. Высокая пористость шешминских песчаников обусловлена сообщающимися пустотами, которые образованы за счет соприкосновения зерен только в нескольких точках. Это является благоприятным фактором для заполнения пор битумным веществом, которое обволакивает зерна кварца, полевых шпатов и обломки пород (см. рис. 2B, 2C). В песчаной пачке (P_{15-2}) с глубиной резко снижается величина открытой пористости с 25–42 % до 5–12 % [8], что приводит к уменьшению битумонасыщенности. Результаты электронной микроскопии показывают, что поры частично заполнены кальцитом, доломитом, глинистыми минералами или фрамбоидами пирита [9]. По данным компьютерной микротомографии пустотнопоровое пространство в рассматриваемых породах представлено системами сообщающихся и изолированных пор (рис. 3). При подсчете количества пор с

помощью программы Avizo установлено, что подавляющее (более 90 %) их число в битуминозных песчаниках Ашальчинского месторождения имеет объем менее 0.01 мм^3 (рис. 4).

Сравнение гранулометрического состава песчаников битумных месторождений Южно-Татарского свода позволил выявить некоторые их отличия (табл. 1). Так, для Ашальчинского месторождения характерны очень небольшое (около 0.6 %) содержание среднезернистой фракции (1.0–0.5 мм) и крайне низкая карбонатность (1.5 %). Последний параметр напрямую связан с развитием известковистого цемента, а степень битуминозности песчаников увеличивается в несцементированных (рыхлых) разностях или в породах с глинистым цементом [7]. На Ашальчинском месторождении карбонатность в 10 раз ниже относительно данного показателя для других месторождений (см. табл. 1), что может свидетельствовать о повышенных коллекторских свойствах песчаников Ашальчинского месторождения.

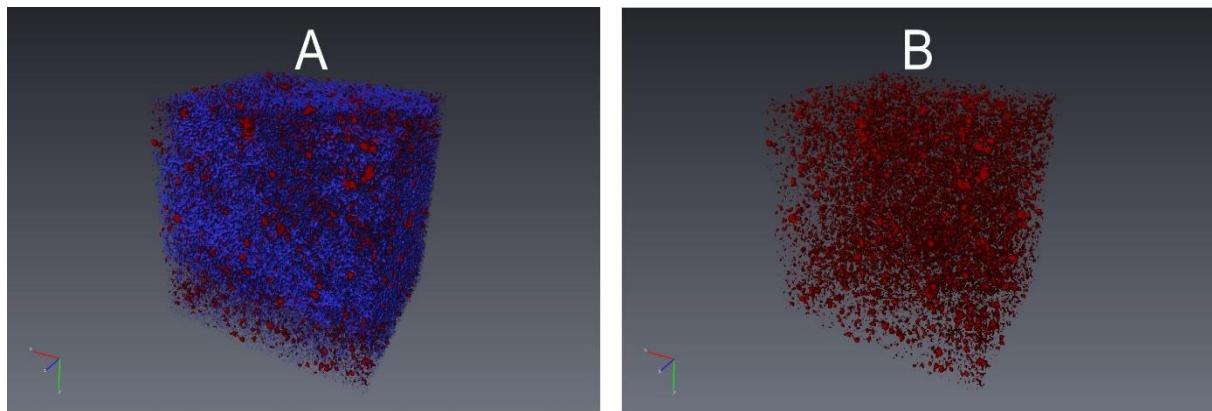


Рис. 3. Рентгено-томографические 3D изображения песчаника Ашальчинского месторождения: A – поры (красное) в минеральном матриксе (синее); B – поровое пространство.

[**Fig. 3.** X-ray tomographic 3D images of sandstone from the Ashalchinskoye deposit: A – pores (red) in the mineral matrix (blue); (B) – pore space.]

