

Эколого-гидрогеохимическая оценка подземных вод разнотипных по антропогенной нагрузке сельских поселений Белгородской области

И.И. Косинова¹  , Ф.Н. Лисецкий² , В.А. Бударина¹ 

 kosinova777@yandex.ru

¹Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

²Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Проблема взаимодействия поверхностных и подземных вод приобретает особую значимость для агропромышленных регионов, в которых происходит интенсивная эксплуатация водоносных горизонтов как для хозяйственного и питьевого водоснабжения, так и при дренировании воды в зоне действия горнодобывающих предприятий. Именно к таким регионам относится Белгородская область, для которой проведена сравнительная эколого-гидрогеохимическая оценка подземных вод в двух контрастных сельских поселениях с сильной техногенной нагрузкой, включающей воздействие горнодобывающего комплекса, и фоновой территорией, где доминирует агропромышленное производство. **Методы.** Эмпирическая основа исследования для оценки экологического состояния подземных вод обеспечена массивом данных по содержанию макро- и микроэлементов в подземных водах из водозаборных скважин, колодцев, водонапорных башен. **Результаты.** Подземные воды верхне-нижнемелового комплекса, которые по химическому составу относятся к гидрокарбонатно-сульфатным кальциевым и имеют минерализацию 0,5–0,6 г/л, наиболее широко используются для снабжения водой промышленных предприятий и городов, сельских поселений и животноводческих комплексов. Установлено, что воды этого комплекса для фоновой территории имеют показатели микроэлементов, не превышающие предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных для питьевых вод, тогда как для территории с техногенным прессингом основными загрязнителями выступают свинец, кадмий и медь. Влияние разных типов антропогенных нагрузок и их интенсивности проявляется в изменении природного режима водоносных горизонтов, скорости процессов выщелачивания и дальнейшего загрязнения, что определяет целесообразность разработки и внедрения дифференцированных комплексов мероприятий для поддержания качества подземных вод.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: загрязняющие вещества, тяжелые металлы, макрокомпоненты, коэффициент концентрации, водоносные горизонты и комплексы, эколого-гидрогеохимические исследования, питьевая вода, горнорудная промышленность, агропромышленный комплекс, водоохраные мероприятия.

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания № FZWG-2025-0006.

Для цитирования: Косинова И.И., Лисецкий Ф.Н., Бударина В.А. Эколого-гидрогеохимическая оценка подземных вод разнотипных по антропогенной нагрузке сельских поселений Белгородской области // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2025. № 3. С. 61–74. <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2025-4-61-74>, EDN: OHIZSZ

Ecological and hydrogeochemical assessment of groundwater for rural settlements of the Belgorod region with different types of anthropogenic load

Irina I. Kosinova¹ , Fedor N. Lisetskiy² , Victoria A. Budarina¹ 

 kosinova777@yandex.ru

¹ Voronezh State University, Voronezh, Russia

² Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia

ABSTRACT

Relevance. The problem of the mutual influence of surface and ground waters is of particular importance for agro-industrial regions where intensive exploitation of aquifers occurs, both for domestic and drinking water supply, and for water drainage in the area of mining enterprises. Belgorod Oblast is one of such regions, for which a comparative ecological and hydrogeochemical assessment of ground waters was carried out in two contrasting rural settlements with a strong technogenic load, which includes the impact of the mining complex, and a background territory where agro-industrial production dominates. **Methods.** The empirical basis of the study for assessing the ecological state of groundwater was provided by an array of data on the content of macro- and microelements in groundwater from water intake wells, wells, and water towers. **Results.** Groundwater of the Upper-Lower Cretaceous complex, which by chemical composition are hydrocarbonate-sulphate calcium and have a mineralization of 0.5–0.6 g/l, are most widely used to supply water to industrial enterprises and cities, rural settlements and livestock complexes. It was found that the waters of this complex for the background territory have trace element indicators that do not exceed the maximum permissible concentrations (MPC) established for drinking water, while for the territory with strong technogenic pressure, the main pollutants are lead, cadmium and copper. The impact of different types of anthropogenic loads and their intensity is reflected in the change in the natural regime of aquifers, the rate of leaching processes and further pollution, which determines the feasibility of developing and implementing differentiated sets of measures to maintain the quality of groundwater.

KEYWORDS: pollutants, heavy metals, macro/components, concentration coefficient, aquifers and complexes, ecological and hydrogeochemical studies, drinking water, mining industry, agro-industrial complex, water protection measures.

Funding: The research has been made with financial support of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the frameworks of governmental assignment No. FZWG-2025-0006.

For citation: Kosinova I.I., Lisetskiy F.N., Budarina V.A. Ecological and hydrogeochemical assessment of groundwater for rural settlements of the Belgorod region with different types of anthropogenic load. *Water Management of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2025. No. 3. P. 61–74. <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2025-4-61-74>, EDN: OHIZSZ

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в нашей стране большое внимание уделяется развитию сельских поселений. Одним из ключевых аспектов этого развития является их качественное водоснабжение [1–3]. Изучение потенциала ресурсов подземных вод для обеспечения сельских территорий достаточным по объемам и качеству питьевым водоснабжением активно проводится как в России [4–6], так и в зарубежных странах [7–9]. Современные подходы к геоэкодиагностике региона сочетают эколого-географический анализ, выясняющий степень пригодности среды жизнедеятельности человека, и медико-географический подход, определяющий вклад и степень воздействия комплекса факторов среды на уровень здоровья человека [10].

