

УДК 556.3 (540.4)

DOI: 10.31660/0445-0108-2024-5-46-63

Основные закономерности пространственно-временного состояния химического состава подземных вод олигоценового водоносного горизонта в Шаимском нефтегазоносном районе

Ю. О. Русакова^{1*}, А. Г. Плавник^{1,2}, М. В. Вашурина^{1,2}, Л. А. Ковяткина²,
А. Л. Храмцова², С. А. Шешуков¹

¹Западно-Сибирский филиал института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Тюмень, Россия

²Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

*julrusakova@rambler.ru

Аннотация. Постоянно растущая потребность в пресной воде в Шаимском нефтегазоносном районе обуславливает необходимость в разведке новых участков и разработке мероприятий по совершенствованию эксплуатации существующих водозаборов. Для осуществления прогноза качества подземных вод, как одного из технологических параметров эксплуатации водоносного горизонта на перспективу, требуется актуальная информация о химическом составе подземных вод.

Цель исследования — установление основных закономерностей пространственно-временного состояния химического состава подземных вод олигоценового водоносного горизонта на территории Шаимского нефтегазоносного района в сравнении со средними значениями его показателей на сопредельной территории.

Методы исследования включают систематизацию материалов лабораторных исследований проб воды, анализ данных по химическому составу подземных вод, картирование основных закономерностей пространственно-временного изменения концентраций компонентов.

Средние значения показателей химического состава подземных вод в пределах изучаемого района близки к таковым на прилегающей территории, превышение нормативов для питьевых вод отмечается по одинаковому перечню показателей, сходство проявляется также в пестроте основного состава, пространственных закономерностях изменения большинства показателей химического состава подземных вод и присутствии участков с экстремальными значениями. Актуальные сведения о химическом составе подземных вод олигоценового горизонта, значениях его основных характеристик, закономерностях пространственно-временного изменения, представленных в виде карт распределения по площади основных показателей, могут использоваться при проектировании водозаборов подземных вод и прогнозе их качества в долгосрочном периоде.

Ключевые слова: олигоценовый водоносный горизонт, химический состав подземных вод, пространственно-временное состояние, коэффициент корреляции, минерализация

Благодарности: работы выполнены при финансовой поддержке проекта Министерства науки и высшего образования РФ №FWZZ-2022-0015 в рамках НИР СО РАН.

Для цитирования: Основные закономерности пространственно-временного состояния химического состава подземных вод олигоценового водоносного горизонта в Шаимском нефтегазоносном районе / Ю. О. Русакова, А. Г. Плавник, М. В. Вашурина [и др.]. – DOI 10.31660/0445-0108-2024-5-46-63 // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2024. – № 5. – С. 46–63.

Main spatial-temporal regularities of the state of the chemical composition of groundwater of the oligocene aquifer in the Shaim oil and gas bearing area

**Yulia O. Rusakova^{1*}, Andrey G. Plavnik^{1,2}, Margarita V. Vashurina^{1,2},
Lyubov A. Kovjatkina², Anna L. Hramcova, Sergey A. Sheshukov¹**

¹*West Siberian Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of
the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia*

²*Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia*

*julrusakova@rambler.ru

Abstract. The constantly growing need for fresh water in the Shaim oil and gas region necessitates the exploration of new areas and the development of measures to improve the operation of water intakes. To predict the quality of groundwater, which is an operational parameter of the aquifer aquifer, it is needed up-to-date information on the chemical composition of ground-water. The aim of this study to identify main spatial-temporal regularities of the state of the chemical composition of groundwater of the oligocene aquifer in the Shaim oil and gas bearing area, compared to average values from adjacent areas. Research methods include the systematization of laboratory data on water samples, analysis of groundwater chemistry, and mapping of the main spatial-temporal patterns in component concentration changes. The average values of chemical composition indicators in the studied area are similar to those of neighbouring areas, with some indicators exceeding drinking water standards. Similarities are observed in the variability of the chemical composition, spatial patterns of changes in most chemical indicators, and the presence of areas with extreme values. Current data on the chemical composition of the oligocene aquifer ground-water, including key characteristics and spatial-temporal trends presented in distribution maps, can be used in designing groundwater intakes and forecasting long-term groundwater quality.

Keywords: oligocene aquifer, groundwater chemical composition, regularity, spatial and temporal state, correlation coefficient, mineralization

Acknowledgments: these studies were carried out with financial support from the project of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. FWZZ-2022-0015, within the framework of research at the SB RAS.

For citation: Rusakova, Yu. O., Plavnik, A. G., Vashurina, M. V., Kovjatkina, L. A., Hramcova, A. L. & Sheshukov, S. A. Main spatial-temporal regularities of the state of the chemical composition of groundwater of the oligocene aquifer in the Shaim oil and gas bearing area. Oil and Gas Studies, (5), pp. 46-63. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2024-5-46-63

Введение

Олигоценый водоносный горизонт в Шаимском нефтегазоносном районе (НГР), как и на всей территории Западной Сибири, является основным источником водоснабжения населения и объектов промышленности. Постоянно растущая потребность в пресной воде обуславливает необходимость разведки новых участков и разработки мероприятий по совершенствованию эксплуатации существующих водозаборов. Для осуществления прогноза качества подземных вод, как одного из технологических параметров эксплуатации водоносного горизонта на перспективу, необходима актуальная информация о химическом составе подземных вод.

На протяжении ряда десятилетий химический состав пресных подземных вод Западной Сибири выступал предметом многочисленных научных исследований, в ходе которых сложились основные знания о его характеристиках, закономерностях пространственного изменения, факторах и

условиях формирования. Данный вопрос освещен в трудах ряда исследователей-гидрогеологов [1–6], а обобщенные характеристики — в сводном труде «Гидрогеология СССР. Том XVI. Западно-Сибирская равнина» [7]. Наряду с опубликованными источниками обширная гидрохимическая информация, дающая представление об естественных характеристиках химического состава подземных вод района, приведена в материалах фондовых геологических отчетов: работы ЗапСибНИГНИ Главтюменьгеологии (Ю. К. Смоленцев, Н. И. Зенков и др., 1968) по теме «Подземные воды кайнозойских отложений Западно-Сибирского артезианского бассейна в пределах Тюменской, Томской и северных районов Новосибирской и Омской областей» и отчета ТИИ (Ю. К. Смоленцев, 1983) по теме «Отчет по региональной оценке эксплуатационных запасов подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна». Вопросы пространственно-временного изменения химического состава пресных подземных вод Западной Сибири в условиях интенсивной техногенной нагрузки посвящен ряд современных исследовательских работ [8–16].

