

<https://doi.org/10.47612/2079-3928-2025-1-131-137>
УДК 556.38(476.1+476.4+476.6)

Поступила в редакцию 26.04.2025
Received 26.04.2025

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ КОМФОРТНОСТЬ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕЛАРУСИ

В. И. Пашкевич, Е. А. Кухарик, А. М. Кухарик

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. В настоящей статье проанализированы гидрогеологические факторы, влияющие на комфортность среды обитания человека на территории Центральной Беларуси. Рассмотрены основные черты формирования подземной гидросферы в естественных условиях и в обстановках сосредоточенного техногенного воздействия, выражающегося в загрязнении грунтовых и напорных вод, связанных с более глубокозалегающими водоносными горизонтами; в истощении ресурсов подземных вод в результате изъятия их в местах расположения водозаборов и отдельных скважин.

Рассмотрены особенности взаимодействия подземных безнапорных (грунтовых) вод и поверхностных водных объектов (рек, озер, водохранилищ, родников), а также воздействие уровня режима грунтовых вод на состояние инженерных сооружений.

Показано, что гидрогеологические факторы, определяющие условия формирования ресурсов и качества пресных подземных вод, являются одними из важнейших, влияющих на комфортность среды обитания человека. Их учет важен при проведении эколого-геологических исследований и картирования.

Ключевые слова: подземные воды; загрязнение; истощение; комфортность среды обитания человека; Центральная Беларусь.

Для цитирования. Пашкевич В. И., Кухарик Е. А., Кухарик А. М. Гидрогеологические факторы, определяющие комфортность среды обитания человека на территории Центральной Беларуси // Природопользование. – 2025. – № 1. – С. 131–137.

HYDROGEOLOGICAL FACTORS DETERMINING THE COMFORT OF THE HUMAN HABITAT IN THE TERRITORY OF CENTRAL BELARUS

V. I. Pashkevich, E. A. Kukharik, A. M. Kukharik

Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. The present article analyzes hydrogeological factors that influence the comfort of the human habitat in a large region – Central Belarus. It considers the main features of the formation of the underground hydrosphere characteristics in natural conditions and in situations of concentrated technogenic impact, expressed in the pollution of groundwater, as well as pressure waters associated with deeper aquifers; in the depletion of groundwater resources as a result of their withdrawal at the locations of water intakes and individual wells.

Particular attention is paid to the consideration of the features of the interaction of underground unconfined (ground) waters and surface water bodies (rivers, lakes, reservoirs, springs), as well as the impact of the groundwater level regime on the state of engineering structures.

It is shown that hydrogeological factors that determine the conditions for the formation of resources and the quality of fresh groundwater are among the most important influencing the comfort of the human habitat. They are important to take into account when conducting ecological and geological studies and mapping.

Keywords: groundwater; pollution; depletion; comfort of human living environment; Central Belarus.

For citation. Pashkevich V. I., Kukharik E. A., Kukharik A. M. Hydrogeological factors determining the comfort of the human habitat in the territory of Central Belarus. *Nature Management*, 2025, no. 1, pp. 131–137.

Введение. Подземные воды являются одним из важнейших компонентов окружающей среды и в силу этого значительное число гидрогеологических факторов, под воздействием которых происходит формирование запасов и качества подземных вод, способно оказывать весьма существенное влияние на комфортность среды обитания человека. По своему характеру это влияние может быть положительным или негативным, непосредственным (прямым) или косвенным. Наличие на конкретной территории значительных ресурсов пресных подземных вод питьевого качества в целом является важнейшим фактором, определяющим благоприятные условия проживания человека, развития сельского хозяйства и промышленности.

Республика Беларусь обладает большими запасами пресных подземных вод, на использовании которых базируется практически все хозяйственно-питьевое водоснабжение [1]. Величина их естественных ресурсов достигает 43,6 млн м³/сут (пресные подземные воды относятся к категории *возобновляемых* природных ресурсов, поэтому их количество оценивается в «расходных» единицах). Разведанные и утвержденные запасы подземных вод на конкретных месторождениях, используемых для нужд водоснабжения городов и поселков, составляют 6,8 млн м³/сут. Общий водоотбор подземных вод из утвержденных и неутвержденных запасов в настоящее время не превышает 2,2 млн м³/сут, что составляет только 5 % от объема постоянно возобновляемых естественных ресурсов пресных подземных вод. Это позволяет сделать вывод о том, что имеющиеся в Беларуси ресурсы пресных подземных вод многократно превышают современные и перспективные объемы их потребления. Высокая обеспеченность ресурсами пресных подземных вод, в целом хорошего качества, является важным фактором обеспечения устойчивого социально-экономического развития нашей страны, ее экологической и в значительной степени экономической безопасности.