Для сельских районов комплексная водохозяйственная оценка предполагает учет как природно-экологических, так и водохозяйственных параметров, характеризующих системы питьевого водоснабжения [11]. При этом большое значение имеет ответственный выбор наиболее информативных и значимых с точки зрения целевой функции (обеспечения необходимого количества и качества питьевой воды) мониторинговых показателей водоносных горизонтов в конкретных природно-хозяйственных условиях [12–16]. Качество грунтовых вод и сопряженных с ними верхних водоносных горизонтов в условиях близкого залегания трещиноватых меловых пород зависит от поверхностных вод, в т. ч. речного стока в бассейнах интенсивного агропромышленного освоения [17–18]. Такие условия характерны для территории Белгородской области, где с 2022 г. проводится расчистка земснарядом водных объектов, количество которых (участки речных русел и водохранилищ, пруды) по завершению региональной программы должно составить 740 [19].

В сельской местности водоснабжение часто осуществляется за счет одиночных скважин. Однако необходимо учитывать, что подземные воды могут быть загрязнены, причем перечень загрязняющих веществ тесно связан с принадлежностью муниципального образования к той или иной отрасли экономики (горнодобывающей, аграрной, лесопромышленной и т. д.). В этой связи разработку природоохранных мероприятий целесообразно проводить на основе сравнительной оценки эколого-гидрогеохимической обстановки. Такой подход позволит сформировать дифференцированный перечень мероприятий, чтобы гарантировать безопасность и качество питьевой воды для жителей сельских поселений [3].

Объект настоящего исследования – подземные воды Быковского (Яковлевский городской округ) и Новоуколовского (Красненский район) сельских поселений Белгородской области (рис. 1). Данные сельские поселения различаются по природно-хозяйственной ситуации. Территория Быковского сельского поселения входит в состав Северско-Донецкого гидрогеологического района (с запасами пресных вод 295 тыс. м³/сут) и подвержена техногенной нагрузке (со стороны горнодобывающей промышленности, развитой автотранспортной сети с высоким трафиком) наряду с активным агропромышленным освоением. Территория Новоуколовского поселения входит в состав Придонского

гидрогеологического района (с запасами пресных вод 70 тыс. м³/сут) и характеризуется относительно низкой техногенной нагрузкой (отсутствием крупных автомагистралей) при преобладании предприятий сельского хозяйства (доля сельскохозяйственных земель составляет 97 %).

Цель работы заключалась в сравнительном анализе результатов эколого-гидрогеохимической оценки подземных вод для сельских поселений Белгородской области, различающихся хозяйственной специализацией (горнодобывающий и агропромышленный комплексы), для дифференцированного выбора мероприятий по поддержанию качества подземных вод.

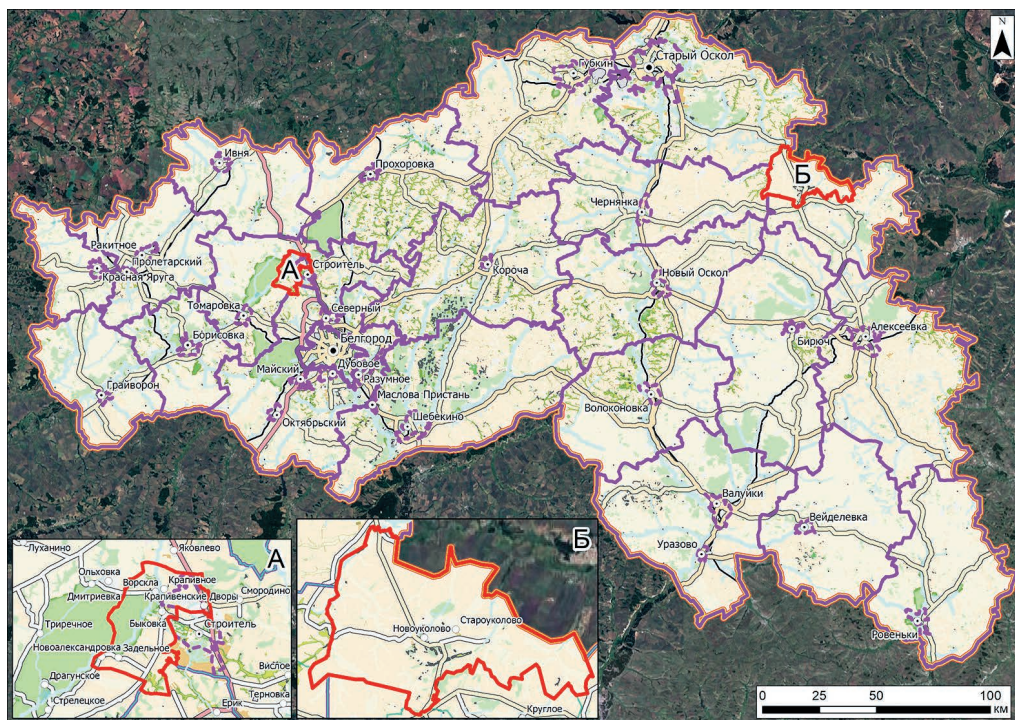


Рис. 1. Картограмма расположения Быковского (А) и Новоуколовского (Б) сельских поселений.

