УДК 556.535.8 (470.322) *ISSN 1609-0683*
DOI: https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2026/2/154-159

Оценка экологического состояния водоносных комплексов, используемых для питьевого водопользования на территории Липецкой области

Т. И. Прожорина✉, А. С. Боева, П. А. Суханов, П. М. Виноградов

Воронежский государственный университет, Российская Федерация (394018, г. Воронеж, Университетская пл., 1)

Аннотация. *Целью* работы является оценка экологического состояния водоносных комплексов и горизонтов, используемых для хозяйственно-питьевых целей на территории Липецкой области по санитарно-химическим показателям качества подземных вод.

Материалы и методы. В качестве мониторинговых точек контроля выбраны 63 населенных пункта в пределах 18 муниципальных районов Липецкой области. С апреля 2025 по 1-е полугодие 2026 г. в ходе полевых исследований отобрано 119 проб воды из децентрализованных источников, в том числе из скважин (39 проб), родников (21 проба), колодцев (12 проб) и колонок (47 проб). Химический анализ проводился по 6 приоритетным загрязнителям липецких вод (жёсткость, железо, марганец, бор, аммиачный и нитратный азот) с применением классических и инструментальных методов анализа.

Результаты. Подземные воды всех водоносных комплексов относятся к категории «*жесткие*» и «*очень жесткие*». Содержание *железа*, находится в пределах нормы за исключением неоген-четвертичного комплекса на территории Усманского (1,1 мг/л) и верхнедевонского комплекса в пределах Краснинского (1,22 мг/л) районов. В подземных водах верхнедевонского комплекса (задонско-елецкий и евлановско-ливенский горизонты) на территории Задонского, Хлевенского и Тербунского районов зафиксировано содержание *бора*, превышающее нормативы в 1,02 -1,44 раза, а также *аммонийного азота* в Тербунском и Долгоруковском районах выше допустимого уровня в 1,12-1,14 раза.

Выводы. Результаты оценки экологического состояния водоносных горизонтов, эксплуатируемых для децентрализованного водоснабжения Липецкой области, в целом подтверждают соответствие качества воды санитарно-химическим нормативам безопасности. Однако, в отдельных пробах фиксируются превышения предельно допустимых концентраций по ряду приоритетных загрязняющих веществ, что требует интенсификации мониторинговых наблюдений за состоянием децентрализованных источников.

Ключевые слова: децентрализованные источники, водоносные комплексы и горизонты, химический анализ, приоритетные показатели, качество воды, административные территории Липецкой области.

Источник финансирования: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-17-00219, https://rscf.ru/project/25-17-00219/.

Для цитирования: Прожорина Т. И., Боева А. С., Суханов П. А., Виноградов П. М. Оценка экологического состояния водоносных комплексов, используемых для питьевого водопользования на территории Липецкой области // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология,* 2026, № 2, с. 154-159. DOI: https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2026/2/154-159

ВВЕДЕНИЕ

Россия располагает значительной минерально-сырьевой базой питьевых подземных вод, на ее долю приходится около 8,5% мировых водных ресурсов пресных вод. Несмотря на мировое лидерство по размерам водно-ресурсного потенциала, во многих районах страны особенно остро стоит проблема обеспечения подземными водами нормативного качества [1].

Интенсивная антропогенная деятельность на территории крупных агропромышленных регионов приводит к загрязнению водоносных горизонтов тяжелыми металлами, соединениями азота, солями жесткости и другими примесями, резко снижающими показатели качества подземных вод и безопасность питьевого водопользования.

На территории Липецкой области, характеризующейся развитым индустриально-аграрным комплексом, сохраняются проблемы обеспечения населения питьевой водой нормативного качества. Данный вывод подтверждается материалами региональных геоэкологических исследований, представленными в работах А. А. Валяльщикова, И. П. Кремневой, Н. В. Ткаченко, И.И. Косиновой и других авторов [2, 3, 5, 6].

Основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения региона служат подземные воды, приуроченные преимущественно к двум основным водоносным

© Прожорина Т. И., Боева А. С., Суханов П. А., Виноградов П. М., 2026
✉ Прожорина Татьяна Ивановна, e-mail: coriandre@rambler.ru
Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

комплексам: неоген-четвертичному и верхнедевонскому. В разрезе последнего выделяются лебедянско-данковский (верхнефаменский), задонско-елецкий и евлановско-ливенский горизонты. Дополнительную, менее значимую роль в общем балансе питьевых подземных вод играет нижнекаменноугольный водоносный комплекс.

Согласно данным фондовых материалов ФГБУ «Гидроспецгеология», качественный состав вод указанных комплексов неоднороден. Для вод неоген-четвертичного комплекса характерны повышенные концентрации железа, марганца, бора, а также загрязнение нитратами. Воды верхнедевонского комплекса, помимо присутствия аналогичных загрязняющих компонентов, отличаются повышенной жесткостью.

Для контроля степени загрязнения водоносных комплексов и повышения безопасности питьевого водопользования для населения, необходимы комплексные гидрохимические исследования, ориентированные на дальнейшее развитие системы мониторинга подземных вод в пределах их интенсивного использования, что обусловливает актуальность исследований.

Цель работы заключается в оценке экологического состояния водоносных комплексов и горизонтов, используемых для хозяйственно-питьевых целей на территории Липецкой области по санитарно-химическим показателям качества подземных вод.

Научной задачей исследования является оценка качества подземных вод первых от поверхности эксплуатируемых водоносных горизонтов и комплексов для питьевого водопользования в пределах Липецкого региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках мониторинга было обследовано 63 административно-территориальные единицы, расположенные в границах 18 муниципальных районов Липецкой области. География исследований включила два города областного подчинения (Липецк и Елец), шесть городов районного подчинения (Грязи, Данков, Задонск, Лебедянь, Усмань, Чаплыгин), а также сельские населенные пункты (села, поселки, хутора, деревни), пространственное размещение которых отображено на рисунке. Критерием при выборе пунктов пробоотбора выступила необходимость обеспечения репрезентативности данных для характеристики ситуации в целом по региону с учетом особенностей расселения, что в итоге позволяет получить достоверную картину водопользования.