Цель работы – провести анализ гидрогеологических факторов, оказывающих определенное влияние на комфортность среды обитания человека на территории Центральной Беларуси.

Материалы и методика исследования. При подготовке статьи использованы данные Государственного водного кадастра за 1994–2023 гг. [2], фондовые, литературные и авторские материалы, характеризующие современное состояние подземных вод на территории исследований, а также нормативные документы, регламентирующие качество питьевых вод, источников централизованного и нецентрализованного водоснабжения [3].

Результаты и их обсуждение. В настоящее время в соответствии с Водным кодексом Республики Беларусь [4] пресные подземные воды, которые относятся к одним из ценнейших видов гидрологических ресурсов, рекомендуется использовать в основном для удовлетворения хозяйственно-питьевых нужд и ограничено в промышленности (главным образом, в пищевой промышленности). Вместе с тем наличие в стране большого количества *возобновляемых ресурсов* пресных подземных вод позволяет ставить вопрос о целесообразности их более широкого использования и в других отраслях народного хозяйства, в частности в сельском хозяйстве для нужд орошения земель в условиях изменяющегося климата. Улучшение условий ведения сельского хозяйства и повышение его продуктивности косвенным образом будут влиять и на улучшение условий среды обитания человека.

Однако наличие значительных ресурсов пресных подземных вод не снимает с повестки дня проблему их рационального использования. В последние десятилетия пресные подземные воды испытывают постоянно возрастающие техногенные нагрузки. Они создают угрозу их качеству, а на участках интенсивного сосредоточенного водоотбора приводят к истощению их запасов. Так, например, в пределах Минской городской агломерации и на прилегающей территории, где расположено 12 крупных групповых водозаборов подземных вод с несколькими сотнями артезианских скважин, сформировалась огромная депрессионная воронка. Ее диаметр достигает 40 км, а понижение уровня подземных вод – до 30 м и более. Эта воронка оказывает негативное влияние и на поверхностные воды, обусловив резкое снижение стока малых рек – притоков Свислочи и Птичи (реки Цна, Слепянка, Переспа, Лошица, Волма, Жесть и др.) [5]. На некоторых участках произошло их полное пересыхание, что, безусловно, негативно влияет на уровень комфортности среды обитания в этом регионе.

Важнейшим гидрогеологическим фактором, определяющим комфортность среды обитания человека, является *качество пресных подземных вод*, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения. В первую очередь это касается сельского населения, существенная часть которого (не менее 1,5 млн человек) продолжает пользоваться колодцами, эксплуатирующими неглубоко залегающие грунтовые воды [6]. Последние активно подвергаются антропогенному загрязнению, главным образом коммунально-бытовому и сельскохозяйственному. Наиболее часто в водах колодцев наблюдается превышение уровня предельно допустимой концентрации (ПДК) по нитратам (NO₃⁻), который составляет 45 мг/л. Содержание этого компонента в водах колодцев нередко достигает 300–500 мг/л (7–11 ПДК), а в отдельных случаях – 800–1000 мг/л (18–22 ПДК). В целом превышение уровней ПДК по нитратам наблюдается в 40–80 % всех колодцев, обследованных в период 1990–2010 гг. Часто эти воды неблагоприятны по микробиологическим показателям, величине общей жесткости (>10 мг-экв/л) и общей минерализации (>1000 мг/л) [7].

Вместе с тем следует отметить, что в последние десятилетия наблюдается тенденция постепенного снижения уровней техногенного загрязнения воды в сельских колодцах. Это связано как с сокращением количества домашнего скота и птицы на подворьях, так и со снижением интенсивности использования приусадебных участков. За период 2003–2020 гг. удельный вес проб источников нецентрализованного водоснабжения (прежде всего колодцев), не отвечающих гигиеническим нормативам по санитарно-клиническим показателям, в Беларуси уменьшился с 63,2 до 29,6 %. Однако масштабы загрязнения вод колодцев в целом все еще остаются очень высокими, и это позволяет констатировать, что проблема сельского водоснабжения является одной из самых актуальных геоэкологических проблем Беларуси.