Особенность расположения Шаимского НГР в отсутствие в его пределах крупных населенных пунктов. Пресные подземные воды используются здесь преимущественно для водоснабжения объектов нефтяной инфраструктуры и в технологическом процессе нефтедобычи — для поддержания пластового давления на отдельных кустовых площадках. В условиях отсутствия государственной сети наблюдений основным источником гидрохимической информации являются данные мониторинга подземных вод различных недропользователей. Эти сведения крайне разрозненны: места отбора проб неравномерно распределены по площади, периодичность отбора и перечень определяемых компонентов различны, так как зависят от регламентирующих, исходя из целевого назначения водоснабжения, нормативных документов; многочисленные лаборатории применяют отличающиеся методики определения одних и тех же показателей. Все перечисленное усложняет сопоставимость данных, вызывает трудность в их интерпретации. Тем не менее в современных сложившихся условиях полученные в ходе мониторинга сведения служат безальтернативным и неоспоримо ценным источником актуальной информации о химическом составе подземных вод региона.

Шаимский НГР занимает довольно небольшую территорию в западной части Западно-Сибирского мегабассейна (МБ) — 19,3 тыс. км². Учитывая тот факт, что подземные воды — это динамичная система, в которой гидрохимические процессы происходят с достаточно большой скоростью и проявление определенных закономерностей в пространственном изменении химического состава подземных вод возможно проследить только на значительно большей площади, в настоящем исследовании, наряду с гидрохимическими данными по Шаимскому НГР, используется информация по смежным территориям (Красноленинскому, Восточно-Уральскому,

Березовскому, Сергинскому, Ляминскому, Карабашскому, Уватскому, Приобскому НГР) общей площадью 115,1 тыс. км² (рис. 1).

Цель исследования — анализ основных закономерностей пространственно-временного изменения химического состава подземных вод олигоценового водоносного горизонта на территории Шаимского НГР в сравнении со средними значениями его показателей на сопредельной территории.

Актуальность исследования заключается в необходимости актуализации сведений о химическом составе подземных вод и закономерностях его пространственно-временного изменения для прогноза качества подземных вод на долгосрочный период.

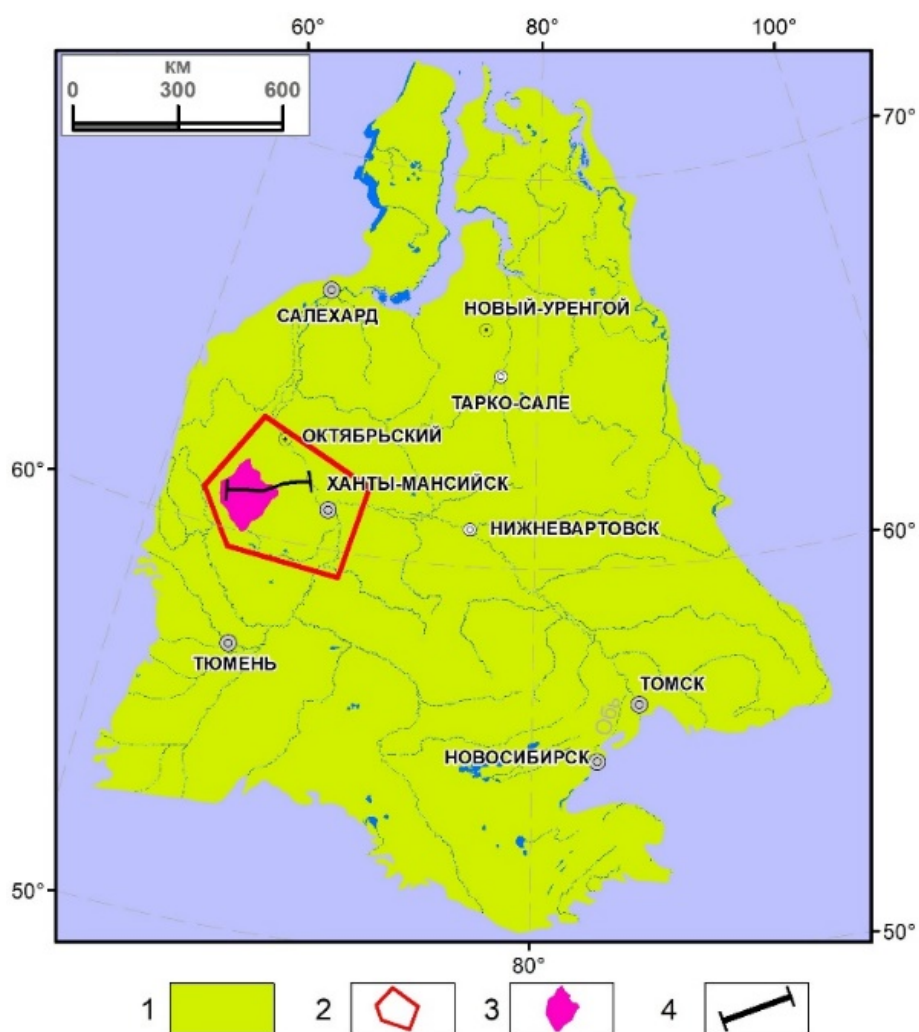


Рис. 1. **Обзорная карта:** 1 — Западно-Сибирский МБ;
2 — район исследования; 3 — Шаимский НГР;
4 — линия гидрогеологического разреза

Объект исследования

Объект исследования — олигоценый водоносный горизонт, приуроченный к отложениям стратиграфических аналогов — куртамышской и атлым-новомихайловской свитам. Горизонт представляет собой толщу чередующихся песков, алевритов и глин. В целом, верхняя часть сложена более глинистыми слабопроницаемыми отложениями, средняя и нижняя части (эффективная мощность) — мелко- и среднезернистыми глинистыми песками с прослоями алевритов и глин. Верхним водоупором горизонту служат существенно глинистые отложения туртасской свиты, а в местах ее отсутствия — осадки неоген-четвертичного возраста. Нижним регионально выдержанным водоупором, завершающим разрез зоны активного водообмена, служат глины тавдинской свиты эоцена (рис. 2). Питание подземных вод горизонта осуществляется за счет атмосферных осадков путем нисходящей фильтрации сквозь водоносный неоген-четвертичный горизонт. Разгрузка — путем восходящей фильтрации в местах глубоких эрозионных врезов и в грунтовые горизонты.