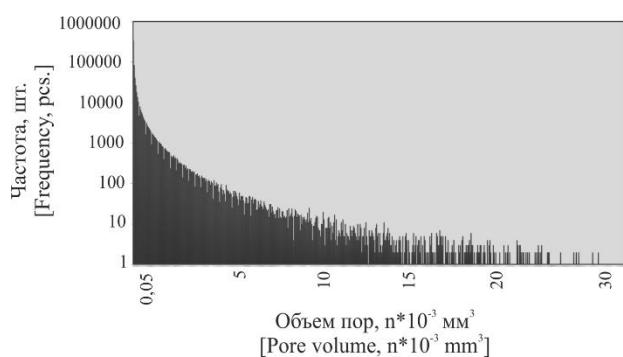


Рис. 4. Распределение объемов пор по частоте их встречаемости в песчанике Ашальчинского месторождения (по результатам рентгеновской микротомографии).

[**Fig. 4.** Distribution of pore volumes by frequency of their occurrence in sandstone of the Ashalchinskoye deposit (based on the results of X-ray microtomography).]

Битумонасыщенность продуктивной песчаной толщи Ашальчинского месторождения изменяется от 0 до 16.9 %, в среднем составляя 9.65 % (рис. 5). Это

является самым высоким показателем содержаний битума в шешминских песчаниках среди всех месторождений в бассейне р. Шешма (см. табл. 1). Высокая битумонасыщенность и низкая карбонатность песчаников предопределили выбор Ашальчинского месторождения для промышленной разработки битумных залежей методом SAGD в данном регионе.

Коэффициенты парной корреляции между гранулометрическими параметрами и битумонасыщенностью в песчаниках Ашальчинского месторождения показали положительную зависимость содержания битумного вещества и мелкозернистой фракции с размером зерен 0.25–0.1 мм (табл. 2). Анализ содержаний битума в разнозернистых песчаниках Ашальчинского месторождения также подтвердил приуроченность интенсивной (более 10 %) битумонасыщенности к мелкозернистой фракции (рис. 6). Средняя (5–10 %) битумонасыщенность практически одинакова для всех разностей, а слабая (менее 5 %) битумонасыщенность характерна для песчаников с известковистым цементом.

Табл. 1. Средний гранулометрический состав и битумонасыщенность песчаников продуктивной толщи месторождений в бассейне р. Шешма

[Table 1. Average granulometric composition and bitumen saturation of sandstones of the productive strata of deposits in the Sheshma River basin]

Месторождение (количество анализов) [Deposit (number of analyses)]	Гранулометрические параметры, % [Granulometric parameters, %]							Битумонасыщенность, вес. % [Bitumen saturation, wt. %]	
	1.0 – 0.5 мм [1.0 - 0.5 mm]	0.5 – 0.25 мм [0.5 – 0.25 mm]	0.25 – 0.1 мм [0.25 – 0.1 mm]	0.1 – 0.05 мм [0.1 – 0.05 mm]	0.05 – 0.01 мм [0.05 – 0.01 mm]	менее 0.01 мм [less than 0.01 mm]	Потери [Losses]		
Ашальчинское (441) [Ashalchinskoye (441)]	0.57	10.80	58.86	20.05	4.98	3.06	0.54	1.50	9.65
Северо-Ашальчинское (153) [Severo-Ashalchinskoye (153)]	2.26	13.55	57.97	4.89	2.72	2.94	0.09	16.52	6.73
Южно-Ашальчинское (36) [Yuzhno-Ashalchinskoye (36)]	1.98	12.02	65.00	2.57	2.15	2.76	0.03	13.78	5.87
Кармалинское (300) [Karmalinskoye (300)]	2.09	13.02	56.40	4.31	3.37	2.47	0.09	18.43	7.60
Северо-Кармалинское (107) [Severo-Karmalinskoe (107)]	6.99	25.73	42.33	4.63	2.36	2.91	0.04	15.16	2.96
Мельничное (193) [Melnichnoye (193)]	7.04	32.40	35.48	3.99	2.31	2.18	0.10	16.75	5.93
Михайловское (159) [Mikhailovskoye (159)]	6.00	28.35	38.58	4.81	2.45	3.22	0.05	16.98	3.50
Ольховско-Южно-Чумачкинское (121) [Olkhovsko-Yuzhno-Chumachkinskoe (121)]	2.50	10.04	55.69	4.93	3.48	3.15	0.09	20.41	4.35
Полянское (167) [Polyanskoye (167)]	5.41	20.22	47.48	4.02	2.61	3.33	0.06	17.15	4.30
Туйметкинское (182) [Tuymetkinskoye (182)]	2.39	10.54	55.95	6.46	2.96	4.73	0.08	17.02	1.50
Улановское (158) [Ulanovskoye (158)]	4.17	21.02	46.77	6.16	3.35	3.27	0.12	16.20	4.67
Чумачкинское (175) [Chumachkinskoye (175)]	7.73	43.19	28.12	3.97	1.75	1.71	0.06	13.69	3.90
Среднее по 12 месторождениям (2192) [Average of 12 deposits (2192)]	4.09	20.07	49.05	5.90	2.87	2.98	0.11	15.30	5.08