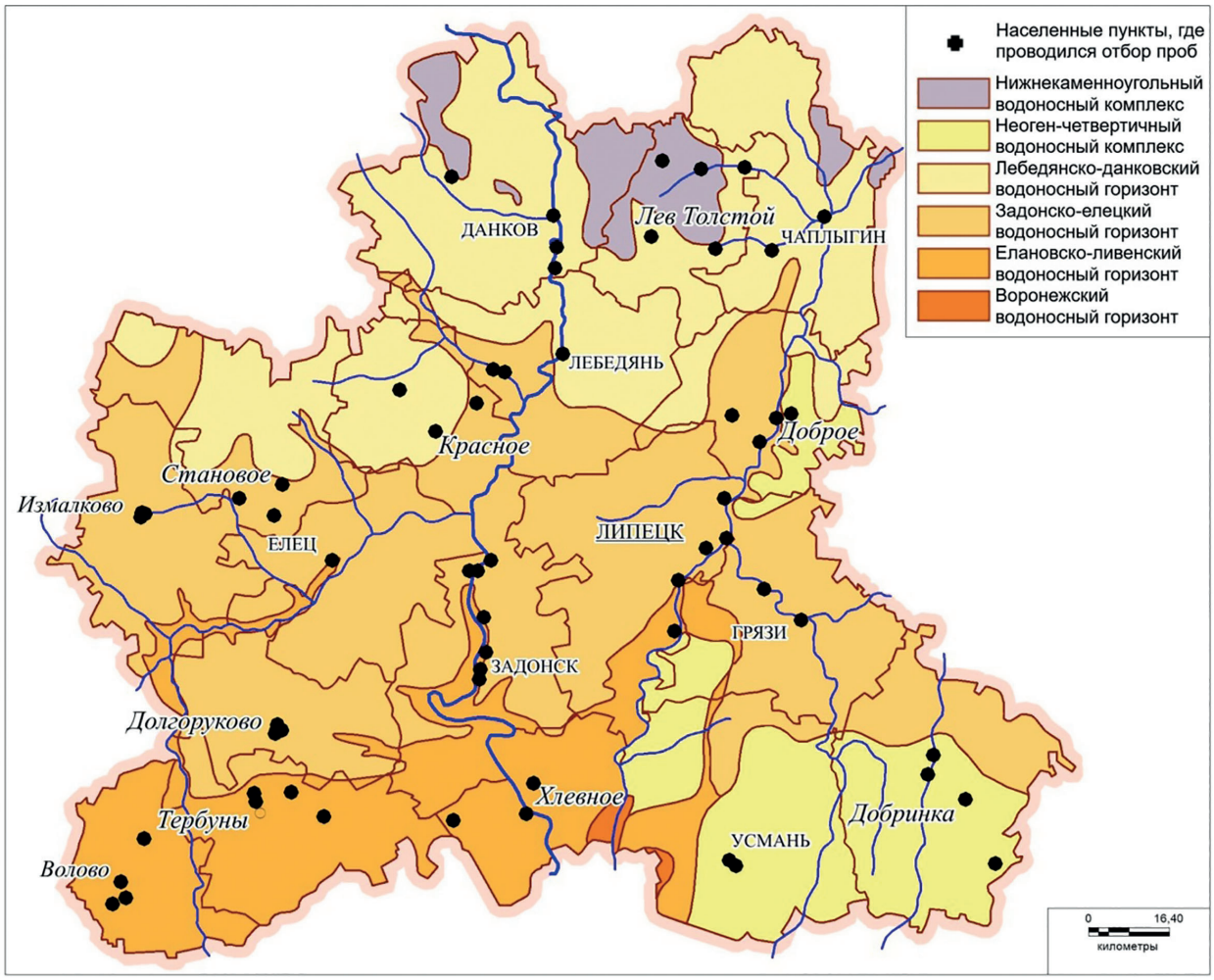

Рис. Картосхема местоположения точек отбора проб воды с учетом водоносных комплексов
[*Fig.* Map of the location of water sampling points, taking into account aquifers]

Полевой этап исследований, охвативший период с 2025 по первое полугодие 2026 года, включал экспедиционные выезды по территории Липецкой области, в ходе которых была сформирована пробная сеть из 119 точек децентрализованного водоснабжения. Отбор проб осуществлялся из скважин (39 проб), родников (21 проба), колодцев (12 проб) и водоразборных колонок (47 проб). Лабораторный анализ проб выполнялся по 12 химическим показателям с применением как классических титриметрических и гравиметрических, так и современных инструментальных методов. В числе анализируемых компонентов особо выделены 6 приоритетных для региона загрязнителей: показатели общей жесткости, содержание железа, марганца, бора, аммиачного и нитратного азота. Полученные результаты анализа воды сравнивали с действующими гигиеническими нормативами[1].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты химического анализа по каждому типу децентрализованных источников (скважины, колодцы, водоразборные колонки, родники) были сопоставлены с приуроченностью последних к определенным водоносным комплексам и горизонтам, эксплуатируемым для питьевого водоснабжения в границах соответствующих административных территорий области. Систематизация указанных данных представлена в таблице 1 [4].

Таблица 1

Средние концентрации приоритетных показателей качества воды в децентрализованных источниках Липецкой области по водоносным комплексам и административным единицам

[*Table 1.* Average Concentrations of Priority Water Quality Indicators in Decentralized Water Sources of the Lipetsk Region by Aquifer Complexes and Administrative Unitss]