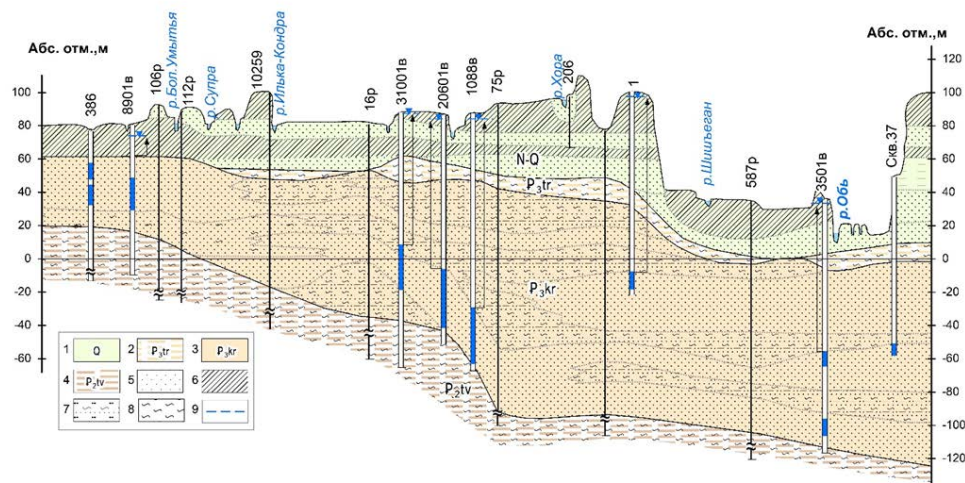


Рис. 2. Схематический гидрогеологический разрез района: 1 — водоносный неоген-четвертичный горизонт; 2 — водоупорный, локально-слабоводоносный туртасский горизонт; 3 — водоносный куртамышский горизонт; 4 — водоупорный тавдинский горизонт; 5 — пески; 6 — суглинки; 7 — переслаивание песков, глин, алевритов; 8 — глины плотные; 9 — положение уровня подземных вод; стрелкой обозначен напор над кровлей продуктивного интервала

Средние значения геологических параметров олигоценого горизонта в пределах Шаимского НГР и на сопредельной территории находятся в сопоставимых пределах, что позволяет оценивать геологические условия изучаемого объекта как однородные на всей территории исследования.

Исходные данные

Исходными для исследования являются сведения о химическом составе подземных вод олигоценового горизонта, полученные авторским коллективом в ходе прикладных работ, а также данные мониторинга подземных вод различных недропользователей за период 2013–2021 гг.

Перечень анализируемых показателей представлен водородным показателем (рН), общей жесткостью (Ж), содержанием суммы ионов натрия и калия (Na^+K^+), кальцием (Ca^{2+}), магнием (Mg^{2+}), гидрокарбонатами (HCO_3^-), хлоридами (Cl^-), сульфатами (SO_4^{2-}), общим железом (Fe), марганцем (Mn), кремнием (Si) и аммонием (NH_4^+).

Химический анализ проб, отобранных авторским коллективом в пределах района исследований, проводился в лаборатории физико-химических методов исследований ЗСФ ИНГГ СО РАН (г. Тюмень). Химико-аналитические исследования проводились с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией с ртутно-гидридной приставкой МГА-1000 РГП-915, хроматографа жидкостного ионного с кондуктометрическим детектором «Стайер», системы капиллярного электрофореза «Капель-205».

Методы исследования

Методы исследования включают систематизацию материалов лабораторных исследований проб воды, анализ химического состава подземных вод, картирование основных закономерностей его пространственно-временного изменения.

В систематизацию данных лабораторных исследований проб воды входят:

- отбраковка ошибочных определений значений показателей;
- определение значения минерализации воды (M , мг/дм^3) как суммы содержания основных ионов (Na^+K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , Cl^- и SO_4^{2-}), что обусловлено определением разными лабораториями либо минерализации, либо сухого остатка;
 - расчет эквивалентных значений (мг-экв , $\%$ -экв) основных ионов;
 - получение средних значений показателей химического состава для каждой водозаборной скважины;
 - разделение всех химических анализов на две группы по значению минерализации: первая группа — с величиной минерализации $< 1000 \text{ мг/дм}^3$ и вторая — $> 1000 \text{ мг/дм}^3$.
 - разделение анализов на группы по территории: относящихся к Шаимскому НГР и к окружающим районам;
 - генерализация средних значений по близко расположенным скважинам в участки наблюдений для построения карт распределения показателей по площади.

Для характеристики качественного химического состава используется ОСТ 41-05-263-86 «Воды подземные. Классификация по химическому составу и температуре»; для оценки пригодности воды для питьевого водоснабжения — СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; для определения типа вод — классификация О. А. Алекина [17].

Анализ закономерностей пространственного изменения показателей химического состава выполняется методом парной линейной корреляции с визуализацией закономерностей в виде карт [18].

Закономерности изменения химического состава во времени устанавливаются путем сопоставления гидрохимических карт различных временных периодов.

Результаты исследования и их обсуждение

Систематизация данных лабораторных исследований

В химическом составе подземных вод региона сумма содержания основных ионов составляет в среднем 90 % общего состава, остальные 10 % приходятся на содержание железа, кремния, аммония и марганца. Прочие компоненты химического состава находятся в следовых количествах либо в количестве ниже предельной чувствительности приборов. На основании этого, в условиях отсутствия для всех анализов сопоставимых показателей, использование суммы основных ионов как характеристики минерализации вполне допустимо.

Для пресных подземных вод олигоценового горизонта западной части Западно-Сибирского МБ характерны анализы, составляющие подавляющее большинство (1 730 анализов, в том числе 471 анализ Шаимского НГР), со значением минерализации менее 1 000 мг/дм³, которые отнесены к первой группе. Вторая группа включает единичные анализы (33 анализа, в том числе 5 анализов Шаимского НГР) с экстремальными для региона значениями — выше 1000 мг/дм³. Такие значения минерализации оцениваются нами как характеризующие условия формирования химического состава только на локальных участках. Следует отметить, в одних и тех же скважинах района в разные периоды времени получены данные химических анализов, относящиеся как к первой, так и ко второй группе.

Характеристика химического состава подземных вод

На основании средних значений показателей анализов первой группы (табл. 1) можно заключить, что характеризующие ими воды как в Шаимском НГР, так и на территории соседних районов — пресные с величиной минерализации 39–924 мг/дм³, по реакции среды — от слабощелочных до щелочных (рН 5,5–8,8 ед.), по величине общей жесткости (0,2–10,2 мг-экв/дм³) — от очень мягких до очень жестких. Вариативность всех показателей очень высокая, что очевидно обусловлено разнородно-

стью объекта изучения и возможным влиянием различий методов определения показателей в различных лабораториях.

Превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) для питьевых вод как в Шаимском НГР, так и на соседних территориях отмечается по водородному показателю, общей жесткости, содержанию аммония, кремния, общего железа и марганца, редко — по содержанию натрия.

Согласно классификации О. А. Алекина воды как в Шаимском НГР, так и в пределах смежных районов имеют весьма пестрый состав: по анионам присутствуют классы гидрокарбонатных и хлоридных вод, по преобладающим катионам — группы натриевых, кальциевых и магниевых, I, II и III типов.

Таким образом, средние значения показателей химического состава подземных вод олигоценового горизонта в пределах Шаимского НГР и окружающих районов вполне сопоставимы. Превышение нормативов для питьевых вод отмечается по единому перечню компонентов; сходство проявляется также в пестроте основного состава.

Анализы второй группы характеризуют воды в местах их отбора как в Шаимском, так и в соседних районах как солоноватые с величиной минерализации 1 085–3 572 мг/дм³, по реакции среды (5,1–7,2 ед.) от умереннокислых до нейтральных, по величине общей жесткости (3,6–9,8 мг-экв/дм³) — как умеренно и очень жесткие (табл. 2).

Таблица 1

Средние значения показателей химического состава подземных вод первой группы анализов

Показатель	Шаимский НГР				Смежные районы			
	Количество определений	Пределы значений	Среднее значение	Стандартное отклонение	Количество определений	Пределы значений	Среднее значение	Стандартное отклонение
pH	450	5,5–8,2	6,7	0,4	1061	5,9–8,8	7,1	0,5
Ж, мг-экв/дм ³	450	0,2–10,2	1,5	1,2	1203	0,3–7,0	2,7	1,5
M, мг/дм ³	347	50–653	262	125	869	39–924	356	168
Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³	351	3,6–188,4	47,4	37,1	954	1,4–478,0	44,6	46,4
Ca ²⁺ , мг/дм ³	351	1,4–63,1	16,7	10,4	1033	3,3–126,6	29,7	20,0
Mg ²⁺ , мг/дм ³	347	1,4–40,2	8,1	5,4	984	1,1–51,6	14,9	8,3
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	280	0,5–23,5	5,7	4,4	521	0,1–87,8	6,2	10,4
Cl ⁻ , мг/дм ³	406	0,8–228,4	37,7	47,2	1100	0,3–206,4	18,8	34,4
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	351	17,7–401,0	138,8	78,4	972	18,2–507,6	243,1	119,3
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	124	0,2–7,0	1,8	1,4	821	0,1–7,4	2,7	1,5
Si, мг/дм ³	86	0,9–24,3	15,0	5,7	461	1,4–28,0	15,1	4,4
Fe общее, мг/дм ³	112	2,1–17,3	9,6	3,8	947	0,2–19,5	5,4	4,1
Mn, мг/дм ³	92	0,1–1,1	0,4	0,2	679	0,01–1,1	0,3	0,2

Из перечня определяемых показателей превышение ПДК для питьевых вод отмечается по минерализации, водородному показателю, общей жесткости, содержанию хлора и натрия. Отличие в перечне превышающих ПДК показателей в относящихся к Шаимскому НГР анализах от анализов сопредельных районов отмечается по показателям рН и общей жесткости.

По классификации О. А. Алекина анализы данной группы классифицируют воды в местах их отбора в Шаимском НГР как хлоридные, на сопредельных территориях — как гидрокарбонатные и хлоридные. По преобладающим катионам все воды относятся к группе натриевых. Различие отмечается по типу: в Шаимском НГР воды относятся ко II типу, на сопредельных территориях — к I типу.

Таким образом, химический состав вод в анализах второй группы имеет специфические черты и характеризует отличные от естественных условия формирования как в Шаимском НГР, так и в соседних районах.

Таблица 2

Средние значения показателей химического состава подземных вод второй группы анализов

Показатель	Шаимский НГР				Смежные районы			
	Количество определений	Пределы значений	Среднее значение	Стандартное отклонение	Количество определений	Пределы значений	Среднее значение	Стандартное отклонение
рН	5	5,1–5,7	5,4	0,5	28	6,8–7,2	7,1	0,2
Ж, ммоль/дм ³		4,0–4,5	4,3	0,4		3,6–9,8	6,1	2,0
М, мг/дм ³		1619–1630	1625	7,5		1085–3572	1652	747
Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³		509,3–544,4	526,8	24,8		172,6–1182,2	448,7	279,8
Ca ²⁺ , мг/дм ³		56,5–61,2	58,8	3,3		48,1–136,3	88,0	29,6
Mg ²⁺ , мг/дм ³		14,5–16,7	15,6	1,6		7,3–36,5	20,5	10,4
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³		5,5–7,2	6,3	1,2		1,2–4,0	2,2	0,8
Cl ⁻ , мг/дм ³		935,8–941,6	938,7	4,1		249,9–1801,8	645,3	441,4
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³		73,2–83,3	78,3	7,1		292,8–634,4	447,8	125,6

Анализ закономерностей пространственного изменения показателей химического состава

На основании парной линейной корреляции показателей химического состава и пространственных характеристик участков наблюдений (широты и долготы) (табл. 3) как для Шаимского НГР, так и для смежных районов значимые положительные статистические связи (коэффициент корреляции 0,6 и выше) отмечаются для показателей минерализации, содержа-

ния гидрокарбонатов (составляющих основную ее долю) и аммония. Зависимость проявляется в увеличении значений показателей в направлении с запада на восток. При этом значения показателей анализов второй группы демонстрируют их несогласное положение относительно общей тенденции (рис. 3, а, б, в).

Таблица 3

Матрица корреляционных зависимостей

Показатель	Шаимский НГР		Смежные районы	
	Долгота	Широта	Долгота	Широта
pH	0,3	0,2	0,2	0,1
Ж	0,4	-0,1	0,1	0,0
М	0,7	0,2	0,7	-0,3
Na ⁺ +K ⁺	0,5	0,2	0,5	-0,4
Ca ²⁺	0,6	-0,2	0,1	0,1
Mg ²⁺	0,2	0,2	0,1	-0,1
HCO ₃ ⁻	0,7	0,0	0,7	-0,4
Cl ⁻	0,2	0,3	0,2	0,0
SO ₄ ²⁻	0,3	-0,3	-0,2	0,3
Fe	0,7	0,3	-0,3	0,3
Si	0,5	0,3	0,3	-0,3
NH ₄ ⁺	0,7	0,1	0,6	-0,3
Mn	-0,1	0,5	-0,4	0,5

Кроме того, в Шаимском НГР значимые положительные связи с долготой отмечаются для показателей содержания кальция и общего железа. Содержание кальция в Шаимском НГР, так же как в целом на территории исследования, увеличивается в направлении с запада на восток, при этом содержание кальция в анализах второй группы не согласуется с общей тенденцией. Закономерность в изменении содержания общего железа в целом по району исследования неоднозначна: в Шаимском НГР увеличение значений показателя происходит с запада на восток (рис. 3, г, д).