Техногенное загрязнение затрагивает не только подземные воды первого от поверхности безнапорного водоносного горизонта – грунтовые воды. В последние годы оно все чаще фиксируется и в более глубоких напорных водоносных горизонтах, которые эксплуатируются системами центрального водоснабжения – артезианскими скважинами одиночных и групповых водозаборов в крупных населенных пунктах и на предприятиях. Такое загрязнение наблюдается на водозаборах «Новинки» и «Зеленовка» (г. Минск), «Лядище» (г. Борисов), «Парковый» (г. Орша), а также во многих одиночных водозаборных скважинах промышленных и сельскохозяйственных предприятий на территориях Минского, Борисовского, Молодечненского, Слуцкого и других районов Минской области. Наиболее часто такое загрязнение проявляется путем повышенного содержания в подземных водах нитратов (NO_3^-), – до 60–120 мг/л [8].

На территории Центральной Беларуси техногенное загрязнение в напорных подземных водах наблюдается в основном в скважинах, оборудованных на межморенный днепровско-сожский водоносный комплекс и расположенных вблизи потенциальных источников такого загрязнения – животноводческих ферм, участков частной застройки и сельскохозяйственных угодий. Так, на водозаборе «Новинки» (г. Минск), который эксплуатируется с 1932 г., нитратное загрязнение фиксируется в скважинах восточной его части, расположенных вблизи частной застройки и сельскохозяйственных угодий. В скважинах западного крыла водозабора, находящихся в лесопарковой зоне, такого загрязнения не выявлено. Известно, что в первые годы эксплуатации водозабора нитраты в нем полностью отсутствовали. В 1970-е годы стали проявляться первые следы нитратного загрязнения (до 20–27 мг/л). В начале 1990-х годов превышение ПДК (45 мг/л) фиксировалось лишь в одной скважине, а в начале 2000-х годов содержание NO_3^- достигало 50–67 мг/л уже в 6–7 скважинах. В этот период в отдельных эксплуатационных скважинах отмечались случаи загрязнения хромом (Cr^{6+}) и нефтепродуктами, а в результате протекания ионообменных процессов на участках загрязнения почвогрунтов по Na^+ и K^+ (компоненты удобрений и коммунально-бытовых стоков) в подземных водах резко возрастало содержание ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , формировавших повышенную их общую жесткость (>7,0 мг-экв/л, т. е. выше допустимого уровня в водах систем централизованного водоснабжения).

На водозаборе «Зеленовка» (г. Минск) нитратное загрязнение также фиксируется в скважинах, расположенных в основном вблизи частной городской застройки. Повышенное содержание нитратов, которое наблюдается на этом водозаборе, составляет 35–45 мг/л, т. е. близко к уровню ПДК. В ряде скважин здесь также отмечается загрязнение вод хромом (Cr^{6+}) – до 0,42 мг/л при уровне ПДК, равном 0,05 мг/л.

В некоторых скважинах на водозаборах «Вицковщина», «Фелицианово», «Водопой» фиксируется высокое содержание аммония (NH_4^+) – до 4,0–9,4 мг/л (ПДК = 2,6 мг/л). Формирование аммонийного загрязнения имеет достаточно сложный природно-техногенный характер и обусловлено процессами преобразования исходного нитратного загрязнения в аммонийное в бескислородной слабовосстановительной геохимической среде водоносных горизонтов: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NH}_4^+$ [9].

По сравнению с городскими водозаборами в гораздо более сложных геоэкологических условиях находятся сотни одиночных ведомственных скважин на сельскохозяйственных и промышленных предприятиях. Нередко эти скважины располагаются непосредственно на территории животноводческих ферм и промышленных площадках предприятий, что не позволяет в общей мере обеспечить соблюдение необходимого режима в зонах их санитарной охраны. Как следствие, в таких скважинах наиболее часто фиксируются случаи техногенного загрязнения по многим компонентам (NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , тяжелые металлы, нефтепродукты и др.).

