

НАУКИ О ЗЕМЛЕ**EARTH SCIENCES**

УДК 556.388(476.1+476.4+476.6)

<https://doi.org/10.29235/1561-8323-2025-69-5-416-424>

Поступило в редакцию 03.06.2025

Received 03.06.2025

**В. И. Пашкевич, академик А. В. Матвеев, Е. А. Кухарик,
А. С. Глаз, А. М. Кухарик**

*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси,
Минск, Республика Беларусь*

**ЗАЩИЩЕННОСТЬ ГРУНТОВЫХ ВОД ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕЛАРУСИ**

Аннотация. На основании анализа особенностей геологического строения и состава четвертичных отложений, почвенного покрова и мощности зоны аэрации на территории Центральной Беларуси, фондовых и опубликованных данных, материалов полевых и лабораторных исследований выполнено районирование региона по степени естественной защищенности подземных вод первого от поверхности безнапорного водоносного горизонта (грунтовые воды) от загрязнения. Выделено четыре типа территорий: незащищенные (3–5 баллов), недостаточно защищенные (6–8 баллов), относительно защищенные (9–11 баллов), защищенные (12–13 баллов). Показано, что участки с незащищенными и недостаточно защищенными от загрязнения грунтовыми водами приурочены преимущественно к низменным и равнинным пространствам в юго-восточной и северо-западной частях Центральной Беларуси, а районы с относительно защищенными и защищенными грунтовыми водами распространены в основном в центральной и северо-восточной частях региона в пределах краевых ледниковых возвышенностей и прилегающих к ним равнин.

Ключевые слова: геологическая среда, грунтовые воды, естественная защищенность от загрязнения, гидрогеохимия, Центральная Беларусь

Для цитирования. Защищенность грунтовых вод от загрязнения на территории Центральной Беларуси / В. И. Пашкевич, А. В. Матвеев, Е. А. Кухарик [и др.] // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2025. – Т. 69, № 5. – С. 416–424. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2025-69-5-416-424>

**Vasiliy I. Pashkevich, Academician Aleksey V. Matveyev, Evgeniy A. Kukharik,
Alexander S. Glaz, Anna M. Kukharik**

*Institute for Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus,
Minsk, Republic of Belarus*

**GROUNDWATER PROTECTION FROM POLLUTION
IN THE CENTRAL BELARUS AREA**

Abstract. Based on the analysis of the structural and compositional features of Quaternary sediments, soil cover and aeration zone thickness, archive and published data, field and laboratory research materials the region of Central Belarus was zoned according to the degree of natural protection of the first from the surface unconfined aquifer from pollution. Four types of territories were identified: unprotected (3–5 points), insufficiently protected (6–8 points), relatively protected (9–11 points), and protected (12–13 points). It was shown that areas with unprotected and insufficiently protected from pollution groundwater are related mainly to lowlands and flat areas in the central and western parts of Central Belarus. In contrast, areas with relatively protected and protected groundwater are distributed mainly in the western and northeastern parts of the region within the moraine uplands and adjacent plains.

Keywords: geological environment, groundwater, natural protection from pollution, hydrogeochemistry, Central Belarus

For citation. Pashkevich V. I., Matveyev A. V., Kukharik E. A., Glaz A. S., Kukharik A. M. Groundwater protection from pollution in the Central Belarus area. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi = Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus*, 2025, vol. 69, no. 5, pp. 416–424. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2025-69-5-416-424>

Введение. Подземные воды являются одним из важнейших компонентов геологической среды, способным оказывать непосредственное влияние на здоровье населения. Это обусловлено тем, что пресные подземные воды являются основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения в Беларуси [1], и их качество способно формировать весьма существенные геоэкологические риски для всего населения.