Табл. 2. Коэффициенты парной корреляции между гранулометрическими параметрами и битумонасыщенностью в песчаниках Ашальчинского месторождения

[Table 2. Pair correlation coefficients between granulometric parameters and bitumen saturation in sandstones of the Ashalchinskoye deposit]

Параметр [Parameter]	0.5-0.25 мм [0.5-0.25 mm]	0.25-0.1 мм [0.25-0.1 mm]	0.1-0.05 мм [0.1-0.05 mm]	0.05-0.01 мм [0.05-0.01 mm]	менее 0.01 мм [less than 0.01 mm]	Битумо- насыщенность [Bitumen saturation]
0.5-0.25 мм [0.5-0.25 mm]	1	0.23	-0.43	-0.18	0.08	0.04
0.25-0.1 мм [0.25-0.1 mm]		1	-0.93	-0.26	-0.13	0.31
0.1-0.05 мм [0.1-0.05 mm]			1	0.19	-0.01	-0.18
0.05-0.01 мм [0.05-0.01 mm]				1	0.00	-0.24
менее 0.01 мм [less than 0.01 mm]					1	-0.22
Битумонасыщенность [Bitumen saturation]						1

Примечание: выделены значимые коэффициенты парной корреляции более |0.14|.

[Note: significant pairwise correlation coefficients greater than |0.14| are highlighted.]

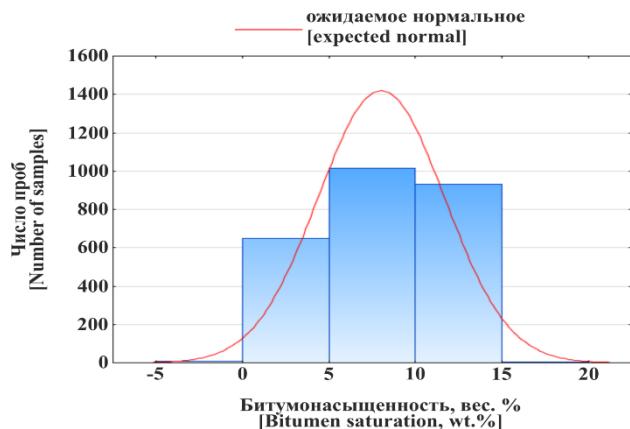


Рис. 5. Гистограмма распределения битумонасыщенности песчаников Ашальчинского месторождения. Степень битумонасыщенности: слабая – до 5 %, средняя – 5–10 %, интенсивная – более 10 %.

[Fig. 5. Histogram of bitumen saturation of sandstones of the Ashalchinskoye deposit. Types of bitumen saturation: weak – up to 5 %, average – 5–10 %, intense – more than 10 %.]