Помимо этого, менее выраженные положительные статистические связи (коэффициент корреляции 0,5) в Шаимском НГР, как и на сопредельной территории, отмечаются для содержания: суммы ионов натрия и калия и кремния с долготой, а также содержания марганца с широтой. Первые две зависимости проявляются в повышении значений показателей в направлении с северо-запада на юго-восток. Для содержания марганца зависимость обратная: с северо-запада на юго-восток отмечается снижение значений показателя (рис. 3, е, ж, з).

Таким образом, закономерности пространственного изменения показателей химического состава водоносного олигоценового горизонта в Шаимском НГР характерны для района исследования в целом.

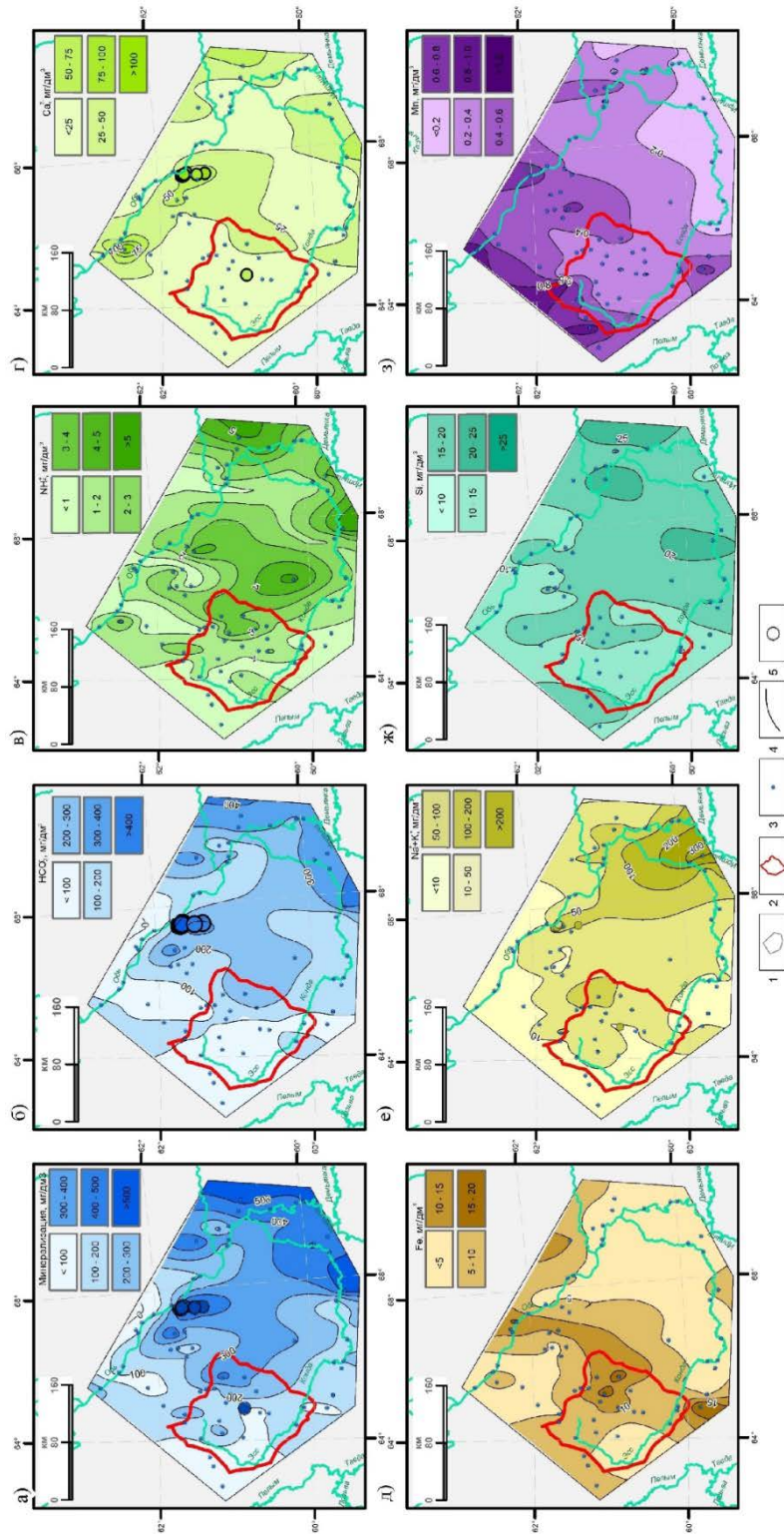


Рис. 3. Карты пространственного изменения содержания показателей химического состава подземных вод: а) минерализации, б) гидрокарбонатов, в) аммония, г) кальция, д) общего железа, е) суммы натрия и калия, ж) кремния, з) марганца. 1 — район исследования, 2 — Шаймский НГР, 3 — участок наблюдения, 4 — изолиния значения показателя, 5 — участок наблюдения с анализами второй группы