Fig. 1. Map-scheme of the location of Bykovskoye (A) and Novoukolovskoye (B) rural settlements.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор проб подземных вод производили из водонапорных цельнометаллических башен, колодцев и водозаборных скважин частных домохозяйств, родников. В Быковском и Новоуколовском сельских поселениях отобрано 13 и 7 проб подземных вод соответственно. Пробы подземных вод отбирали согласно ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб»¹, затем они были проанализированы в аккредитованной лаборатории НИИ геологии

¹ ГОСТ Р 59024-2020 Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Российский институт стандартизации, 2022. 36 с.

Воронежского госуниверситета на макрокомпоненты и в Белгородском государственном национальном исследовательском университете атомно-эмиссионным спектрометрическим методом (АЭС, AES) на эмиссионном спектрометре параллельного действия с индуктивно-связанной плазмой Shimadzu ICPE-9000 на микрокомпоненты.

Выбор оценочных показателей загрязнения подземных вод был основан на практике сопряженных геохимических и эколого-гигиенических исследований компонентов окружающей среды. Расчет коэффициента концентрации относительно установленных нормативных величин ОДК (ПДК) проводили по соотношению:

$$K_{\text{ОДК (ПДК)}} = \frac{C_i}{\text{ОДК (ПДК)}}, \quad (1)$$

где C_i – фактическое содержание i -го химического элемента в пробе, мг/дм³.

Коэффициент концентрации макро- и микрокомпонентов (K_{ci}) характеризует интенсивность аномалии относительно выбранных фоновых показателей:

$$K_{ci} = \frac{C_i}{C_{\phi i}}, \quad (2)$$

где $C_{\phi i}$ – фоновое содержание i -го химического элемента в пробе.

Фоновые значения для определявшихся в исследовании макро- и микрокомпонентов в подземных водах были приняты по ранее полученным результатам обобщения содержания химических элементов в подземных водах зоны выщелачивания умеренного климата [20]. Диаграммы Стиффа [21] использованы для графического представления макрокомпонентного состава вод по их концентрациям (мг-экв/л). Оценка экологического состояния подземных вод проведена по пяти качественным категориям, учитывающим гидрогеохимическую обстановку (токсичные химические элементы, макрокомпоненты) и ПДК по трем классам опасности согласно СанПиН 1.2.3684-21.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В региональном плане (для всей территории Белгородской области) централизованное водоснабжение в основном базируется на использовании через буровые скважины вод турон-маастрихтского (K_{2t-m}) и альб-сеноманского (K_{al-s}) водоносных горизонтов. Первый из них характеризуется мощностью 70–80 м, а второй – 20–40 м при близких показателях минерализации вод (от 0,4 до 0,9 г/л) и повышенном содержании природных компонентов (жесткость, железо общее) [22]. Однако в некоторых сельских населенных пунктах питьевое водоснабжение обеспечивают палеогеновые и четвертичные водоносные горизонты, из которых воду извлекают при помощи шахтных колодцев. Для территорий Быковского и Новоуколовского сельских поселений основным эксплуатационным водоносным комплексом выступает меловая водоносная система (объединенный верхне-нижнемеловой комплекс (K_{1-2})). Однако наряду с этим значительный вклад в водоснабжение вносит современный аллювиальный комплекс (al-IV) для Быковского сельского поселения, а для Новоуколовского – ниже-верхнечетвертичный аллювиальный комплекс (al-III). Аллю-

виальный комплекс al-IV стратиграфически расположен над палеогеновой водоносной системой (как правило, на плакорах) и верхнемеловым водоносным комплексом (чаще в геоморфологических условиях флювиальной и эрозионной сети). В долинно-речных ландшафтах водосодержащими породами выступают разнородные пески, но верхние слои разрезов часто вмещают суглинки и глины. Глубины залегания вод составляют, как правило, 15 м. Этот комплекс используют для водообеспечения небольших сельских поселений при помощи колодцев. Следует отметить, что с учетом слабой защищенности этих горизонтов от загрязнения часто вода не соответствует требованиям СанПиН «Питьевая вода».

Четвертичный аллювиальный комплекс (al-III) распространен в долинах малых рек, длина которых в регионе, по новым данным, составляет 4 564 км [22], и приурочен к отложениям террас, где он выступает первым водоносным горизонтом. Если в разрезах I и II террас водосодержащими породами выступают разнородные пески и супеси, то в отложениях террас высоких гипсометрических уровней долинно-речных ландшафтов это глины, суглинки, а также пески с супесью. Обычно водоносный горизонт залегает на глубинах от 2 до 10 м, однако на III–IV террасах уровень приближен к 2–5 м. Этот комплекс слабодоносный, воды находят применение в сельской местности в целях локального водоснабжения. К видам хозяйственной деятельности, которые приводят к загрязнению слабозащищенных водоносных комплексов вблизи сельских поселений, относятся воздействия от гидродинамически пассивных объектов: неблагоустроенных периферийных селитебных зон, полигонов захоронения и свалок бытовых отходов, складов удобрений и ядохимикатов и т. п. Эти проблемы проявляются и в зонах санитарной охраны.