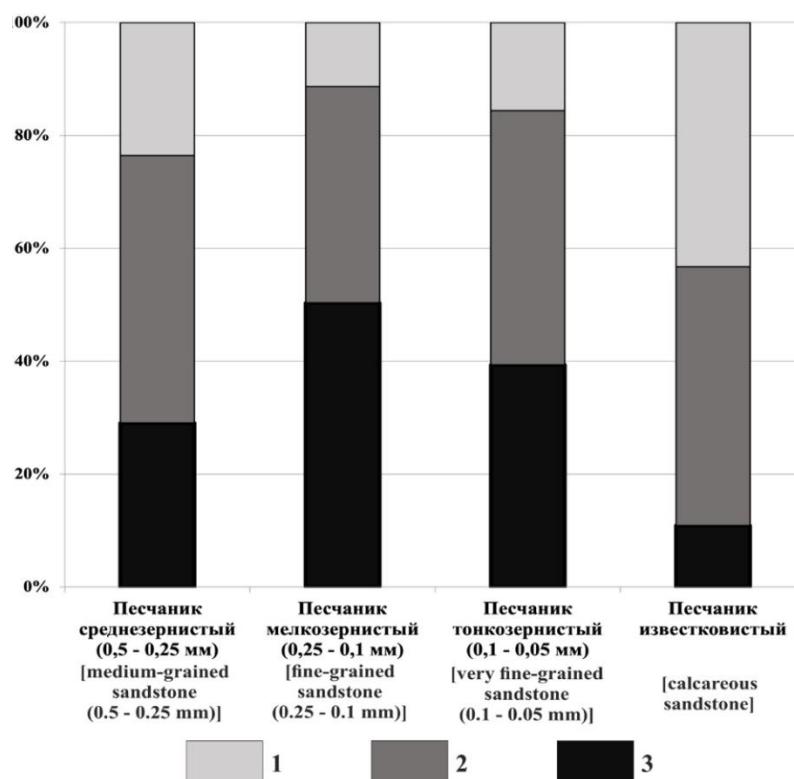


Рис. 6. Распределение степени битумонасыщенности в основных литотипах Ашальчинского месторождения. Битумонасыщенность: 1 – слабая (менее 5 %), 2 – средняя (5–10 %), 3 – интенсивная (более 10 %).

[Fig. 6. Relative distribution of bitumen saturation in the main lithotypes of the Ashalchinskoye deposit. Bitumen saturation: (1) – low (less than 5 %), (2) – medium (5–10 %), (3) – high (more than 10 %).]

Кластерный анализ результатов гранулометрических исследований песчаников Ашальчинского месторождения выявил связи между разными фракциями (рис. 7). Так, отдельный кластер «битуминозный» образуют мелкозернистые песчаники (0.25–0.1 мм) и показатель битумонасыщенности, что подтверждает их положительную корреляцию (см. табл. 2). Кластер «разнозернистый» объединяет среднезернистую (0.5–0.25 мм) и пелитовую (менее 0.01 мм) фракции, а кластер «тонкозернисто-алевритовый» – фракции с размером зерен от 0.1 до 0.01 мм.

Факторный анализ показал количественный вклад выделенных факторов в общую информацию

(табл. 3). Так, наибольший вклад (более 38 %) в гранулометрическую информацию песчаников вносит «гранулометрический» фактор. В структуре данного фактора мелкозернистая (0.25–0.1 мм) фракция противопоставляется тонкозернистой (0.1–0.05 мм) фракции. Второй фактор «битуминозный» определяется значимой факторной нагрузкой (более 0.7) показателя битумонасыщенности, которой противопоставляется пелитовая (менее 0.01 мм) фракция. В целом, полученные факторные нагрузки свидетельствуют об отсутствии связи битумонакопления с большинством из гранулометрических параметров песчаников.