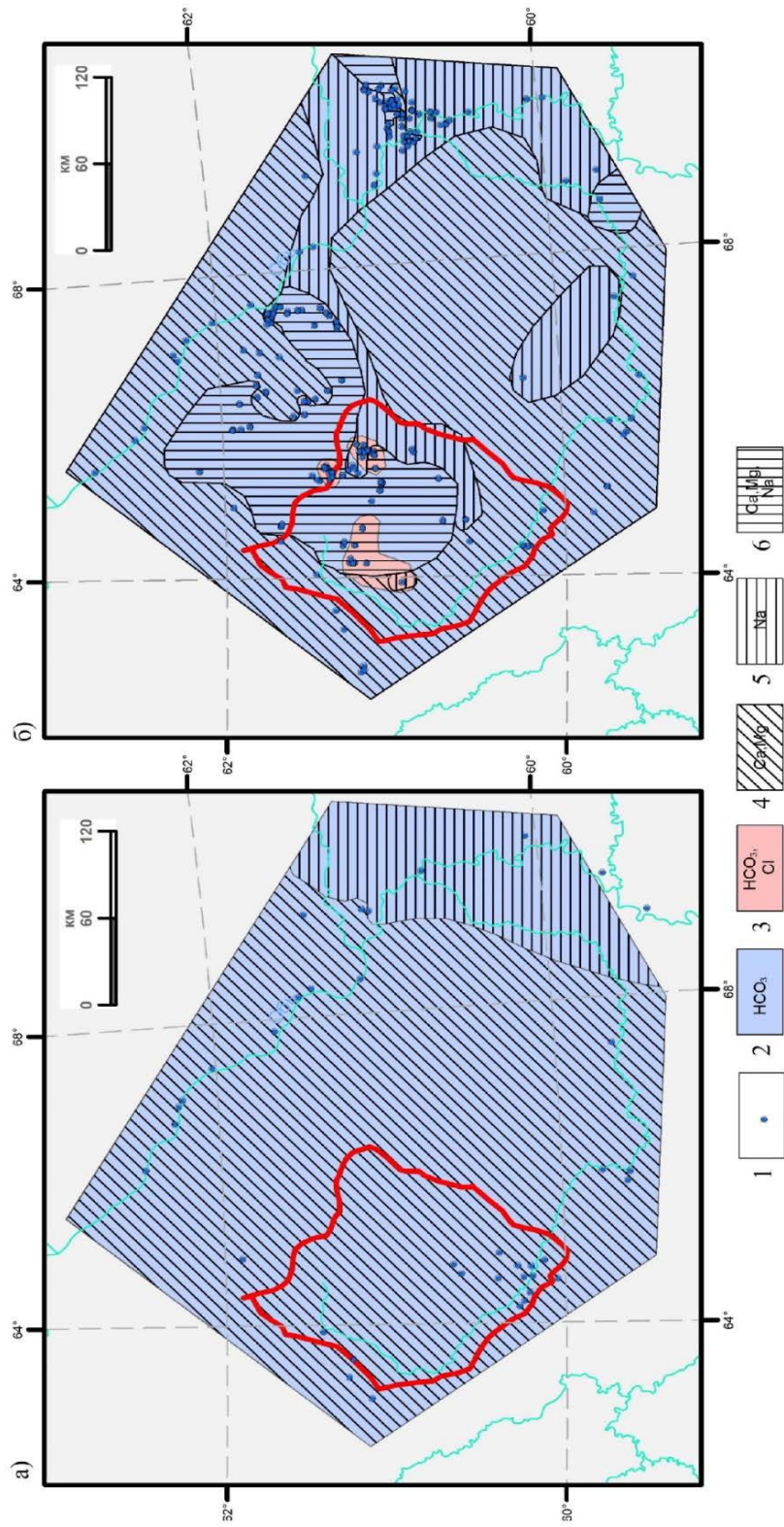


Рис. 4. Гидрохимические карты по состоянию на а) 1983 г., б) 2013–2021 гг.: 1 — участок наблюдений; 2 — гидрокарбонатный тип вод; 3 — смешанный по анионам тип вод; 4 — кальциевый и магниевый тип вод; 5 — натриевый тип вод; 6 — смешанный по катионам тип вод

Анализ закономерностей временного изменения показателей химического состава

Сравнительный анализ гидрохимической карты, построенной по имеющимся данным с картой из отчета «Отчет по региональной оценке эксплуатационных запасов подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна» (рис. 4), позволяет отметить, что как в Шаимском НГР, так и в целом по району исследования гидрохимическая зональность подземных вод за 30–38-летний период в основном сохранена: с запада на восток происходит смена основного состава воды от гидрокарбонатного кальциевого на гидрокарбонатный натриевый тип. Отличие картирования гидрохимических условий в современном периоде (в центральной и восточной частях района смешанного как по анионам, так и по катионам типа вод) обусловлено повышением детальности их изучения за счет увеличения количества участков наблюдений.

Практическая значимость результатов исследования

Актуальные сведения о химическом составе подземных вод олигоценового горизонта Шаимского НГР и сопредельных районов, расположенных в западной части Западно-Сибирского МБ, значениях его основных характеристик, закономерностях пространственно-временного изменения, представленных в виде карт распределения по площади основных показателей, могут использоваться при проектировании водозаборов подземных вод и прогнозе качества подземных вод в долгосрочном периоде.

Выводы

Изученность геологических условий олигоценового водоносного горизонта Шаимского НГР и сопредельных районов позволяет считать условия формирования химического состава подземных вод на всей площади исследования однотипными. Средние значения показателей химического состава подземных вод в Шаимском НГР и в окружающих районах близки. Превышение нормативов для питьевых вод отмечается по одинаковому перечню показателей, сходство проявляется также в пестроте основного состава.

Пространственные закономерности изменения большинства показателей химического состава подземных вод для Шаимского НГР сходны с аналогичными закономерностями для всего района исследования: с запада на восток увеличивается минерализация вод, содержание гидрокарбоната и кальция, составляющих ее основу, с севера-запада на юго-восток повышается содержание суммы ионов натрия и калия, содержание кремния и иона аммония. Общая закономерность отмечается для снижения содержания марганца с северо-запада на юго-восток. Закономерность в повышении содержания железа с запада на восток, отмеченная в Шаимском НГР в целом, по району не прослеживается и требует дальнейшего изучения.

Все сходные закономерности справедливы для естественных условий формирования химического состава. Анализы с экстремальными значениями показателей имеют специфичный химический состав как в Шаимском НГР, так и на соседних участках.

Временные изменения в химическом составе подземных вод как в Шаимском НГР, так и в целом по району исследования не отмечены. Повышение детальности изучения гидрохимического режима позволяет актуализировать картирование гидрохимических показателей.

Таким образом, химический состав подземных вод олигоценового водоносного горизонта в естественных условиях в Шаимском НГР типичен для подземных вод региона и Западно-Сибирского МБ в целом. Основные закономерности пространственного изменения его показателей определяются факторами, состав и степень влияния которых требуют отдельного рассмотрения. На основании опыта, полученного многочисленными исследователями, можно предположить, что естественный облик подземных вод региона формируется под влиянием природных факторов, обусловленных прежде всего химическим взаимодействием в системе вода — порода, а также гидродинамическими условиями водообмена. Экстремальные значения показателей химического состава определяются нарушением естественного гидрохимического режима.

Результаты данного исследования могут быть использованы при проектировании водозаборов подземных вод и прогнозе качества подземных вод в долгосрочном периоде.