На процесс формирования техногенного загрязнения пресных подземных вод хозяйственно-питьевого назначения, которое значительно ухудшает уровень комфортности среды обитания человека, большое влияние оказывают такие гидрогеологические факторы, как глубина залегания подземных вод и проницаемость покровных отложений. Они в своей совокупности определяют *степень защищенности подземных вод от загрязнения*. В отношении подземных вод первого от поверхности безнапорного водоносного горизонта (грунтовые воды) глубина их залегания соответствует мощности зоны аэрации, а проницаемость покровных отложений характеризуется их литологическим составом: от самых проницаемых песчаных отложений к менее проницаемым супесям и далее к суглинкам и глинам. Исходя из соотношения на каждом конкретном участке глубины залегания грунтовых вод (<1 м; от 1 до 2 м; от 2 до 5 м; от 5 до 10 м; >10 м) и различающихся по проницаемости литологических разностей покровных отложений (пески, супеси, суглинки, глины) оценивается степень защищенности подземных вод от поверхностного загрязнения. На территории Центральной Беларуси подземные воды преимущественно характеризуются как «незащищенные» и «слабозащищенные» от поверхностного загрязнения. Это обуславливает необходимость чрезвычайно внимательно относиться к вопросам охраны подземных вод от любых видов загрязнения (сельскохозяйственного, коммунально-бытового, промышленного, транспортного и др.). В подземных водах, в отличие от поверхностных, сформировавшееся загрязнение способно сохраняться многие годы и десятилетия вследствие сравнительно низких темпов водообмена, низких температур и ряда других факторов.

На качество пресных подземных вод как основного источника хозяйственно-питьевого водоснабжения населения негативное влияние может оказывать не только техногенное загрязнение, но и ряд *природных гидрогеохимических особенностей* этих вод. Речь идет о том, что и в естественных условиях в подземных водах некоторые компоненты их химического состава могут присутствовать в концентрациях, превышающих уровни ПДК в питьевых водах. Наиболее часто это наблюдается в отношении железа ($Fe_{\text{общ}}$). При уровне ПДК этого компонента, равном 0,3 мг/л, содержание его в подземных водах нередко составляет 1,5–3,0 мг/л и более. Превышение этого норматива (0,3 мг/л) фиксируется более чем в 50 % всех артезианских скважин на территории Беларуси, а в некоторых районах – в 70–80 % и более [8]. Это в значительной степени осложняет использование подземных вод для хозяйственно-питьевых целей и обуславливает необходимость широкого применения на водозаборах систем обезжелезивания. Присутствие повышенного содержания железа в подземных водах всегда обуславливает также их повышенную цветность и мутность, которые формируются в процессе окисления железа при контакте воды с воздухом.

Высокое содержание в подземных водах железа часто сопровождается и повышенным содержанием марганца (Mn) – до 0,5–1,0 мг/л и более, при уровне ПДК 0,1 мг/л. В отличие от железа, процесс удаления из воды марганца (деманганация) является более сложным и требует больших материальных затрат.

Следует отметить, что железо (Fe) и марганец (Mn), содержащиеся в пресных подземных водах, влияют лишь на *органолептические* показатели их качества. Они придают воде неприятный привкус, формируют ее повышенные цветность и мутность, обуславливают появление на санитарной технике цветного осадка, но не являются опасными для здоровья. В отличие от них такие компоненты, как фтор (F), барий (Ba), бор (B) и кремний (Si), которые также нередко присутствуют в пресных подземных водах в повышенных концентрациях, характеризуются уже *санитарно-токсикологическими показателями вредности*, т. е. способны оказывать негативное влияние на здоровье человека. По этому лимитирующему показателю они имеют 2-й класс опасности [3].

Повышенное содержание фтора (F) – до 4,0–5,0 мг/л и более – нередко фиксируется в Центральной Беларуси в глубоководных водоносных горизонтах (главным образом в верхнепротерозойском). В питьевых водах его содержание нормируется на уровне 1,5 мг/л. Повышенное содержание фтора в питьевых водах вызывает флюороз костей, пятнистость зубной эмали, развитие сердечно-сосудистых заболеваний, нарушение работы щитовидной железы. Вместе с тем негативное влияние на здоровье человека оказывает и чрезмерно низкое содержание в питьевой воде фтора (менее 0,7 мг/л). Это вызывает кариес зубов. И такое низкое содержание фтора в пресных подземных водах является характерной геохимической особенностью подземной гидросферы Беларуси, как, впрочем, и многих других стран зоны гумидного климата. Дефицит фтора фиксируется более чем в 70 % всех артезианских скважин водоснабжения на территории Беларуси [8], что предопределяет необходимость осуществления в стране профилактических санитарно-гигиенических мероприятий (применение зубных паст с фтором и др.).