Меловая водоносная система (K_{1-2}) включает турон-маастрихтский терригенно-карбонатный комплекс (K_{2t-m}) и локально слабодоносный альбсеноманский терригенный комплекс (K_{al-s}). Эта система представлена в регионе повсеместно, она является основной для централизованного водоснабжения, однако в Поосколье отложения туронского яруса размыты в пределах распространения четвертичного аллювия. Подземные воды водоносного комплекса (K_{2t-m}) находятся в толщах белого и желтовато-белого мела и мергелей с количеством песка 15–20 % только у кровли. Горизонт умеренно водообилен, но на плакорах этот потенциал сильно снижен и потому нередко скважины обнаруживаются безводными. В междуречьях водоносная система обеспечивается питанием при инфильтрации атмосферных осадков. На территории исследования, которая преимущественно располагается на плакорах, водообильность комплексов невысокая. Тем не менее водные ресурсы этой системы широко применяются для снабжения сельских населенных пунктов и крупных животноводческих комплексов. В Белгородской области масштабы развития животноводства приобрели в последние годы небывалый размах, поэтому остро стоят проблемы биогенного загрязнения вод и утилизации животноводческих стоков. В местах концентрации животноводческих комплексов особенность геохимических потоков определяется значительной концентрацией азота и

фосфора, попадающих со стоками на сельскохозяйственные земли, и постепенным их вымыванием в грунтовые воды [23].

Водоносный комплекс (K_{al-s}) – это основной эксплуатируемый горизонт на северо-востоке и востоке региона, где он залегает уже с первых десятков метров и является напорным. В пределах территории изученных сельских поселений источники питания водоносного комплекса находятся за их пределами, где обеспечиваются инфильтрацией атмосферных осадков, однако значимый вклад вносит также переток из сопредельных горизонтов, имеющих гидравлическую связь. В границах изучаемых сельских поселений водные ресурсы этой системы извлекаются одиночными скважинами для снабжения населенных пунктов, которые по большей части размещены на водораздельных пространствах.

Сравнительная эколого-гидрогеохимическая оценка обстановки в контрастных сельских поселениях (табл. 1) не только определяет ее специфику по ключевым факторам сравнения [24], но и ориентирует на формирование дифференцированного перечня природоохранных мероприятий, направленных на обеспечение нормативного качества питьевой воды для жителей сельских поселений с разнотипным антропогенным прессингом.

Состав подземных вод по макрокомпонентам для Быковского сельского поселения был оценен по данным опробования в овражной форме левого берега долины р. Ворсклы по 13 мониторинговым точкам с использованием диаграмм Стиффа, которые отображают эквивалентный состав воды. Состав подземных вод по макрокомпонентам для Новоуколовского сельского поселения оценен по данным пяти мониторинговых точек.

Содержание макро- и микроэлементов – это основные параметры, используемые для оценки экологического состояния подземных вод. Признавая огромную роль глобальных и региональных стратегий по контролю над истощением грунтовых вод, специалисты-гидрогеологи призывают содействовать переходу от регионального масштаба к масштабу водоносного горизонта [1].

Ключевые индикаторы загрязнения вод, по данным из таких источников, как колодцы и родники, распространяли на весь водоносный горизонт в пределах исследуемой сельской территории. При сравнительной эколого-гидрогеохимической оценке обстановки в Быковском и Новоуколовском сельских поселениях выявлено, что потенциальным фактором загрязнения в Быковском сельском поселении является влияние горнодобывающей деятельности и перерабатывающего предприятия Яковлевского ГОКа, а в Новоуколовском – территорий складирования удобрений и продуктов жизнедеятельности из неканализованных домовладений.

Эксплуатируемыми водоносными горизонтами являются: аллювиальный водоносный комплекс (al-IV) (Быковское сельское поселение); ниже-верхне-четвертичный аллювиальный водоносный комплекс (al-III) (Новоуколовское сельское поселение); меловая водоносная система (K1-2) для обеих территорий. Подземные воды принадлежат к типам: гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые с минерализацией 0,5–0,6 г/л и общей жесткостью 5–7 мг-экв/л (Быковское сельское поселение), гидрокарбонатно-сульфатные, кальциево-

Таблица 1. Сравнительная эколого-гидрогеохимическая оценка
Быковского и Новоуколовского сельских поселений Белгородской области
Table 1. Comparative ecological and hydrogeochemical assessment of Bykovsky and Novoukolovsky
rural settlements of the Belgorod region