Качество подземных вод, т. е. их соответствие санитарно-гигиеническим нормативам, установленным в Беларуси для питьевых вод в системах централизованного и нецентрализованного водоснабжения¹, определяется как природными, так и антропогенными факторами. К группе *природных факторов* формирования химического состава подземных вод относятся: качество и состав атмосферных осадков, питающих подземные воды; температура воздуха, состав пород зоны аэрации и водовмещающих пород, что влияет на величину инфильтрационного питания подземных вод и скорость процессов растворения минералов; характер почвенного покрова, степень заболоченности территории, что влияет на формирование геохимической среды в толще подземных вод (окислительная или восстановительная) и на степень их насыщения компонентами растворения и выщелачивания минералов. К группе *антропогенных факторов* формирования химического состава подземных вод относятся, прежде всего, процессы загрязнения. Основными его видами являются сельскохозяйственное, коммунально-бытовое, промышленное и транспортное. На качество подземных вод значительное влияние могут оказывать также такие техногенные факторы, как осушительные мелиорации, интенсивный водоотбор подземных вод на групповых водозаборах или водоотлив из карьеров, в значительной степени изменяющих подземную гидродинамику.

Негативное влияние природных факторов на качество подземных вод в условиях Беларуси проявляется чаще всего в росте содержания в водах железа (в форме Fe^{2+} и Fe^{3+}), реже марганца (Mn^{2+}) и связанной с этим повышенной мутности и цветности воды. В отдельных случаях в подземных водах фиксируется повышение содержания кремнекислоты, которая в воде присутствует в основном в форме H_4SiO_4 , а также бора (B), бария (Ba) и фтора (F^-). Следует, однако, отметить, что в большинстве водоисточников (скважин и колодцев) наблюдается дефицит фтора, т. е. его содержание ниже физиологически оптимального уровня, который составляет $0,7 \text{ мг/дм}^3$ [2]. Это является геохимической особенностью белорусского региона как, впрочем, и большинства стран зоны гумидного климата [3].

Наиболее негативное влияние на качество подземных вод оказывают процессы антропогенного загрязнения. Под влиянием *сельскохозяйственного и коммунально-бытового загрязнения*, которое проявляется на огромных площадях сельскохозяйственных земель, участках расположения животноводческих ферм, мест хранения минеральных и органических удобрений и ядохимикатов, в пределах населенных пунктов, полей фильтрации и полигонов коммунальных отходов, в подземных водах фиксируются высокие уровни загрязнения по нитратам (NO_3^-), хлоридам (Cl^-), сульфатам (SO_4^{2-}), -аммонию (NH_4^+), натрий-иону (Na^+), реже по синтетическим поверхностно-активным веществам (СПАВ) и нефтепродуктам. На участках, где проявляется *промышленное и транспортное загрязнение* (промышленные площадки предприятий, рассолохранилища и шламонакопители, полигоны промышленных отходов, места хранения нефтепродуктов, нефте- и продуктопроводы и др.), в подземных водах наблюдается загрязнение по хлоридам (Cl^-), натрий-иону (Na^+), нефтепродуктам, тяжелым металлам (Cr, Cu, Ni и др.), а также по широкому перечню химических соединений, которые применяются или образуются в технологических процессах.

¹ Об утверждении гигиенических нормативов : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 25 янв. 2021 г. № 37 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037> (дата обращения: 24.04.2025).

Сельскохозяйственное и коммунально-бытовое загрязнение проявляется на огромных площадях и имеет, таким образом, региональный характер. Промышленное и транспортное загрязнение проявляется на сравнительно меньших площадях, имеет, следовательно, более локальный характер, но отличается особенно высокой интенсивностью. Однако во всех случаях наибольшему негативному воздействию оказываются подвержены *подземные воды первого от поверхности безнапорного водоносного горизонта – грунтовые воды*. В связи с этим оценка степени защищенности от загрязнения именно грунтовых вод имеет наиболее важное практическое значение. Этот тезис подтверждается тем фактом, что специальные исследования по оценке защищенности подземных вод от загрязнения в различных геологических и природно-климатических условиях проводится во многих странах мира именно в отношении грунтовых вод, о чем свидетельствует представительная опубликованная литература [4–9].