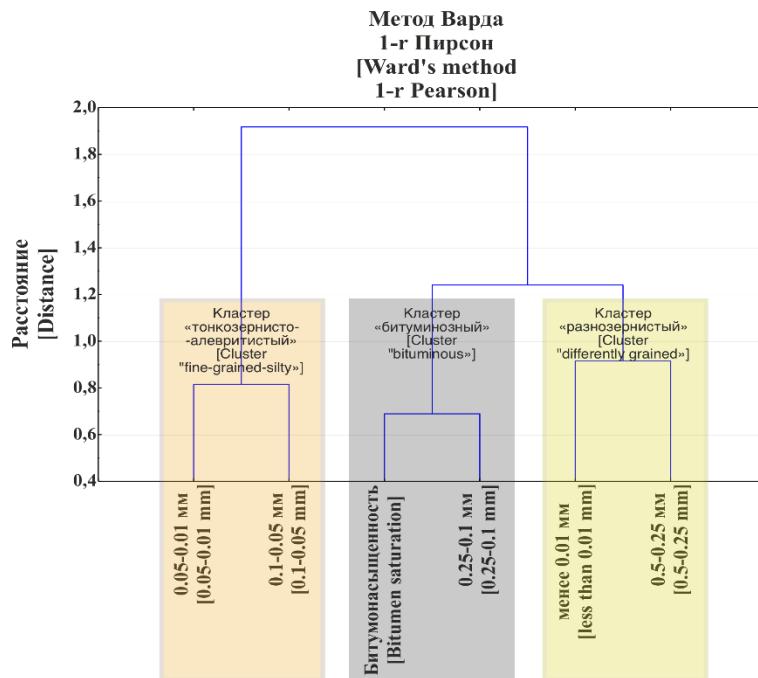


Рис. 7. Кластерная диаграмма по гранулометрическому составу и битумонасыщенности песчаников Ашальчинского месторождения.

[Fig. 7. Cluster diagram of granulometric composition and bitumen saturation of sandstones of the Ashalchinskoye deposit.]

Табл. 3. Факторные нагрузки для гранулометрических фракций и битумонасыщенности песчаников Ашальчинского месторождения

[Table 3. Factor loads for granulometric fractions and bitumen saturation of sandstones of the Ashalchinskoye deposit]

Параметр [Parameter]	Фактор 1 («гранулометрический») [Factor 1 ("granulometric")]	Фактор 2 («битуминозный») [Factor 2 ("bituminous")]
0.5–0.25 мм [0.5–0.25 mm]	0.61	-0.33
0.25–0.1 мм [0.25–0.1 mm]	0.88	0.24
0.1–0.05 мм [0.1–0.05 mm]	-0.94	0.01
0.05–0.01 мм [0.05–0.01 mm]	-0.41	-0.23
менее 0.01 мм [less than 0.01 mm]	0.05	-0.77
Битумонасыщенность [Bitumen saturation]	0.30	0.71
Вес фактора, % [Factor weight, %]	38.16	21.57

Примечание: выделены значимые факторные нагрузки более |0.70|.

[Note: significant factor loadings greater than |0.70| are highlighted.]

Заключение

На основе изучения гранулометрического состава и битумонасыщенности песчаников Ашальчинского месторождения можно сделать следующие выводы.

1. Степень битумонасыщенности шешминских песчаников связана с их гранулометрическим составом. Содержания битумного вещества более 10 % характерны для мелкозернистых разностей с размером частиц 0.25–0.1 мм.

2. По данным микротомографии установлено, что в песчаниках преобладают поры объемом менее 0.01 мм³.

3. Низкая карбонатность песчаников является одним из факторов перспективности разработки битумных залежей методом SAGD.

Таким образом, полученные результаты показали важность более детального изучения физико-механических свойств песчаников-коллекторов для уточнения мест локализации битумного вещества и совершенствования технологий его эффективного извлечения.

ЛИТЕРАТУРА

- Муслимов Р. Х., Романов Г. В., Каюкова Г. П. и др. Комплексное освоение тяжелых нефтей и природных битумов пермской системы Республики Татарстан. Казань: Фэн, 2012. 396 с.
- Хисамов Р. С., Шаргородский И. Е., Гатиятуллин Н. С. Нефтебитумонозность пермских отложений Южно-Татарского свода и Мелекесской впадины. Казань: Фэн, 2009. 431 с.
- Сементовский Ю. В. Условия образования месторождений минерального сырья в позднепермскую эпоху на востоке Русской платформы. Казань: Тат. кн. изд-во, 1973. 256 с.