Фактор сравнения	Быковское сельское поселение	Новоуколовское сельское поселение
Потенциальный фактор загрязнения	Влияние горнодобывающей деятельности и перерабатывающего предприятия Яковлевского рудника	Поступление химикатов с аграрно освоенных водосборов и продуктов жизнедеятельности из неканализированных домовладений
Эксплуатируемые водоносные горизонты	Аллювиальный водоносный комплекс (al-IV); верхне-нижнемеловой комплекс (K_{1-2})	Нижне-верхнечетвертичный аллювиальный водоносный комплекс (al-III); верхне-нижнемеловой комплекс (K_{1-2})
Формула состава воды	$M_{0,02-0,69} \frac{HCO_3 (64-77) Cl (5-24) SO_4 (12) NO_3 (0-5)}{Ca (66-75) Mg (20-27) Na + K (4-6) NH_4 (0-1)} \quad pH \ 7,2 - 7,4$ $M_{0,54-0,74} \frac{HCO_3 (60-76) SO_4 (10-24) Cl (7-16) NO_3 (0-6)}{Ca (55-73) Mg (19-41) Na + K (3-19) NH_4 (0-1)} \quad pH \ 7,0 - 7,5$	$M_{0,36-0,41} \frac{HCO_3 (79-81) SO_4 (9-12) Cl (7-12) NO_3 (0-1)}{Ca (69) Mg (17-24) Na + K (7-13) NH_4 (0)} \quad pH \ 7,1 - 7,2$ $M_{0,36-0,41} \frac{HCO_3 (79-81) SO_4 (9-12) Cl (7-12) NO_3 (0-1)}{Ca (69) Mg (17-24) Na + K (7-13) NH_4 (0)} \quad pH \ 7,1 - 7,2$
Тип подземных вод	Гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые с минерализацией 0,5–0,6 г/л и общей жесткостью 5–7 мг-экв/л	Гидрокарбонатно-сульфатные, кальциево-магниевого с минерализацией от 0,5 до 0,9 г/л
Ведущие загрязняющие элементы	В водах верхне-нижнемелового водоносного комплекса загрязнителями по микрокомпонентам являются Cd, Pb, Cu, по макрокомпонентам – общая жесткость. В водах аллювиального комплекса превышения микрокомпонентов не установлены	Ключевой загрязнитель подземных вод верхне-нижнемелового водоносного комплекса по макрокомпонентам – общ. жесткость. В водах нижне-верхнечетвертичного превышений относительно ПДК не выявлено
Состояние колодцев и зон санитарной охраны	Состояние зон санитарной охраны в точках наблюдения 134, 145 является неудовлетворительным	Состояние зон санитарной охраны в трех точках наблюдения неудовлетворительно
Оценка степени загрязнения подземных вод (%)	Оценка степени загрязнения подземных вод по элементам 1, 2 и 3-го классов опасности соответствует категориям «допустимая» (18 %), в связи с наличием превышения ПДК по общей жесткости и магнию считаем ее условной, и «умеренно опасная» (45 %), «опасная» (10 %) и «высокоопасная» (27 %)	Оценка степени загрязнения подземных вод по элементам 1, 2 и 3-го классов опасности соответствует категориям «допустимая» (85 %) и «умеренно опасная» (15 %)

магниевого с диапазоном минерализации 0,5–0,9 г/л (Новоуколовское сельское поселение). Распределение категорий оценок степени загрязнения подземных вод микроэлементами выразительно показывает различия сельских территорий с разнотипными антропогенными нагрузками (рис. 2). Так, состояние подземных вод в Новоуколовском сельском поселении отличается преобладанием допустимой категории загрязнения (85 % количества проб). В водах современного аллювиального водоносного комплекса наблюдается повышенная концентрация свинца. Для подземных вод в Быковском сельском поселении определена умеренно опасная степень загрязнения (45 %).

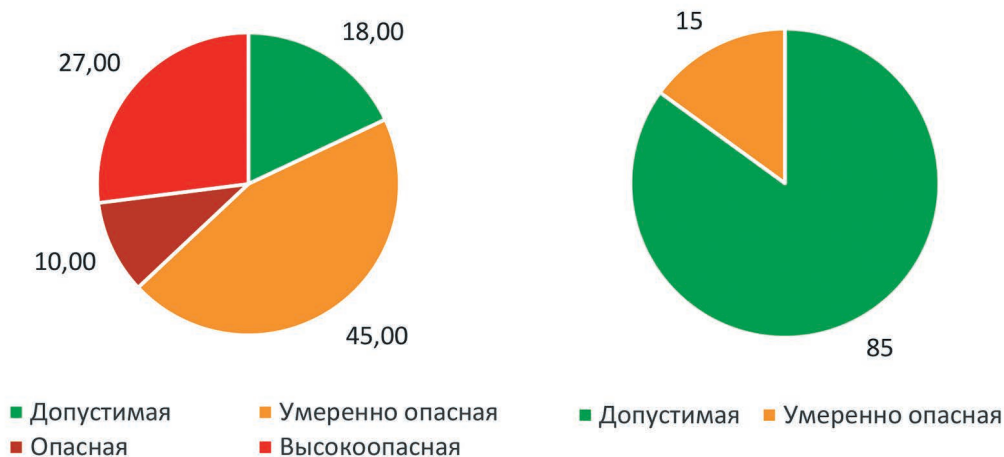


Рис. 2. Оценка степени загрязнения подземных вод (%) в Быковском и Новоуколовском сельских поселениях.

Fig. 2. Assessment of the degree of groundwater pollution (%) in Bykovsky and Novoukolovskiy rural settlements.

Для Быковского сельского поселения в водах верхне-нижнемелового водоносного комплекса загрязняющими веществами являются: по микрокомпонентам – Cd, Pb, Cu, по макрокомпонентам – общая жесткость. В водах аллювиального комплекса превышения микрокомпонентов не установлены. В Новоуколовском поселении ключевой загрязнитель подземных вод верхне-нижнемелового водоносного комплекса по макрокомпонентам – общая жесткость. В водах ниже-верхнечетвертичного превышений относительно ПДК не выявлено. Неудовлетворительное состояние зон санитарной очистки установлено в Новоуколовском сельском поселении для трех мониторинговых пунктов, а в Быковском – в двух точках наблюдения (134 и 145), где уровень загрязнения подземных вод по поллютантам первых трех классов опасности можно отнести к категориям «высокоопасная» и «опасная» (27 % и 10 % соответственно), а распределение между категориями «умеренно опасная» и «опасная» составило 45 % и 10 % соответственно. Иные особенности степени загрязнения подземных вод по элементам 1, 2 и 3-го классов опасности характеризуют территорию Новоуколовского сельского поселения, где оценка распределяется между категориями «допустимая» (85 %) и «умеренно опасная» (15 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ макрокомпонентного состава подземных вод для фоновой территории (вне районов горнорудной промышленности) показал, что все показатели соответствуют ПДК. Однако в результате интенсивного использования водоносных горизонтов их природный режим трансформируется, а более активные процессы выщелачивания обуславливают повышение концентраций нитратов, сульфатов, гидрокарбонатов в сравнении с фоновыми параметрами (средним содержанием в подземных водах зоны выщелачивания умеренного климата).