Материалы и методы исследований. В настоящее время существует несколько методик картографической оценки степени защищенности грунтовых вод от загрязнения [7; 10; 11]. Наиболее детальной, т. е. учитывающей наибольшее количество факторов, влияющих на степень защищенности грунтовых вод от разных видов загрязнения (радиоактивного, химического и др.), является методика, разработанная в 2003–2008 гг. А. П. Белоусовой [7–9]. Она позволяет выполнять картографическую оценку *защищенности* и *уязвимости* к загрязнению как грунтовых, так и напорных подземных вод. Именно картографическое отображение степени защищенности подземных вод от загрязнения дает возможность оценить закономерности ее площадной изменчивости на территории отдельных регионов.

При оценке степени защищенности грунтовых вод от загрязнения ключевым понятием является «*защитная зона, обеспечивающая сохранность грунтовых вод от загрязнения*». Защитная зона – это зона, отделяющая подземные воды от поверхностного загрязнения и имеющая двухуровневое строение: 1 – почвы и 2 – породы зоны аэрации [7]. *Защищенность грунтовых вод* – это способность защитной зоны препятствовать проникновению загрязнения с поверхности в грунтовые воды в течение определенного времени. Здесь важно отметить, что не существует абсолютно защищенных грунтовых вод, поскольку их формирование происходит путем постоянной инфильтрации атмосферных осадков с земной поверхности через почвы и породы зоны аэрации. Инфильтрующиеся атмосферные осадки и переносят с той или иной интенсивностью загрязняющие вещества в грунтовые воды. Степень интенсивности переноса зависит как от характера загрязнения, так и от свойств защитной зоны, от ее способности сорбировать или преобразовывать загрязнение, а также замедлять его продвижение к горизонту грунтовых вод.

Рассматривается также такое понятие, как «*уязвимость грунтовых вод к загрязнению*». Оно представляет собой отношение реальной техногенной нагрузки на изучаемой территории (уровни загрязнения почвы конкретными радионуклидами или химическими веществами) к естественной защищенности грунтовых вод. Авторами методики рассматривается также такое понятие, как «*природный защитный потенциал*» – это способность геологической среды (почв и пород зоны аэрации) удерживать загрязнение в защитной зоне [8, с. 155]. Природный защитный потенциал зависит от литологических, фильтрационных и сорбционных свойств почв и пород зоны аэрации [7–9]. При построении *карты защитной зоны* первый уровень защитной зоны отражается на почвенной карте¹, на которой показан тип почв и их механический состав.

Строение второго уровня защитной зоны характеризуется данными карты глубин залегания грунтовых вод на территории Беларуси², а литологический состав пород зоны аэрации – материалами геологической карты четвертичных отложений Белорусской ССР масштаба 1 : 500 000³.

¹ Глебы: М 1 : 1 250 000 / М. И. Смеян, Г. С. Цытрон, Л. И. Шыбут // Нацыянальны атлас Беларусі [Карты] / складзены і падрыхтаваны да друку РУП «Белкартаграфія» ў 2000–2002 гг. – [Маштабы розныя]. – Мінск, 2002. – С. 100–101.

² Карта глубин залегания грунтовых вод территории Беларуси / сост. Л. А. Кривошейко [и др.]. – Минск, 1992. – 1 к.

³ Геологическая карта четвертичных отложений Белорусской ССР / М-во геологии СССР, Управление геологии БССР; гл. ред. Г. И. Горещкий. – 1 : 500 000, 5 км в 1 см. – Минск, 1983. – 4 л.

Следующим этапом построения карты защитной зоны является установление категорий для характеристики природного потенциала защитной зоны и ее способности защитить грунтовые воды от загрязнения поллютантами любого типа (радионуклидами, нефтепродуктами, нитратами и др.) и генезиса. По соотношению литологического состава первого и второго уровней защитной зоны (почвы и породы зоны аэрации) и глубине залегания грунтовых вод на качественном уровне устанавливаются следующие категории природного защитного потенциала защитной зоны: чрезвычайно слабый, слабый, средний и высокий [9].