4. Игнатьев В. И. Формирование Волго-Уральской антиклизы в пермский период. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1976. 256 с.
5. Шутов В. Д. Классификация песчаников // *Литология и полезные ископаемые*. 1967. № 5. С. 86–103.
6. Муллакаев А. И., Хасанов Р. Р. Признаки эолового влияния на формирование прибрежно-морских песчаных отложений в пермское время (Татарстан, Россия) // Ученые записки Казанского ун-та. Сер. Естеств. науки. 2019. Т. 161.Кн. 1. С. 128–140. DOI: 10.26907/2542-064X.2019.1.128-140
7. Хасанов Р. Р., Муллакаев А. И., Дусманов Е. Н. Состав песчаников в продуктивных горизонтах пермских битумных залежей Татарстана // Ученые записки Казанского ун-та. Сер. Естеств. науки. 2017. Т. 159.Кн. 1. С. 164–173.
8. Успенский Б. В., Валеева И. Ф. Геология месторождений природных битумов Республики Татарстан. Казань: ООО «ПФ «Гарт», 2008. 347 с.
9. Mullakaev A., Khasanov R., Bakhtin A., Galiullin B. Thin-dispersed mineral phases of bitumen-saturated deposits of Tatarstan (Russian Federation) under electronic microscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy data // *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management*. 2019. Vol. 19. I. 1.1. P. 685–690. DOI: 10.5593/sgem2019/1.1/S01.085

PALEONTOLOGY, LITHOLOGY, STRATIGRAPHY

UDC 552.5

ISSN 1609-0691

DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2025/2/13-21>
Received: 12.05.2025
Accepted: 04.06.2025
Published online: 30.06.2025

Lithology of bituminous sandstones of Ashalchinskoye deposit, South Tatar arch

©2025 A. I. Mullakaev^{1✉}, R. Kh. Sungatullin¹,
A. N. Mingazutdinov², Ya. S. Kosarev¹

¹ Kazan (Volga region) Federal University, 18 Kremlevskaya st.,
420008, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation

² Institute TatNIPIneft PJSC Tatneft, 186A Sovetskaya st.,
423403, Almeteyevsk, Republic of Tatarstan, Russian Federation

Abstract

Introduction: the development of bitumen deposits in sandy strata using the method of steam-assisted gravity drainage is accompanied by unpredictable circulation of high-temperature fluids due to the complex distribution of permeable and impermeable zones in rocks. The applied task is to determine the causes and features of internal heterogeneity in bitumen deposits based on the lithological and granulometric characteristics of productive strata. The object of the study is Ufimian (Lower Permian) sandstones of the Ashalchinskoye bitumen deposit in the Republic of Tatarstan.

Methodology: granulometric analysis data on bituminous sandstones of the Ashalchinskoye deposit were processed using methods of basic and multivariate mathematical statistics in the STATISTICA 10 software. Optical and electron microscopy and X-ray computed microtomography were used to study the hollow-pore space.

Results and discussion: the studied sandstones belong to the quartz graywacke group. In addition to quartz, they contain feldspars, micas, pyroxenes, amphiboles, as well as fragments of igneous rocks of the Ural Mountains, which are cemented by carbonate and bitumen matter. The predominant fraction of sandstones is fine-grained (0.25–0.1 mm), which is also the most bitumen-saturated. The results of cluster and factor analysis made it possible to identify “bituminous” and “lithological” groups of granulometric parameters.



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Almaz I. Mullakaev, e-mail: almazmullakaev@gmail.com

According to microtomography data, it was established that pores with a volume of less than 0.01 mm³ predominate in sandstones.

Conclusion: the degree of bitumen saturation of the Sheshmian sandstones is associated with their granulometric composition. The content of bitumen substance over 10 % is specific for fine-grained varieties with a particle size of 0.25-0.1 mm. Low carbonate content of sandstones is one of the factors in the prospects for developing bitumen deposits using the steam-assisted gravity drainage method.

Keywords: sandstones, granulometry, mathematical statistics, bitumen, deposit, Ashalchinskoye.

For citation: Mullakaev A. I., Sungatullin R. Kh., Mingazutdinov A. N., Kosarev Ya. S. Lithology of bituminous sandstones of Ashalchinskoye deposit, South Tatar arch // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Geologija – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2025, no. 2, pp. 13–21. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2025/2/13–21>