В подземных водах девонских отложений, которые широко эксплуатируются во многих районах Центральной Беларуси, и особенно в Северной Беларуси, часто фиксируется повышенное содержание бария (Ba) – до 0,5–1,0 мг/л (в отдельных случаях до 2,0–4,0 мг/л). До 2022 г. содержание данного компонента в питьевых водах нормировалось на уровне 0,1 мг/л. Превышение этого уровня наблюдалось в большом числе скважин, что существенно затрудняло работу даже больших групповых водозаборов (например, г. Витебска). Постановлением Совета Министров Республики Беларусь (от 29.11.2022 № 829) допустимое содержание бария было повышено до 0,7 мг/л. Однако и этот уровень ПДК в настоящее время превышает в некоторых скважинах. Повышение содержания бария в питьевых водах обуславливает риск развития заболеваний сердечно-сосудистой системы.

Кремний (Si) в питьевых водах нормируется на уровне 10,0 мг/л. Высокое его содержание может быть причиной мочекаменной и желчнокаменной болезней, а также способствует развитию остеопороза. Ранее определение этого компонента в подземных водах, используемых для водоснабжения, выполнялось сравнительно редко, и он не рассматривался в качестве проблемного. В настоящее время его повышенное содержание в подземных водах, достигающее иногда 20–30 мг/л [10], достаточно часто фиксируется при выполнении детальных химических анализов этих вод, и это в значительной степени осложняет их использование в системах хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Следует отметить, что, в отличие от железа и марганца, повышение содержания которых может быть удалено и удаляется из воды сравнительно простыми способами обезжелезивания и деманганации, удаление из воды фтора, бария и кремния является гораздо более сложной технологической задачей и требует гораздо больших материальных затрат. В ряде случаев водопользователи вынуждены отказываться от эксплуатации скважин, в воде которых зафиксировано повышенное содержание фтора.

Состояние подземных вод, в частности подземных вод первого от поверхности безнапорного водоносного горизонта – грунтовых вод, их уровенного режима и химического состава оказывает очень большое влияние на поверхностные воды, во многом определяя условия их водного питания (особенно в меженные периоды), а также формирования химического состава речных вод. В условиях Беларуси

среднегодовой речной сток на 60 % формируется за счет подземного питания, а в меженные периоды водное питание рек практически полностью обеспечивается подземными водами [11]. Исключительно за счет подземных вод осуществляется водное питание таких уникальных и ценных в культурном отношении природных объектов, как *родники*. Поэтому истощение ресурсов подземных вод под влиянием как природных (потепление климата и малое количество атмосферных осадков), так и техногенных (интенсивный водоотбор подземных вод, осушительные мелиорации и др.) факторов, неизбежно приводит к нарушению гидрологического режима рек, родников и других поверхностных водных объектов, состояние которых уже непосредственно влияет на уровень комфортности среды обитания человека.

Реки, озера и водохранилища являются областью разгрузки подземных вод, формирующихся на площади их водосборов, поэтому все загрязнения, поступающие в подземные воды, в конечном итоге попадают в эти поверхностные водные объекты. Особенно активно с подземным стоком в реки, озера и водохранилища поступают такие биогенные компоненты, как азот (в форме NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+) и калий (K^+), которые способствуют, например, бурному развитию сине-зеленых водорослей («цветение» воды) и процессам активной эвтрофикации этих водоемов в целом. Вследствие высоких современных уровней загрязнения грунтовых вод, значительными уровнями контаминации характеризуются и воды многих родников, так как их водное питание формируется исключительно за счет подземных вод. По результатам выполненных в 2018–2023 гг. исследований и опробования на территории Беларуси 286 родниковых источников, превышение уровня ПДК по нитратам зафиксировано в 20 % из них. В отдельных родниках на территории Центральной Беларуси содержание нитратов (NO_3^-) достигало 120–190 мг/л, т. е. в 2,7–4,2 раза превышало уровень ПДК в питьевых водах. Это, например, родник в г. Марьино Горка Пуховичского района Минской области ($\text{NO}_3^- = 150,0$ мг/л), родник в д. Теляково Узденского района Минской области (150 мг/л), родник в аг. Поплавы Березинского района Минской области (190 мг/л) [12].