Карта защищенности грунтовых вод от загрязнения строится путем наложения почвенной карты, отображающей строение первого уровня защитной зоны, и карты, характеризующей строение второго уровня защитной зоны (глубин залегания грунтовых вод и состава пород зоны аэрации). Для построения карты защищенности грунтовых вод от загрязнения была использована качественная оценка параметров геологической среды (типы почв, литологические типы пород зоны аэрации и ее мощность) на основе балльной системы (табл. 1–3), предложенной А. П. Белоусовой [7; 8] с дополнениями авторов.

Т а б л и ц а 1. Сорбционная (поглощающая) способность почв
в зависимости от их механического состава

Table 1. Sorption capacity of soils depending on their mechanical composition

Почвообразующие отложения по механическому составу Soil-forming deposits by mechanical composition	Баллы Points	Качественная характеристика по поглощающей способности Qualitative characteristics by absorption capacity
Песчаные	1	Слабая
Супесчаные	2	Средняя
Торфяные	3	Высокая
Суглинистые	4	Очень высокая

Т а б л и ц а 2. Литологические типы пород зоны аэрации по проникающей способности

Table 2. Lithological types of sediments in the aeration zone according to penetrating ability

Литологические типы пород Lithological rock types	Баллы Points	Качественная характеристика по проникающей способности Qualitative characteristics based on penetrating ability
Пески	1	Очень высокая
Супеси	2	Высокая
Торф	3	Средняя
Суглинки и глины	4	Слабая

Т а б л и ц а 3. Градации защищенности по мощности зоны аэрации
(по глубине залегания грунтовых вод)

Table 3. Gradations of protection by the thickness of the aeration zone (by the depth of groundwater table)

Литологические типы пород Lithological rock types	Баллы Points	Качественная характеристика по проникающей способности Qualitative characteristics based on penetrating ability
0–1	1	Очень слабая
1–3	2	Слабая
3–5	3	Средняя
5–10	4	Высокая
более 10	5	Очень высокая

В зависимости от соотношения оцениваемых параметров геологической среды по сумме баллов выделено четыре типа территорий по условиям естественной защищенности подземных вод первого от поверхности безнапорного горизонта (грунтовые воды) от загрязнения: незащищенные (3–5 баллов); недостаточно защищенные (6–8 баллов); относительно защищенные (9–11 баллов); защищенные (12–13 баллов) (табл. 4).

Построение карты естественной защищенности грунтовых вод от загрязнения территории Центральной Беларуси осуществлялось путем последовательного наложения друг на друга оцифрованных карт почвенного покрова, состава пород зоны аэрации и глубин залегания грунтовых вод. Предварительно на этих картах каждому контуру, отражающему тип почв, состав пород зоны аэрации или глубину залегания грунтовых вод, присваивался определенный балл (в соответствии с табл. 1–3). На основе суммирования этих баллов и в соответствии с категоризацией уровней защищенности (табл. 4) на карте выделялись новые контуры, характеризующие степень естественной защищенности грунтовых вод от загрязнения в пределах каждого участка территории исследованного региона.