Conflict of interest: The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

REFERENCES

1. Muslimov R. H., Romanov G. V., Kayukova G. P. et al. *Kompleksnoye osvoyeniye tyazhelykh neftey i prirodnnykh bitumov permskoy sistemy Respubliki Tatarstan* [Integrated development of heavy oils and natural bitumens of the Permian system of the Republic of Tatarstan]. Kazan, Fan publ., 2012, 396 p. (In Russ.)
2. Khisamov R. S., Shargorodskii I. E., Gatiyatullin N. S. *Neftebitumonosnost' permskikh otlozhenii Yuzhno-Tatarskogo svoda i Melekesskoye vpadiny* [Oil and bitumen content of Permian deposits of the South Tatar arch and the Melekess depression]. Kazan, Fan publ., 2009, 431 p. (In Russ.)
3. Sementovsky Yu. V. *Usloviya obrazovaniya mestorozhdeniy mineral'nogo syr'ya v pozdneperm'skoy epokhu na vostoke Russkoy platformy* [Conditions of formation of mineral deposits in the Late Permian in the east of the Russian Platform]. Kazan, Tat. book publishing house publ., 1973, 256 p. (In Russ.)
4. Ignatyev V. I. *Formirovaniye Volgo-Ural'skoy anteklizy v perm'skii period*. [Formation of the Volga-Ural Anteclise in the Permian period]. Kazan, Izd-vo Kazan. un-ta publ., 1976, 256 p. (In Russ.)
5. Shutov V. D. *Klassifikatsiya peschanikov* [Classification of sandstones]. *Litologija i poleznye iskopaemye – Lithology and Mineral Resources*, 1967, no. 5, pp. 86–103 (In Russ.)
6. Mullakaev A. I., Khasanov R. R. *Priznaki eolovogo vliyaniya na formirovaniye pribrezhno-morskikh peschanykh otlozhenii v permskoye vremya* (Tatarstan, Rossiya) [Signs of the aeolian influence on the formation of coastal-marine sand deposits in the Permian (Republic of Tatarstan, Russia)]. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2019, vol. 161, no. 1, pp. 128–140. doi: 10.26907/2542-064X.2019.1.128-140 (In Russ.)
7. Khasanov R. R., Mullakaev A. I., Dusmanov E. N. *Sostav peschanikov v produktivnykh gorizontakh permskikh bitumnykh zalezhey Tatarstana* [The structure of sandstones in productive horizons of the Permian bituminous deposits of Tatarstan]. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2017, vol. 159, no. 1, pp. 164–173 (In Russ.)
8. Uspensky B. V., Valeeva I. F. *Geologiya mestorozhdeniy prirodnnykh bitumov Respubliki Tatarstan* [Geology of natural bitumen deposits of the Republic of Tatarstan]. Kazan, LLC "PF 'Gart' publ., 2008, 347 p. (In Russ.)
9. Mullakaev A., Khasanov R., Bakhtin A., Galiullin B. *Thin-dispersed mineral phases of bitumen-saturated deposits of Tatarstan (Russian Federation) under electronic microscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy data*. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management*, 2019, vol. 19, i. 1.1, pp. 685–690. DOI: 10.5593/sgem2019/1.1/S01.085

Муллаев Алмаз Ильяевич, ст. преподаватель, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Республика Татарстан, РФ; e-mail: almazmullakaev@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2338-2243>

Сунгатуллин Рафаэль Харисович, д.г.-м.н., заведующий кафедрой, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация; e-mail: Rafael.Sungatullin@kpfu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1862-2169>

Мингазутдинов Алмаз Ниязович, зав. лабораторией, институт «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть», Альметьевск, Республика Татарстан, Российская Федерация; e-mail: mingazutdinov@tatnipi.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6411-1170>

Косарев Ярослав Сергеевич, студент, Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация; e-mail: 0901r116@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4661-1706>

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Almaz I. Mullakaev, Senior Lecturer, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation; e-mail: almazmullakaev@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2338-2243>

Rafael Kh. Sungatullin, Dr. habil. in Geol.-Min., Head of Department, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation; e-mail: Rafael.Sungatullin@kpfu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1862-2169>

Almaz N. Mingazutdinov, Head of Laboratory, Institute "TatNIPIneft" PJSC "Tatneft", Almeteyevsk, Republic of Tatarstan, Russian Federation; e-mail: mingazutdinov@tatnipi.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6411-1170>

Yaroslav S. Kosarev, Student, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation; e-mail: 0901r116@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4661-1706>

All authors have read and approved the final manuscript.