Таким образом, неблагоприятное геозкологическое состояние поверхностных водотоков и водоемов (рек, озер, водохранилищ и родников), формирующееся в результате поступления в них с подземным стоком загрязненных подземных вод, также оказывает негативное влияние на уровень комфортности среды обитания человека.

К числу важнейших гидрогеологических факторов, влияющих на уровень комфортности среды обитания человека, относится уровенный режим грунтовых вод. Глубина залегания грунтовых вод и его изменение во времени часто оказывают непосредственное влияние на режим увлажнения почв (в первую очередь на участках неглубокого залегания грунтовых вод и на мелиорируемых землях) и, как следствие, на условия произрастания сельскохозяйственных культур и лесной растительности. Аномально низкие уровни грунтовых вод являются также причиной возникновения пожаров на торфяниках, поражения болезнями и вредителями лесной растительности и ее усыхания. При снижении уровней грунтовых вод резко ухудшаются условия эксплуатации источников нецентрализованного водоснабжения (колодцев и неглубоких скважин). В ряде случаев они полностью пересыхают. Так как грунтовые воды являются важнейшим компонентом водного питания рек и озер, снижение уровней грунтовых вод всегда сопровождается снижением уровней и поверхностных вод, обмелением рек и озер. Помимо экологических проблем это может создавать значительные трудности и для судоходства.

В то же время резкий подъем уровней грунтовых вод, который может происходить как по естественным (аномально влажные годы), так и по техногенным (подпор и подтопление в зоне влияния водохранилищ, заболачивание земель вследствие просадок поверхности над подземными горными выработками и др.) причинам, также может иметь негативные последствия, ухудшающие уровень комфортности среды обитания человека. Критический подъем уровней грунтовых вод, приводящий к переувлажнению почвы, резко ухудшает условия произрастания сельскохозяйственных культур и лесной растительности (вплоть до ее гибели), требует проведения на этой территории дополнительных мелиоративных работ. Подтопление подвальных помещений и фундаментов резко ухудшает условия эксплуатации зданий и сооружений. Все это в совокупности оказывает негативное влияние и на уровень комфортности среды обитания человека.

Заключение. Подземные воды, являясь одним из важнейших компонентов природной среды, способны оказывать существенное влияние на степень комфортности среды обитания человека. Подобное влияние по своему характеру может быть как положительным, так и негативным, непосредственным или косвенным.

Важным аспектом воздействия гидрогеологических условий региона на степень благоприятности территории для жизнедеятельности населения является наличие на территории Центральной Беларуси существенных ресурсов пресных подземных вод питьевого качества. В связи с этим актуальной является проблема обеспечения их рационального использования в условиях все возрастающего техногенного воздействия. Так, в пределах Центрального белорусского региона наиболее существенными гидрогеологическими факторами, предопределяющими пригодность среды обитания для человека в условиях техногенной нагрузки, являются:

– расширение хозяйственного производства в регионе, приводящее к росту объемов изъятия подземных вод в местах сосредоточенного водоотбора, истощению их запасов, формированию депрессионных воронок, негативно воздействующих на состояние поверхностной гидрографической сети;

– антропогенное, главным образом коммунально-бытовое, сельскохозяйственное, промышленное загрязнение неглубокозалегающих грунтовых вод, эксплуатируемых колодцами, а также напорных подземных вод, эксплуатируемых артезианскими скважинами одиночных и групповых водозаборов в населенных пунктах и на предприятиях нитратами (NO_3^-), аммонием (NH_4^+), нефтепродуктами, тяжелыми металлами и другими опасными компонентами;

– поверхностные водные объекты (реки, озера, водохранилища, родники), являющиеся областью разгрузки подземных вод, формирующихся на площади их водосборов, также подвергаются загрязнению, что приводит к ухудшению их геозекологического состояния и негативно сказывается на комфортности среды обитания человека.

Кроме этого, на качество пресных подземных вод как основного источника хозяйственно-питьевого водоснабжения населения негативное влияние может оказывать не только антропогенное загрязнение, но и ряд природных гидрогеохимических особенностей этих вод. Часто в них фиксируются превышающие ПДК концентрации железа ($\text{Fe}_{\text{общ.}}$), марганца (Mn), фтора (F), бора (B) и других компонентов, некоторые из которых характеризуются санитарно-токсикологическими показателями вредности. Это обуславливает необходимость применения дополнительных мер по улучшению качества используемых подземных вод и требует значительных материальных затрат.