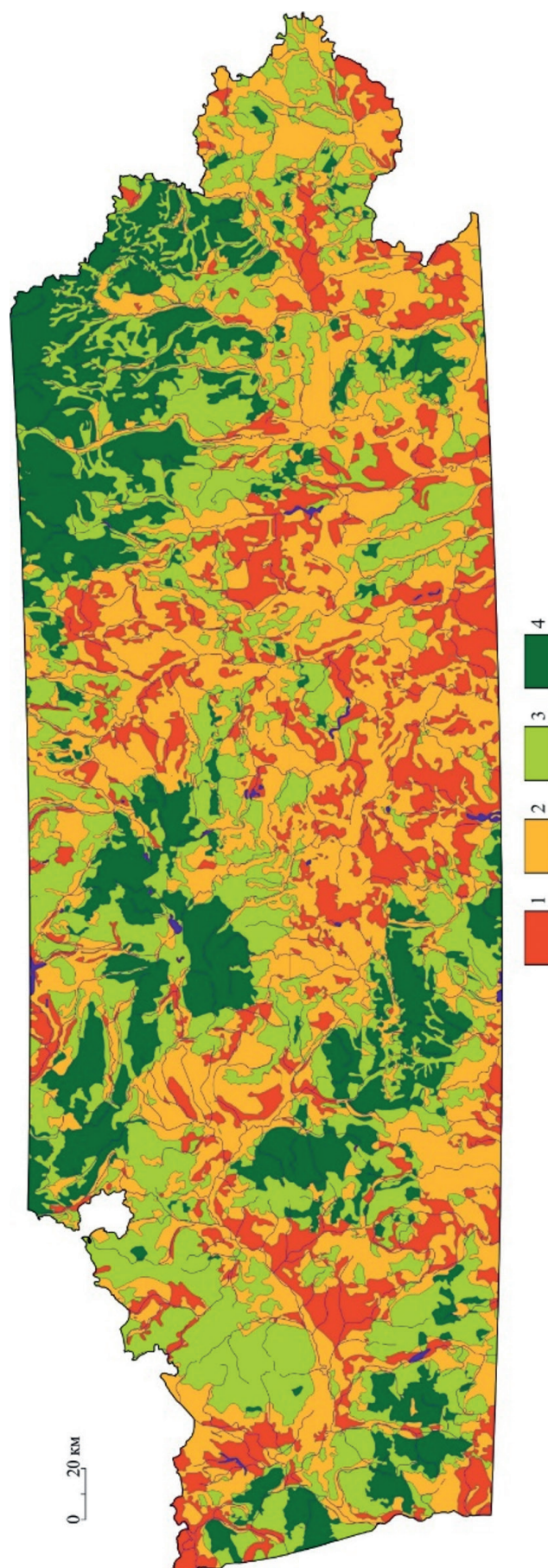
Т а б л и ц а 4. Оценка естественной защищенности подземных вод первого от поверхности безнапорного горизонта (грунтовые воды) от загрязнения

Table 4. Assessment of natural protection of the first from the surface unconfined aquifer (groundwater) from pollution

Оцениваемые параметры геологической среды Assessed parameters of the geological environment	Категории естественной защищенности грунтовых вод от загрязнения Categories of natural groundwater protection from pollution			
	Незащищенные (3–5 баллов) Unprotected (3–5 points)	Недостаточно защищенные (6–8 баллов) Insufficiently protected (6–8 points)	Относительно защищенные (9–11 баллов) Relatively protected (9–11 points)	Защищенные (12–13 баллов) Protected (12–13 points)
Типы почвообразующих отложений по сорбционной способности (песчаные, супесчаные, торфяные, суглинистые)	1	2	2–3	3–4
Литологические типы пород зоны аэрации по проникающей способности (пески, супеси, торф, суглинки и глины)	1–2	2–3	2–4	3–4
Градации защищенности по мощности зоны аэрации (по глубине залегания грунтовых вод: 0–1, 1–3, 3–5, 5–10 м, более 10 м)	1–2	2–3	3–4	4–5

Результаты и их обсуждение. Анализ данных построенной карты (рисунок) показывает, что она отражает значительное разнообразие территории Центральной Беларуси по условиям защищенности грунтовых вод от загрязнения.