Список источников

1. Шубенин, Н. Г. Гидрогеохимический режим водоносных горизонтов континентальных отложений олигоцен-четвертичного возраста юга Тюменской области / Н. Г. Шубенин, В. Б. Стульников, И. Ф. Хусаинов. – Текст : непосредственный // Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии Сибири. – 1975. – № 42. – С. 131–143.
2. Смоленцев, Ю. К. Новая провинция распространения содовых пресных подземных вод в гумидной зоне Западно-Сибирской равнины / Ю. К. Смоленцев. – Текст : непосредственный // Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии Сибири. – 1976. – № 59. – С. 44–49.
3. Смоленцев, Ю. К. Состав питьевых подземных вод Западно-Сибирского мегабассейна как биогидрогеохимический фактор эндемических заболеваний населения / Ю. К. Смоленцев. – Текст : непосредственный // Гидрогеологические и инженерно-геологические условия освоения Западной Сибири. – 1991. – С. 63–75.
4. Савичев, О. Г. Закономерности пространственных изменений химического состава подземных вод верхней гидродинамической зоны в Томской области (Западная Сибирь) / О. Г. Савичев, О. А. Камнева. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317, № 1. – С. 138–143.

5. Лепокурова, О. Е. Содовые подземные воды юга-востока Западной Сибири: определение и распространение / О. Е. Лепокурова. – Текст : непосредственный // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии : материалы Всероссийской конференции с международным участием с элементами научной школы, Томск, 23–27 ноября 2015 года / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2015. – С. 172–177.
6. Бешенцев, В. А. Повышенные концентрации железа в пресных подземных водах Западной Сибири / В. А. Бешенцев, Л. А. Ковяткина. – Текст : непосредственный // Научный Лидер. – 2021. – № 6 (8). – С. 4–6.
7. Гидрогеология СССР. Том XVI. Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области) / ВСЕГИНГЕО : под редакцией А. В. Сидоренко. – Москва : Недра, 1970. – 368 с. – Текст : непосредственный.
8. Бешенцев, В. А. Формирование техногенных гидрогеологических систем на территории Ямало-Ненецкого автономного округа / В. А. Бешенцев, А. А. Пономарев. – Текст : непосредственный // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2009. – № 2. – С. 123–135.
9. Торопов, Г. В. Особенности формирования химического состава природных вод на территории Уренгойского нефтегазодобывающего региона (на примере Уренгойского НГКМ) / Г. В. Торопов, В. А. Бешенцев. – Текст : непосредственный // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. – 2013. – № 4. – С. 115–124.
10. Храмова, А. Л. Условия формирования особенностей гидрохимического облика пресных подземных вод на автономном участке Самотлорского месторождения ХМАО — Югры / А. Л. Храмова, Ю. О. Русакова, М. В. Вашурина. – Текст : непосредственный // Нефтепромысловое дело. – 2016. – № 2. – С. 50–56.
11. Русакова, Ю. О. Прогноз сохранения благоприятного качества пресных подземных вод территории Среднеобского бассейна ХМАО — Югра (на основании обзора данных мониторинга водозаборов нефтяных месторождений) / Ю. О. Русакова, М. В. Вашурина, А. Л. Храмова. – Текст : непосредственный // Академический журнал Западной Сибири. – 2016. – Т. 12. – № 3 (64). – С. 70–73.
12. Вашурина, М. В. Химический состав пресных подземных вод в естественном и нарушенном состояниях на территории юго-западной части ХМАО — Югры // М. В. Вашурина, Ю. О. Русакова, А. Л. Храмова – DOI 10.30713/2413-5011-2018-7-44-51. – Текст : непосредственный // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2018. – № 7. – С. 44–51.
13. Вашурина, М. В. Изучение состояния пресных подземных вод в условиях интенсивного освоения Красноленинского месторождения / М. В. Вашурина, Ю. О. Русакова, А. Л. Храмова. – DOI 10.30713/2413-5011-2019-11(335)-51-59. – Текст : непосредственный // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2019. – № 11. – С. 51–59.
14. Вашурина, М. В. Химический состав пресных подземных вод в естественном и нарушенном состояниях на территории центральной части Вартовского нефтегазоносного района / М. В. Вашурина, Ю. О. Русакова, А. Л. Храмова. – DOI 10.30713/2413-5011-2020-4(340)-58-64. – Текст : непосредственный // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2020. – № 4. – С. 58–64.

15. Вашурина, М. В. Изучение состояния пресных подземных вод в условиях освоения нефтяных месторождений юго-западной части Томской области / М. В. Вашурина, Ю. О. Русакова, А. Л. Храмцова. – DOI 10.30713/2413-5011-2020-8(344)-64-73. – Текст : непосредственный // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2020. – № 8. – С. 64–73.

16. Изучение закономерностей формирования химического состава подземных вод атлым-новомихайловского водоносного горизонта в условиях разработки центральной части Самотлорского месторождения нефти методом главных компонент / М. В. Вашурина, Ю. О. Русакова, А. Л. Храмцова, Р. И. Тимшанов. – DOI 10.33285/2413-5011-2022-3(363)-66-72. – Текст : непосредственный // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2022. – № 3 (363). – С. 66–72.

17. Альтовский, М. Е. Справочник гидрогеолога / М. Е. Альтовский. – Москва : Госгеолтехиздат, 1962. – 616 с. – Текст : непосредственный.

18. Геокартирование на основе сплайн-аппроксимационного подхода : монография / А. Г. Плавник, А. Н. Сидоров, А. А. Сидоров, Е. С. Торопов. – Тюмень : ТИУ, 2021. – 189 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Shubenin, N. G., Stul'nikov, V. B., & Husainov, I. F. (1975). Hidrogeohimicheskij rezhim vodonosnyh gorizontov kontinental'nyh otlozhenij oligocenchetvertichnogo vozrasta yuga Tyumenskoj oblasti. *Voprosy gidrogeologii i inzhenernoj geologii Sibiri*, (42), pp. 131-143. (In Russian).

2. Smolencev, Yu. K. (1976). Novaya provinciya rasprostraneniya sodovyh presnyh podzemnyh vod v gumidnoj zone Zapadno-Sibirskoj ravniny. *Voprosy gidrogeologii i inzhenernoj geologii Sibiri*, (59), pp. 44-49. (In Russian).

3. Smolencev, Yu. K. (1991). Sostav pit'evyh podzemnyh vod Zapadno-Sibirskogo megabassejna kak biogidrogeohimicheskij faktor endemicheskix zabolovanij naseleniya. *Gidrogeologicheskie i inzhenerno-geologicheskie usloviya osvoeniya Zapadnoj Sibiri*, pp. 63-75. (In Russian).