Для сельских поселений с сильной техногенной нагрузкой качество грунтовых вод из современного аллювиального водоносного комплекса соответствует экологическим нормативам, тогда как грунтовые воды верхне-нижне-мелового комплекса характеризуются превышением предельно допустимых концентраций по загрязнителям из второго (Cd, Pb) и третьего классов опасности (Cu). Результаты оценки степени загрязнения подземных вод элементами 2-го и 3-го классов опасности для фоновой территории показали, что 85 % и 15 % отобранных проб распределяются между «допустимой» и «умеренно опасной» категориями загрязнения соответственно. Состояние подземных вод в сельском поселении с сильным техногенным прессингом значительно дифференцировано между категориями загрязнения: на категорию «высоко-опасная» приходится 27 % проб, на категорию «опасная» – 10 %, «умеренно опасная» – 45 % и «допустимая» – 18 %.

Сравнительная эколого-гидрогеохимическая оценка подземных вод на территории двух сельских поселений, различающихся профилями хозяйственной деятельности (горнодобывающий и агропромышленный комплексы), позволяет разработать дифференцированные комплексы мероприятий для поддержания качества подземных вод. На территории сельского поселения агрохозяйственного профиля этому будет способствовать реализация ряда мероприятий по приведению зон санитарной охраны к нормативным требованиям для предотвращения возможных проблем в будущем. Из-за того, что в 37 % отобранных проб на территории сельских поселений с сильной техногенной нагрузкой наблюдались опасная и высокоопасная степени загрязнения вод, рекомендуется использование фильтров грубой очистки для удаления крупных частиц и примесей, применение химических реагентов для осаждения тяжелых металлов и их последующего удаления, а также специальных фильтров (ионообменных или мембранных).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

CONFLICT OF INTERESTS

The authors declare no relevant conflict of interests.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В.С. Современное состояние нормативной базы в области водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 3. С. 4–13.
2. Валеев Т.К., Сулейманов Р.А., Орлов А.А., Бактыбаева З.Б., Рахматуллин Н.Р. Оценка риска здоровью населения, связанного с качеством питьевой воды // Здоровье населения и среда обитания. 2016. № 9 (282). С. 17–19.
3. Маркин В.Н., Раткович Л.Д., Глазунова И.В. Особенности методологии комплексного водопользования. М.: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. 140 с.
4. Kornilov A.G., Kolmykov S.N., Petina M.A., Lebedeva M.G. Impact monitoring of mining enterprises of Kursk magnetic anomaly on hydro ecological river situation of the Belgorod region // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2015. Vol. 6. No. 4. P. 123–127.
5. Rukavishnikov V.S., Efimova N.V., Savchenkov M.F., Mylnikova I.V., Lisovtsov A.A. Quality of drinking water and risk to the health of the population of the south Baikal region (Russia) // Emerging Contaminants. 2024. Vol. 10. Issue 2. Article 100300. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100300>.
6. Орлова Е.С., Заносова В.И., Рыбкина И.Д. Уровни залегания, условия питания и гидрохимия водоносных горизонтов бессточной области Обь-Иртышского междуречья (на примере степной части Алтайского края) // Географический вестник. 2024. № 1 (68). С. 71–86. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2024-1-71-86>.
7. Kelly E.R., Cronk R., Kumpel E., Howard G., Bartram J. How we assess water safety: A critical review of sanitary inspection and water quality analysis // Science of the Total Environment. 2020. Vol. 718. Article 137237. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137237>.
8. Wang Y., Li P. Appraisal of shallow groundwater quality with human health risk assessment in different seasons in rural areas of the Guanzhong Plain (China) // Environmental Research. 2022. Vol. 207. Article 112210. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112210>.
9. Fuentes N., Arriagada A., Pareja C., Molina-Roco M. Quality and influences of natural and anthropogenic factors on drinking water in rural areas of Southern Chile // Water. 2024. Vol. 16. No. 19. Article 2830. <https://doi.org/10.3390/w16192830>.
10. Куролап С.А., Яковенко Н.В., Федотов В.И., Михно В.Б., Костылева А.Н. Геоэкологическая диагностика субъектов Центрального Черноземья // Юг России: экология, развитие. 2019. Т. 14. № 1. С. 67–80. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-1-67-80>.
11. Орлова Е.С., Рыбкина И.Д. Эколого-водохозяйственная оценка как инструмент управления водопользованием и качеством жизни населения сельских территорий Алтайского края // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2020. № 4. С. 52–66. <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2020-4-52-66>.
12. Харина Г.В., Алешина Л.В. Оценка загрязнения питьевой воды Свердловской области тяжелыми металлами // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2020. № 1. С. 124–134. <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2020-1-124-134>.
13. Kleyn S.V., Vekovshina S.A. Priority risk factors related to drinking water from centralized water supply system that create negative trends in population health // Health Risk Analysis. 2020. No. 3. P. 48–59. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.06.eng>.
14. Potyutko O.M. Assessment of ecological state of water bodies using integral hydro/biological and hydro/chemical indicators // Russian Meteorology and Hydrology. 2021. Vol. 46. No. 8. P. 539–544. <https://doi.org/10.3103/S1068373921080057>.
15. Горбанев С.А., Степанян А.А., Исаев Д.С., Мозжухина Н.А., Еремин Г.Б., Мясников И.О. Обоснование выбора приоритетных показателей для контроля качества воды водоносных горизонтов // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 8. С. 842–849. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-8-842-849>.
16. Иванютин Н.М., Подовалова С.В., Джапарова А.М. Интегральная оценка питьевых вод из подземных источников бассейна реки Салгир // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 5. С. 493–502. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-493-502>.