Весьма значительные площади в центральной и западной части изученного региона занимают участки с *незащищенными* и *недостаточно защищенными* грунтовыми водами, на долю которых приходится 15,6 и 36,6 % территории соответственно. Они преимущественно расположены в пределах Озерской водно-ледниковой, Скидельской озерно-ледниковой, Светлогорской и Вилейской моренно-водно-ледниковых низин, Коссовской, Пуховичской, Бобруйской, Центрально-Березинской водно-ледниковых, Светиловичской, Костюковичской и Солигорской моренно-водно-ледниковых равнин, а также западной части Новогрудской возвышенности. Участки с незащищенными и недостаточно защищенными грунтовыми водами приурочены в основном к районам с широким развитием в разрезе покровных отложений флювиогляциальных надморенных аккумуляций припятского (сожского) и поозерского возраста, представленных преимущественно песчаными и супесчаными разностями, а также голоценовыми органогенными (торфяными) отложениями. Кроме этого, их характерными особенностями являются небольшие глубины залегания грунтовых вод (как правило, не более 3–5 м) и легкий механический состав почв. Эти параметры обуславливают невысокий в целом природный защитный потенциал геологической среды на таких участках. Следует, однако, учитывать, что в долинах рек в формировании ресурсов грунтовых вод значительную роль играет *подток напорных подземных вод*. Вследствие этого динамика распространения загрязнения в горизонте грунтовых вод в долинах рек будет существенно иной, нежели в пределах обширных водораздельных пространств.



Карта естественной защищенности подземных вод первого от поверхности водоносного горизонта (грунтовые воды) от загрязнения на территории Центральной Беларуси. Типы территорий (оценка в баллах):

1 – незащищенные (3–5); 2 – недостаточно защищенные (6–8); 3 – относительно защищенные (9–11); 4 – защищенные (12–13)

Map of natural protection from pollution of the first from the surface unconfined aquifer (groundwater) in the Central Belarus area.

Types of territories (in points): 1 – unprotected (3–5); 2 – insufficiently protected (6–8);

3 – relatively protected (9–11); 4 – protected (12–13)

Площади с *относительно защищенными* и *защищенными* от загрязнения грунтовыми водами в пределах Центральнoбелорусского региона в основном расположены в западной и северо-восточной его части, а на их долю приходится 29,6 и 18,3 % территории соответственно. Наибольшей степенью защищенности от загрязнения грунтовые воды характеризуются в пределах Минской, Слонимской, Гродненской, Волковысской, Новогрудской, Лукомской и Оршанской краевых ледниковых возвышенностей, Ошмянской и Копыльской краевых ледниковых гряд, Могилевской водно-ледниково-моренной, Чечерской моренно-водно-ледниковой, Вороновской водно-ледниковой, Горецкой, Лидской и Столбцовой моренных равнин. Отличительными особенностями таких участков являются преобладание в разрезе покровных отложений моренных аккумуляций припятского (сожского) возраста, характеризующихся пестрым гранулометрическим составом с присутствием суглинков и глин, а глубина залегания грунтовых вод составляет в основном более 10 м.

В целом построенная карта естественной защищенности подземных вод первого от поверхности безнапорного водоносного горизонта (грунтовые воды) от загрязнения отражает характер значительной площадной изменчивости природного защитного потенциала геологической среды (почвы и породы зоны аэрации), препятствующего проникновению загрязнения с поверхности в грунтовые воды. Так как карта построена на цифровой основе и включает три слоя с информацией о трех уровнях защитного потенциала геологической среды (почвы, породы зоны аэрации и глубина залегания грунтовых вод), это дает возможность выполнять количественную оценку уязвимости грунтовых вод от конкретных видов загрязняющих веществ (нитраты, радиоактивные вещества и др.). Карта защищенности грунтовых вод позволяет выполнять прогнозные оценки геоэкологических рисков для населения, которые формируются процессами антропогенного загрязнения, а также обосновывать регламентации проведения экологической деятельности на конкретных участках территории Центральной Беларуси.