Административные территории / Administrative areas	Число проб, ед. / Number of samples, pcs	Средние значения показателей / Average values of indicators					
		Жесткость, ммоль-экв/л / Hardness, mmol-eq/l	Железо, мг/л / Iron, mg/l	Марганец, мг/л / Manganese, mg/l	Бор, мг/л / Boron, mg/l	Аммоний, мг/л / Ammonium, mg/l	Нитраты, мг/л / Nitrates, mg/l
Неоген-четвертичный водоносный комплекс/ Neogene-Quaternary aquifer complex							
Усманский	6	7,45	**1,10**	0,18	0,03	0,09	12,47
Добринский	9	**12,08**	0,40	0,14	0,01	0,14	19,47
Добровский	1	8,50	0,19	0,03	0,01	0,00	0,00
Верхнедевонский водоносный комплекс/ Upper Devonian Aquifer Complex							
лебедянско-данковский горизонт/ Lebedyansk-Dankovsky horizon							
Чаплыгинский	6	9,78	0,79	0,18	0,05	0,88	10,90
Данковский	5	6,78	0,97	0,09	0,00	1,21	33,00
Лебедянский	3	6,20	0,28	0,00	0,00	0,81	36,97
Краснинский	5	9,14	**1,22**	0,08	0,00	0,67	26,30
Лев-Толстовский	4	7,98	0,25	0,06	0,01	1,11	26,03
задонско-елецкий горизонт/ Zadonsko-Yeletsky horizon							
Долгоруковский	8	6,69	0,44	0,03	0,48	**2,28**	6,35
Елецкий	5	8,78	0,18	0,00	0,03	0,49	2,64
Измалковский	6	6,62	0,18	0,04	0,24	1,80	27,22
Становслянский	8	8,13	0,19	0,06	0,00	1,61	21,66
Грязинский	6	8,07	0,27	0,02	0,01	0,44	2,05
Краснинский	2	8,65	0,13	0,02	0,00	0,00	9,00
Задонский	4	5,03	0,36	0,02	**0,53**	0,05	33,45
Добровский	6	7,37	0,21	0,06	0,01	0,00	13,73
Липецкий	8	7,64	0,37	0,24	0,20	0,16	16,70
евлановско-ливенский горизонт/ Yevlanovo-Livensky Horizon							
Хлевенский	5	7,86	0,52	0,01	**0,51**	0,47	25,68
Воловский	8	7,97	0,25	0,09	0,14	1,97	0,76
Тербунский	4	6,53	0,87	0,19	**0,72**	**2,24**	0,20
Задонский	5	6,76	0,27	0,01	0,17	0,40	12,66
Липецкий	3	8,70	0,24	0,44	0,30	0,51	23,53
Нижнекаменноугольный водоносный комплекс/ Lower Carboniferous Aquifer Complex							
Лев-Толстовский	2	8,35	0,90	0,11	0,01	0,70	19,1

Примечание: превышения ПДК загрязняющих веществ выделены жирным шрифтом
[Note: exceedances of MPC of pollutants are shown in bold type]

[1] *СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (Раздел III. Нормативы качества и безопасности воды)*. Москва, 2021. 987 с.

Из 119 исследуемых проб, доминирующая часть (84,9 %) приходится на верхнедевонский водоносный комплекс, наиболее востребованный в хозяйственно-питьевом водоснабжении региона. По результатам усредненных значений приоритетных показателей водных проб с большой долей вероятности можно оценить качество подземных вод Липецкой области (табл. 2).

Результаты химического анализа показали, что в целом для всех водоносных комплексов, используемых для питьевого водопользования на территории Липецкой области, средние концентрации приоритетных показателей удовлетворяют санитарно-гигиеническим нормативам для питьевых вод децентрализованных источников.

Вместе с тем на ряде селитебных территорий фиксируются устойчивые превышения гидрохимических нормативов. В пробах из доминирующих водоносных комплексов и горизонтов содержание солей жесткости варьирует в интервале 7,37-9,78 ммоль-экв/л, что соответствует категориям «жестких» и «очень жестких» вод. Наиболее неблагоприятная ситуация складывается в Добринском районе, где эксплуатация неоген-четвертичного комплекса сопровождается превышением предельно допустимой концентрации общей жесткости в 1,2 раза (при нормативе не более 10 ммоль-экв/л).

Несмотря на распространенное присутствие *железа* природного происхождения в подземных водоносных горизонтах Липецкой области [3], результаты показали, что для большей части территории региона содержание железа, находится в пределах от 0,13 до 0,97 мг/л (ПДК ≤ 1,0 мг/л) за исключением Усманского (1,1 мг/л) и Краснинского (1,22 мг/л) районов.