4. Savichev, O. G., & Kamneva, O. A. (2010). Zakonomernosti prostranstvennyh izmenenij himicheskogo sostava podzemnyh vod verhnej gidrodinamicheskoj zony v Tomskoj oblasti (Zapadnaya Sibir'). *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*, 317(1), pp.138-143. (In Russian).

5. Lepokurova, O. E. (2015). Sodovye podzemnye vody yuga-vostoka Zapadnoj Sibiri: opredelenie i rasprostranenie. *Sovremennye problemy gidrogeologii, inzhenernoj geologii i gidrogeoeologii Evrazii: Materialy Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem s elementami nauchnoj shkoly, Tomsk, 23-27 noyabrya 2015 goda. Nacional'nyj issledovatel'skij Tomskij politekhnicheskij universitet*, pp. 172-177. (In Russian).

6. Beshencev, V. A., & Kovyatkina, L. A. (2021). Povyshennye koncentracii zheleza v presnyh podzemnyh vodah Zapadnoj Sibiri. *Scientific leader*, 6(8), pp. 4-6. (In Russian).

7. Sidorenko, A. V. (1970). *Gidrogeologiya SSSR. Tom XVI. Zapadno-Sibirskaya ravnina (Tyumenskaya, Omskaya, Novosibirskaya i Tomskaya oblasti)*. Moscow, Nedra Publ., 368 p. (In Russian).

8. Beshencev, V. A., & Ponomarev, A. A. (2009). Formirovanie tekhnogen-nyh gidrogeologicheskikh sistem na territorii Yamalo-Neneckogo avtonomnogo okruga. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*, (2), pp. 123-135. (In Russian).
9. Toropov, G. V., & Beshencev, V. A. (2013). Features of formation of the chemical composition of natural water in the Urengoy oil and gas production area (the case of the Urengoy oil and gas condensate field). *Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology*, (4), pp. 115-124. (In Russian).
10. Hramcova, A. L., Rusakova, Yu. O., & Vashurina, M. V. (2016). Conditions of formation of some specific features of hydrochemical image of fresh underground water at Samotlor field separate site of Khanty-Mansi autonomous territory. *Oilfield engineering*, (2), pp. 50-56. (In Russian).
11. Rusakova, Yu. O., Vashurina, M. V., & Hramcova, A. L. (2016). Prognoz sohraneniya blagopriyatnogo kachestva presnyh podzemnyh vod territorii Sredneobskogo bassejna HMAO - Yugra (na osnovanii obzora dannyh monitoringa vodozab-
orov neftyanyh mestorozhdenij). *Akademicheskij zhurnal Zapadnoj Sibiri*, 12(3(64)), pp. 70-73. (In Russian).
12. Vashurina, M. V., Rusakova, Yu. O., & Khramtsova, A. L. (2018). Chemical composition of fresh groundwater in natural and disturbed conditions in the south-western area of Khmao - Yugra region. *Geology, geophysics and development of oil and gas fields*, (7), pp. 44-51. (In Russian). DOI: 10.30713/2413-5011-2018-7-44-51
13. Vashurina, M. V., Rusakova, Yu. O., & Khramtsova, A. L. (2019). The study of fresh groundwater state in conditions of intensive development of the Krasno-leninskoe field. *Geology, geophysics and development of oil and gas fields*, (11), pp. 51-59. (In Russian). DOI: 10.30713/2413-5011-2019-11(335)-51-59
14. Vashurina, M. V., Rusakova, Yu. O., & Khramtsova, A. L. (2020). Chemical composition of fresh underground waters in natural and disturbed conditions in the territory of the central part of the Vartovsky oil and gas-bearing area. *Geology, geophysics and development of oil and gas fields*, (4), pp. 58-64. (In Russian). – DOI: 10.30713/2413-5011-2020-4(340)-58-64
15. Vashurina, M. V., Rusakova, Yu. O., & Khramtsova, A. L. (2020). Studying of the state of fresh underground waters under conditions of oil deposits development in the south-western part of the Tomsk region. *Geology, geophysics and development of oil and gas fields*, (8), pp. 64-73. (In Russian). – DOI: 10.30713/2413-5011-2020-8(344)-64-73
16. Vashurina, M. V., Rusakova, Y. O., Khramtsova, A. L., & Timshanov, R. I. (2022). The study of regularities of formation of the groundwater chemical composition of Atlym-Novomikhailovskiy horizon in conditions of the central part development of the Samotlor oil field by the method of principal components. *Geology, geophysics and development of oil and gas fields*, 3(363), pp. 66-72. (In Russian). DOI: 10.33285/2413-5011-2022-3(363)-66-72
17. Al'tovskij, M. E. (1962). *Spravochnik gidrogeologa*. Moscow, Gosgeoltekhizdat Publ., 616 p. (In Russian).
18. Plavnik, A. G., Sidorov, A. N., Sidorov, A. A., & Toropov, E. S. (2021). *Geokartirovanie na osnove splayn-
approximatsionnogo podkhoda*. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., 189 p. (In Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Русакова Юлия Олеговна, младший научный сотрудник, Западно-Сибирский филиал института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Тюмень, julrusakova@rambler.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1258-4598>

Yulia O. Rusakova, Junior Researcher of the West Siberian Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Tyumen, julrusakova@rambler.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1258-4598>

Плавник Андрей Гариевич, доктор технических наук, профессор, директор, Западно-Сибирский филиал института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Тюмень

Andrey G. Plavnik, Doctor of Engineering, Professor, Director of the West Siberian Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen

Вашурина Маргарита Владимировна, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, Западно-Сибирский филиал института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Тюмень

Margarita V. Vashurina, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Senior Researcher of the West Siberian Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen

Ковяткина Любовь Андреевна, старший преподаватель, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Lyubov A. Kovjatkina, Senior Lecturer, Industrial University of Tyumen

Храмцова Анна Леонидовна, инженер, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Anna L. Hramcova, Engineer, Industrial University of Tyumen

Шешуков Сергей Александрович, младший научный сотрудник, Западно-Сибирский филиал института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Тюмень

Sergey A. Sheshukov, Junior Researcher of the West Siberian Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen

Статья поступила в редакцию 09.04.2024; одобрена после рецензирования 27.05.2024; принята к публикации 14.06.2024.

The article was submitted 09.04.2024; approved after reviewing 27.05.2024; accepted for publication 14.06.2024.