Заключение. Подземные воды способны оказывать непосредственное влияние на здоровье человека. Это обусловлено, прежде всего, тем, что они являются основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения в Беларуси и их качество способно формировать весьма существенные геоэкологические риски для населения, в первую очередь сельского. Для характеристики степени защищенности подземных вод от загрязнения на территории Центральной Беларуси были проведены специальные исследования. С использованием качественной оценки параметров геологической среды (почвы, литологический состав пород зоны аэрации и ее мощность) на основе балльной системы построена карта естественной защищенности подземных вод первого от поверхности безнапорного водоносного горизонта (грунтовые воды) от загрязнения. Выделено четыре типа территорий (по условиям естественной защищенности грунтовых вод от загрязнения): незащищенные (3–5 баллов); недостаточно защищенные (6–8 баллов); относительно защищенные (9–11 баллов); защищенные (12–13 баллов). На долю выделенных таксонов приходится 15,6, 36,6, 29,6 и 18,3 % площади территории соответственно. Участки с *незащищенными* и *недостаточно защищенными* от загрязнения грунтовыми водами приурочены преимущественно к низменным и равнинным пространствам в юго-восточной и северо-западной частях Центральной Беларуси. Районы с *относительно защищенными* и *защищенными* грунтовыми водами распространены в основном в центральной и северо-восточной частях изученного региона в пределах краевых ледниковых возвышенностей и прилегающих к ним равнин.

Вместе с тем необходимо подчеркнуть, что не существует абсолютно защищенных грунтовых вод, поскольку их формирование происходит путем постоянной инфильтрации атмосферных осадков с земной поверхности через почвы и породы зоны аэрации. Инфильтрующиеся атмосферные осадки и переносят с той или иной интенсивностью загрязняющие вещества в грунтовые воды. Степень интенсивности переноса зависит как от характера загрязнения, так и от свойств защитной зоны, от ее способности сорбировать или преобразовывать загрязнение, а также замедлять его продвижение к горизонту грунтовых вод.

Список использованных источников

1. Пашкевич, В. Гидроминеральные ресурсы / В. Пашкевич, О. Васнева // Наука и инновации. – 2025. – № 3. – С. 11–15.
2. Кудельский, А. В. Региональная гидрогеология и геохимия подземных вод Беларуси / А. В. Кудельский, В. И. Пашкевич. – Мн., 2014. – 271 с.
3. Крайнов, С. Р. Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты / С. Р. Крайнов, Б. Н. Рыженко, В. М. Швец; отв. ред. Н. П. Лаверов. – М., 2012. – 672 с.
4. Han, Z. Groundwater resources protection and aquifer recovery in China / Z. Han // *Environmental Geology*. – 2003. – Vol. 44. – P. 106–111. <https://doi.org/10.1007/s00254-002-0705-x>
5. Adams, B. Land-surface zoning for groundwater protection / B. Adams, S. S. D. Foster // *Water and Environmental Journal*. – 1992. – Vol. 6, N 3. – P. 312–319. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.1992.tb00755.x>
6. Пасмарнова, С. П. Анализ природных факторов защищенности от загрязнения основных водоносных комплексов юго-западной части Воронежской области / С. П. Пасмарнова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2019. – № 2. – С. 132–136. <https://doi.org/10.17308/geology.2019.2/1801>
7. Белоусова, А. П. Основные принципы и рекомендации по оценке и картированию защищенности подземных вод от загрязнения / А. П. Белоусова // Водные ресурсы. – 2003. – Т. 30, № 6. – С. 667–677.
8. Белоусова, А. П. Особенности унифицированной методики оценки защищенности подземных вод от загрязнения / А. П. Белоусова, Е. Э. Руденко // Недропользование XXI век. – 2018. – № 2 (71). – С. 154–161.
9. Белоусова, А. П. Комплексная методика оценки защищенности и уязвимости грунтовых и напорных подземных вод от различных загрязняющих веществ и ее апробация на части территории Калужской области в зоне радиоактивного следа от аварии на ЧАЭС / А. П. Белоусова, Е. Э. Руденко // Экосистемы: экология и динамика. – 2022. – Т. 6, № 2. – С. 72–98.
10. Методические рекомендации по гидрогеологическим исследованиям и прогнозам для контроля за охраной подземных вод / сост. В. М. Гольдберг [и др.]. – М., 1980. – 66 с.
11. Гольдберг, В. М. Методическое руководство по охране подземных вод от загрязнения / В. М. Гольдберг. – М., 1979. – 95 с.