Зафиксированы 3 участка на территории Задонского (задонско-елецкий горизонт), Хлевенского и Тербунского районов (евлановско-ливенский горизонт), где содержание бора выше допустимого уровня в 1,02-1,44 раза.

Вопреки данным литературных источников [5], указывающим на широкое распространение нитратного загрязнения антропогенного генезиса в подземных водах Липецкой области, результаты выполненного химического анализа не зафиксировали превышений предельно допустимой концентрации нитратного азота (45 мг/л) в изученных пробах. Вместе с тем на территории восьми муниципальных районов, где эксплуатируются воды верхнедевонского комплекса, содержание нитратов составляет более половины от нормативного уровня, варьируя в пределах 23,53-36,97 мг/л. Дополнительным индикатором антропогенной нагрузки выступает аммонийный азот: его содержание в Долгоруковском (2,28 мг/л) и Тербунском (2,24 мг/л) районах превышает установленный норматив (2 мг/л), а в пяти административных единицах приближается к пороговым значениям (от 1,11 до 1,97 мг/л). Выявленные азотистые соединения подтверждают факт загрязнения децентрализованных источников и позволяют констатировать тенденцию к прогрессирующему накоплению нитратов в подземных водах изученной территории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования по экологическому состоянию водоносных комплексов и горизонтов, используемых в качестве децентрализованных источников для хозяйственно-питьевых целей, подтвердили, что в целом по санитарно-химическим показателям качества вода соответствует безопасному уровню для населения Липецкой области.

Таблица 2

Оценка экологического состояния водоносных комплексов по результатам исследований качества воды из децентрализованных источников

[*Table 2.* Assessment of the ecological state of aquifers based on water quality studies from decentralized sources]

Водоносный комплекс / Aquifer Complex	Число проб, ед. / Number of samples, pcs	Средние значения показателей / Average values of indicators					
		Жесткость, ммоль-экв/л / Hardness, mmol-eq/l	Железо, мг/л / Iron, mg/l	Марганец, мг/л / Manganese, mg/L	Бор, мг/л / Boron, mg/l	Аммоний, мг/л / Ammonium, mg/l	Нитраты, мг/л / Nitrates, mg/l
Неоген-четвертичный	16	9,34 Очень жесткая	0,56	0,12	0,02	0,08	10,65
Верхнедевонский:	101	7,60 Жесткая	0,46	0,09	0,18	0,94	17,98
- лебедянско-данковский горизонт	*23*	*7,80*	*0,70*	*0,08*	*0,01*	*0,94*	*26,64*
- задонско-елецкий горизонт	*53*	*7,44*	*0,26*	*0,05*	*0,17*	*0,76*	*14,75*
- евлановско-ливенский горизонт	*25*	*7,56*	*0,43*	*0,15*	*0,37*	*1,12*	*12,56*
Нижнекаменноугольный комплекс	2	8,35 Жесткая	0,90	0,11	0,01	0,70	19,10

Тем не менее, сравнительный анализ средних концентраций приоритетных показателей с требованиями СанПиН 1.2.3685-21 позволил выявить некоторые проблемы. Подземные воды всех водоносных комплексов содержат значительное количество солей жесткости и относятся к категории «жесткие» и «очень жесткие», особенно неоген-четвертичный водоносный комплекс, используемый в пределах Добринского района, где общая жесткость превышает кратность ПДК в 1,2 раза. Содержание железа, находится в пределах нормы за исключением неоген-четвертичного комплекса на территории Усманского (1,1 мг/л) и верхнедевонского комплекса в пределах Краснинского (1,22 мг/л) районов. В подземных водах верхнедевонского комплекса (задонско-елецкий и евлановско-ливенский горизонты) на территории Задонского, Хлевенского и Тербунского районов зафиксировано содержание бора, превышающее нормативы в 1,02-1,44 раза, а также аммонийного азота в Тербунском и Долгоруковском районах выше допустимого уровня в 1,12-1,14 раза.