17. Lisetskii F.N., Buryak Z.A. Runoff of water and its quality under the combined impact of agricultural activities and urban development in a small river basin // *Water*. 2023. Vol. 15. No. 13. Article 2443. <https://doi.org/10.3390/w15132443>.
18. Бродская Н.А., Мякишева Н.В., Александрова К.В. Оценка разномасштабного взаимодействия поверхностных и подземных вод // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*. 2015. № 38. С. 36–50.
19. Lisetskii F., Kitov M., Spesivtseva A., Marinina O. Ecological assessment of bottom sediments for conditions of an agro-industrial region with high anthropogenic load // *E3S Web of Conferences*. 2024. Vol. 548. Article 01018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454801018>.
20. Shvartsev S.L. Hydro/geochemistry of the hypergenesis zone // *Geochemistry international*. 2000. Vol. 38. Suppl. 2. P. 260–276.
21. Stiff Jr H.A. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns // *Journal of petroleum technology*. 1951. Vol. 3. No. 10. P. 15–17. <https://doi.org/10.2118/951376-G>.
22. Реки и водные объекты Белогорья / под ред. Ф.Н. Лисецкого. Белгород: Константа, 2015. 362 с.
23. Корнилов А.Г., Киселев В.В., Курепина В.А., Лопина Е.М., Боровлев А.Э. Биогенное загрязнение водных объектов в сельскохозяйственных районах Белгородской области // *Региональные геосистемы*. 2023. Т. 47. № 1. С. 76–87. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-1-76-87>.
24. Косинова И.И., Закусилов В.П., Белозеров Д.А. Методика комплексной оценки трансформации приповерхностных водоносных горизонтов техногенно-нагруженных территорий // *Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Геология*. 2013. № 2. С. 162–170.

REFERENCES

1. Alekseev V.S. The current state of the regulatory framework in the field of water supply. *Water supply and sanitary technology*. 2014. No. 3. P. 4–13. (In Russ.).
2. Valeev T.K., Suleymanov R.A., Orlov A.A., Baktybaeva Z.B., Rakhmatullin N.R. Assessment of the public health risk associated with drinking water quality. *Public Health and Life Environment*. 2016. No. 9 (282). P. 17–19. (In Russ.).
3. Markin V.N., Ratkovich L.D., Glazunova I.V. Features of the methodology of integrated water management. Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. 2016. 140 p. (In Russ.).
4. Kornilov A.G., Kolmykov S.N., Petina M.A., Lebedeva M.G. Impact monitoring of mining enterprises of Kursk magnetic anomaly on hydro ecological river situation of the Belgorod region. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2015. Vol. 6. No. 4. P. 123–127.
5. Rukavishnikov V.S., Efimova N.V., Savchenkov M.F., Mylnikova I.V., Lisovtsov A.A. Quality of drinking water and risk to the health of the population of the south Baikal region (Russia). *Emerging Contaminants*. 2024. Vol. 10. Issue 2. Article 100300. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100300>.
6. Orlova E.S., Zanosova V.I., Rybkina I.D. Levels of deposition, recharge conditions and hydrochemistry of aquifers of the Ob-Irtysh interfluvium (a case study of the steppe part of the Altai territory). *Geographical bulletin*. 2024. No. 1 (68). P. 71–86. (In Russ.). <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2024-1-71-86>.
7. Kelly E.R., Cronk R., Kumpel E., Howard G., Bartram J. How we assess water safety: A critical review of sanitary inspection and water quality analysis. *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 718. Article 137237. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137237>.
8. Wang Y., Li P. Appraisal of shallow groundwater quality with human health risk assessment in different seasons in rural areas of the Guanzhong Plain (China). *Environmental Research*. 2022. Vol. 207. Article 112210. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112210>.
9. Fuentes N., Arriagada A., Pareja C., Molina-Roco M. Quality and influences of natural and anthropogenic factors on drinking water in rural areas of Southern Chile. *Water*. 2024. Vol. 16. No. 19. Article 2830. <https://doi.org/10.3390/w16192830>.
10. Kurolap S.A., Yakovenko N.V., Fedotov V.I., Mikhno V.B., Kostyleva L.N. Geoecological diagnostics of the subjects of the Central Chernozem region. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye [South of Russia: ecology, development]*. 2019. Vol. 14. No. 1. P. 67–80. (In Russ.). <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2019-1-67-80>.