References

1. Pashkevich V., Vasneva O. Hydromineral resources. *Nauka i innovatsii = Science and Innovations*, 2025, no. 3, pp. 11–15 (in Russian).
2. Kudelsky A. V., Pashkevich V. I. *Regional Hydrogeology and Geochemistry of Groundwater in Belarus*. Minsk, 2014. 217 p. (in Russian).
3. Kraynov S. R., Ryzhenko B. N., Shvets V. M.; Laverov N. P. (ed.) *Geochemistry of Ground Waters. Theoretical, Applied and Environmental Aspects*. Moscow, 2012. 672 p. (in Russian).
4. Han Z. Groundwater resources protection and aquifer recovery in China. *Environmental Geology*, 2003, vol. 44, pp. 106–111. <https://doi.org/10.1007/s00254-002-0705-x>
5. Adams B., Foster S. S. D. Land-surface zoning for groundwater protection. *Water and Environmental Journal*, 1992, vol. 6, no. 3, pp. 312–319. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.1992.tb00755.x>
6. Pasmarnova S. P. Analysis of natural factors of security from pollution basic aquifers south-western part of Voronezh region. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya = Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2019, no. 2, pp. 132–136 (in Russian). <https://doi.org/10.17308/geology.2019.2/1801>
7. Belousova A. P. The basic principles and recommendations for the assessment and mapping of the degree of groundwater protection against pollution. *Water Resources*, 2003, vol. 30, no. 6, pp. 613–622. <https://doi.org/10.1023/b:ware.0000007586.37869.94>
8. Belousova A. P., Rudenko E. E. Features of a unified methodology for assessing the protection of groundwater from pollution. *Nedropol'zovanie XXI vek = Subsoil Use XXI Century*, 2018, no. 2(71), pp. 154–161 (in Russian).
9. Belousova A. P., Rudenko E. E. Integrated methodology for assessing the protectability and vulnerability of ground and pressured groundwater from different pollutants and its application in part of the territory of the Kaluga region in the area of the radioactive trace from the accident at the Chernobyl NPP. *Ekosistemy: ekologiya i dinamika = Ecosystems: Ecology and Dynamics*, 2022, vol. 6, no. 2, pp. 72–98 (in Russian).
10. Goldberg V. M. [et al.] *Guidelines for Hydrogeological Research and Forecasts for Groundwater Protection Control*. Moscow, 1980. 66 p. (in Russian).
11. Goldberg V. M. *Methodological Guidelines for the Protection of Groundwater from Pollution*. Moscow, 1979. 95 p. (in Russian).

Информация об авторах

Пашкевич Василий Иванович – канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Республика Беларусь). E-mail: v.i.pashkevich@tut.by.

Матвеев Алексей Васильевич – академик, д-р геол.-минер. наук, профессор.

Кухарик Евгений Александрович – канд. геол.-минер. наук, доцент, заведующий лабораторией. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Республика Беларусь). E-mail: shzhk@mail.ru. ORCID: 0000-0003-0468-5281.

Глаз Александр Сергеевич – науч. сотрудник. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Республика Беларусь). E-mail: elint@tut.by.

Кухарик Анна Михайловна – инженер. Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, Минск, Республика Беларусь). E-mail: anyahomich@mail.ru. ORCID: 0009-0000-4345-0966.

Information about the authors

Pashkevich Vasily I. – Ph. D. (Geology and Mineralogy), Leading Researcher. Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoryna Str., 220076, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: v.i.pashkevich@tut.by.

Matveyev Aleksey V. – Academician, D. Sc. (Geology and Mineralogy), Professor.

Kukharik Evgeniy A. – Ph. D. (Geology and Mineralogy), Associate Professor, Head of the Laboratory. Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoryna Str., 220076, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: shzhk@mail.ru. ORCID: 0000-0003-0468-5281.

Glaz Alexander S. – Researcher. Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoryna Str., 220076, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: elint@tut.by.

Kukharik Anna M. – Engineer. Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoryna Str., 220076, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: anyahomich@mail.ru. ORCID: 0009-0000-4345-0966.