По итогам выполненных исследований обоснована необходимость интенсификации мониторинговых наблюдений за состоянием децентрализованных источников и информирование потребителей о целесообразности использования фильтрующего оборудования для доочистки питьевой воды в случаях фиксации сверхнормативных концентраций загрязняющих компонентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арустамов Э. А., Медведков А. А., Пястолов О. А. Подземные воды РФ: ресурсный потенциал и проблемы его рационального использования // *Географическая среда и живые системы,* 2020, № 4, с. 17-27.

2. Валяльщиков А. А., Белозеров А. А. Система мероприятий по улучшению качества подземных вод Лев-Толстовского, Лебедянского и Грязинского районов Липецкой области // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*, 2016, № 1, с. 124-130.

3. Кремнева И. П. Эколого-гидрогеохимическая характеристика подземных вод Липецкой области // *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки,* 2009, № 3, с. 113-119.

4. Оценка экологического состояния водоносных комплексов, используемых для питьевого водопользования на территории Воронежской области / Т. И. Прожорина, О. В. Клепиков, С. А. Куролап, А. С. Боева // *Наука Юга России,* 2025, т. 21, № 3, с. 27-33.

5. Ткаченко Н. Н., Косинова И. И. Проблема загрязнения подземных вод соединениями азота // *Материалы международной научной конференции «XVII Машеровские чтения»*, 2023, т. 1, с. 119-121.

6. Экологические аспекты как основа формирования устойчивого развития техногенно нагруженных территорий / Н. Н. Ткаченко, В. А. Бударина, И. И. Косинова, И. М. Игнатенко // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2024, № 4, с. 174-178.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 16.03.2026
Принята к публикации: 20.05.2026

UDC 556.535.8 (470.322) ***ISSN 1609-0683***
DOI: https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2026/2/154-159

Assessment of the Ecological State of Aquifer Complexes Used for Drinking Water Supply in the Lipetsk Region

T. I. Prozhorina ✉, A. S. Boeva, P. A. Sukhanov, P. M. Vinogradov

Voronezh State University, Russian Federation
(1, Universitetskaya Sq., Voronezh, 394018)

Abstract. *The purpose* of this work is to assess the ecological state of aquifers and horizons used for domestic and drinking purposes in the Lipetsk Region based on sanitary and chemical indicators of underground water quality.

Materials and methods. 63 settlements within 18 districts of the Lipetsk Region were selected as monitoring control points. From April 2025 to the 1st half of 2026, 119 water samples from decentralized sources were collected during field studies, including samples from wells (39 samples), springs (21 samples), wells (12 samples), and water pumps (47 samples). Chemical analysis was conducted on 6 priority pollutants of Lipetsk water (hardness, iron, manganese, boron, ammonia, and nitrate nitrogen) using classical and instrumental analysis methods.

Results. Groundwater of all aquifers belong to the category of «hard» and «very hard». The content of iron, is within the norm, except for the Neogene-Quaternary complex in the territory of Usman (1,1 mg/l) and Upper Devonian complex within Krasninsky (1,22 mg/l) areas. In the groundwater of the Upper Devonian complex (Zadonsk-Yelets and Yevlanovsk-Livensky horizons), in the Zadonsky, Khlevensky, and Terbunsky districts, boron content exceeding the standards

© Prozhorina T. I., Boeva A. S., Sukhanov P. A., Vinogradov P. M., 2026
✉ Tatiana I. Prozhorina, e-mail: coriandre@rambler.ru
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

by a factor of 1.02–1.44 was found, as well as ammonium nitrogen concentrations in the Terbunsky and Dolgorukovsky districts above the permissible level by a factor of 1.12–1.14.

Conclusion. The results of assessing the ecological state of aquifers exploited for decentralized water supply in the Lipetsk Region generally confirm that water quality complies with sanitary and chemical safety standards. At the same time, exceedances of maximum permissible concentrations for a number of priority pollutants are recorded in individual samples. Due to the identified deviations, the necessity has been substantiated to intensify monitoring observations of the state of decentralized sources.