11. Orlova E.S., Rybkina I.D. Environmental and hydro/economic assessment as a tool for managing water use and life quality of population in rural territories of Altai Kray. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2020. No. 4. P. 52–66. (In Russ.). <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2020-4-52-66>.
12. Kharina G.V., Alyoshina L.V. Analysis of the quality of groundwater in the Sverdlovsk region. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*. 2020. No. 1. P. 124–134. (In Russ.). <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2020-1-124-134>.
13. Kleyn S.V., Vekovshina S.A. Priority risk factors related to drinking water from centralized water supply system that create negative trends in population health. *Health Risk Analysis*. 2020. No. 3. P. 48–59. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.06.eng>.
14. Potyutko O.M. Assessment of ecological state of water bodies using integral hydro/biological and hydro/chemical indicators. *Russian Meteorology and Hydrology*. 2021. Vol. 46. No. 8. P. 539–544. <https://doi.org/10.3103/S1068373921080057>.
15. Gorbanev S.A., Stepanyan A.A., Isaev D.S., Mozhukhina N.A., Eremin G.B., Myasnikov I.O. Justification of the priority indicators choice for water quality control in aquifers. *Hygiene and Sanitation*. 2022. Vol. 101. No. 8. P. 842–849. (In Russ.). <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-8-842-849>.
16. Ivanyutin N.M., Podovalova S.V., Dzhaparova A.M. Integral assessment of drinking water from underground sources of the Salgir river basin. *Hygiene and Sanitation*. 2022. Vol. 101. No. 5. P. 493–502. (In Russ.). <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-5-493-502>.
17. Lisetskii F.N., Buryak Zh.A. Runoff of water and its quality under the combined impact of agricultural activities and urban development in a small river basin. *Water*. 2023. Vol. 15. No. 13. Article 2443. <https://doi.org/10.3390/w15132443>.
18. Brodskaya N.A., Myakisheva N.V., Alexandrova K.V. The estimation of different scale surface and undersurface waters interrelation. *Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological University*. 2015. No. 38. P. 36–50. (In Russ.).
19. Lisetskii F., Kitov M., Spesivtseva A., Marinina O. Ecological assessment of bottom sediments for conditions of an agro-industrial region with high anthropogenic load. *E3S Web of Conferences*. 2024. Vol. 548. Article 01018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454801018>.
20. Shvartsev S.L. Hydro/geochemistry of the hyper/genesis zone. *Geochemistry international*. 2000. Vol. 38. Suppl. 2. P. 260–276.
21. Stiff Jr H.A. The interpretation of chemical water analysis by means of patterns. *Journal of petroleum technology*. 1951. Vol. 3. No. 10. P. 15–17. <https://doi.org/10.2118/951376-G>.
22. Rivers and water bodies of Belgorie. Edited by F.N. Lisetskii. Belgorod: Constanta, 2015. 362 p. (In Russ.).
23. Kornilov A.G., Kiselev V.V., Kurepina V.A., Lopina E.M., Borovlev A.E. Biogenic pollution of water bodies in agricultural areas of the Belgorod region. *Regional Geo/systems*. 2023. Vol. 47. No. 1. P. 76–87. (In Russ.). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2023-47-1-76-87>.
24. Kosinova I.I., Zakusilov V.P., Belozarov D.A. Integrated assessment methodology transformation upper aquifer layers technologically laden areas. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*. 2013. No. 2. P. 162–170. (In Russ.).

Сведения об авторах:

Косинова Ирина Ивановна, д-р геол.-минерал. наук, профессор, заведующий кафедрой экологической геологии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1; Scopus ID- 57190225627; РИНЦ ID-114754; ORCID: 0000-0002-9130-7926; e-mail: kosinova777@yandex.ru

Лисецкий Федор Николаевич, д-р геогр. наук, профессор, кафедры природопользования и земельного кадастра, Институт наук о Земле, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85; Scopus ID- 15731091700; РИНЦ ID- 118793; ORCID: 0000-0001-9019-4387; e-mail: fnliset@mail.ru

Бударина Виктория Александровна, канд. юрид. наук, доцент, кафедра экологической геологии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1; Scopus ID-15731091700; РИНЦ ID- 731648; ORCID: 0000-0001-8091-0730; e-mail: budarinav@yandex.ru

About the authors:

Irina I. Kosinova, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Head of the Department of Ecological Geology, Voronezh State University, Universitetskaya, 1, Voronezh, 394018, Russia; Scopus ID- 57190225627; e-mail: kosinova777@yandex.ru

Fedor N. Lisetskiy, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Department of Nature Management and Land Cadaster, Institute of Earth Sciences, Belgorod State National Research University, Pobedy, 85, Belgorod, 308015, Russia; Scopus ID- 15731091700; e-mail:fnliset@mail.ru

Victoria A. Budarina, Candidate of Legal Sciences, Associate Professor of the Department of Ecological Geology, Voronezh State University, Universitetskaya, 1, Voronezh, 394018, Russia; Scopus ID- 15731091700; e-mail: budarinav@yandex.ru

Поступила в редакцию / Received 17.02.2025

Поступила после рецензирования / Revised 16.03.2025

Принята к публикации / Accepted 15.07.2025.