Key words: decentralized sources, aquifers, and horizons, chemical analysis, priority indicators, water quality, administrative territories of the Lipetsk Region.

Funding: This study was carried out with financial support of the Russian Science Foundation, project № 25-17-00219, https://rscf.ru/project/25-17-00219/

For citation: Prozhorina T.I., Boeva A.S., Sukhanov P.A., Vinogradov P.M. Assessment of the Ecological State of Aquifer Complexes Used for Drinking Water Supply in the Lipetsk Region. *Vestnik Voronezskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2026, no. 2, pp. 154-159. (in Russ.) DOI: https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2026/2/154-159

REFERENCES

1. Arustamov E.A., Medvedkov A.A., Pyastolov O.A. Podzemnye vody RF: resursnyj potentsial i problemy ego ratsional′nogo ispol′zovaniya [Groundwater of the Russian Federation: resource potential and problems of its rational use]. *Geograficheskaya sreda i zhivye sistemy*, 2020, no. 4, pp. 17-27. (In Russ.)

2. Valyal′shchikov A.A., Belozerov A.A. Sistema meropriyatij po uluchsheniyu kachestva podzemnykh vod Lev-Tolstovskogo, Lebedyanskogo i Gryazin-skogo rajonov Lipetskoj oblasti [A system of measures to improve the quality of groundwater in the Lev Tolstoy, Lebedyansky and Gryazinsky districts of the Lipetsk region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geologia*, 2016, no. 1, pp. 124-130. (In Russ.)

3. Kremneva I.P. Ekologo-gidrogeokhimicheskaya kharakteristika podzem-nykh vod Lipetskoj oblasti [Ecological and hydrogeochemical characteristics of groundwater in the Lipetsk region]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*, 2009, no. 3, pp. 113-119. (In Russ.)

4. Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya vodonosnykh kompleksov, ispol′-zuemykh dlya pit′evogo vodopol′zovaniya na territorii Voronezhskoj oblasti [Assessment of the ecological status of aquifers used for drinking water use in the Voronezh Region] / T.I. Prozhorina, O.V. Klepikov, S.A. Kurolap, A.S. Boeva. *Nauka Yuga Rossii*, 2025, v. 21, no. 3, pp. 27-33. (In Russ.)

5. Tkachenko N.N., Kosinova I.I. Problema zagryazneniya podzemnykh vod soedineniyami azota [The problem of groundwater pollution by nitrogen compounds]. *Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii «XVII Masherovskie chteniya»*, 2023, v. 1, pp. 119-121. (In Russ.)

6. Ekologicheskie aspekty kak osnova formirovaniya ustojchivogo razvitiya tekhnogenno nagruzhennykh territorij [Environmental aspects as a basis for the formation of sustainable development of technogenically loaded territories] / N.N. Tkachenko, V.A. Budarina, I.I. Kosinova, I.M. Ignatenko. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografia. Geoekologia*, 2024, no. 4, pp. 174-178. (In Russ.)

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 16.03.2026
Accepted: 20.05.2026

Прожорина Татьяна Ивановна
Кандидат химических наук, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-2808-0802, e-mail: coriandre@rambler.ru

Боева Анастасия Сергеевна
Кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-4793-4607, e-mail: nastya.boeva.82@mail.ru

Суханов Павел Алексеевич
Аспирант кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-6234-8887, e-mail: sukhanov.1990@bk.ru

Виноградов Павел Михайлович
Кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-6978-8463, e-mail: vinpaul89@gmail.com

Tat'yana I. Prozhorina
Cand. Sci. (Chemist.), Assoc. Prof. at the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-2808-0802, e-mail: coriandre@rambler.ru

Anastasiya S. Boeva
Cand. Sci. (Geogr.), Senior Lecturer of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-4793-4607, e-mail: nastya.boeva.82@mail.ru

Pavel A. Sukhanov
Postgraduate Student at the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-6234-8887, e-mail: sukhanov.1990@bk.ru

Pavel M. Vinogradov
Cand. Sci. (Geogr.), Senior Lecturer at the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-6978-8463, e-mail: vinpaul89@gmail.com