Важным гидрогеологическим фактором формирования благоприятных или неблагоприятных условий среды обитания человека является урванный режим грунтовых вод. Глубина залегания грунтовых вод и ее изменение во времени оказывают непосредственное влияние на режим увлажнения почв, условия произрастания сельскохозяйственных культур и лесной растительности, развитие ряда опасных геологических процессов, таких как подтопление, заболачивание, суффозия.

Список использованных источников

1. Пашкевич В. Гидроминеральные ресурсы / В. Пашкевич, О. Васнева // Наука и инновации. – 2025. – № 3 (264). – С. 11–15.
2. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество (за 1995–2023 гг.). – Минск : Минприроды Респ. Беларусь ; Минздрав Респ. Беларусь, 1995–2024.
3. Об утверждении гигиенических нормативов (Показатели безопасности питьевой воды) : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 25 янв. 2021 г. № 37 // ЭТАЛОН : информ.-поисковая система. – С. 187–225. – URL: <https://etalonline.by/document/?regnum=c22100037> (дата обращения: 07.05.2025).
4. Водный Кодекс Республики Беларусь : 30 апр. 2014 г. № 149-3 : принят Палатой представителей 2 апр. 2014 г. : одобр. Советом Респ. 11 апр. 2014 г. // ЭТАЛОН : информ.-поисковая система. – URL: <https://etalonline.by/document/?regnum=hk1400149> (дата обращения: 07.05.2025).
5. Пашкевич, В. И. Геозекологическое состояние подземных вод Минского региона / В. И. Пашкевич // Состояние окружающей среды и природопользование города Минска / Е. В. Комаровская [и др.] ; под ред. М. Г. Герменчук, А. Н. Боровикова, М. Л. Амбражевича. – Минск : БГУ, 2007. – С. 58–62.
6. О Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 22 февр. 2022 г. № 91 // ЭТАЛОН : информ.-поисковая система. – URL: <https://etalonline.by/document/?regnum=c22200091> (дата обращения: 07.05.2025).
7. Прогноз состояния подземных вод / В. Г. Жогло, В. И. Пашкевич, В. С. Хомич, Е. М. Черевач // Прогноз состояния природной среды Беларуси на период до 2035 года / В. М. Байчоров, Ж. В. Бакарикова, И. М. Богдевич [и др.] ; под общ. ред. В. С. Хомича. – Минск : Беларус. навука, 2022. – С. 99–126.
8. Кудельский, А. В. Региональная гидрогеология и геохимия подземных вод Беларуси / А. В. Кудельский, В. И. Пашкевич. – Минск : Беларус. навука, 2014. – 271 с.
9. 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. : ЦентрЛитНефтеГаз, 2012. – 672 с.
10. Пашкевич, В. И. Качество пресных подземных вод Беларуси / В. И. Пашкевич // Минерально-сырьевые ресурсы Беларуси 2002: состояние и перспективы освоения : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, РУП «Белгеология», Бел. науч.-исслед. геологоразвед. ин-т. – Минск : БелНИГРИ, 2002. – С. 170–173.
11. Полезные ископаемые Беларуси: к 75-летию БелНИГРИ / редкол.: П. З. Хомич (отв. ред.) [и др.]. – Минск : Адукацыя і выхаванне, 2002. – 528 с.
12. Пашкевич, В. И. Гидрогеохимическое разнообразие родниковых источников на территории Беларуси / В. И. Пашкевич // Актуальные вопросы эффективного и комплексного использования водных ресурсов», приуроченной ко Всемирному дню водных ресурсов : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 22–24 марта 2023 г. / М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, РУП «ЦНИИКИВР». – Минск : Нац. б-ка Беларуси, 2023. – С. 62–64.

References

1. Pashkevich V., Vasneva O. *Gidromineral'nye resursy* [Hydromineral resources]. *Nauka i innovatsii = Science and Innovations*, 2025, no. 3 (264), pp. 11–15. (in Russian)
2. *Gosudarstvennyi vodnyi kadastr. Vodnye resursy, ikh ispol'zovanie i kachestvo (za 1995–2023 gg.)* [State water cadastre. Water resources, their use and quality (for 1995–2023)]. Minsk, 1995–2024. (in Russian)
3. *Ob utverzhdenii gigienicheskikh normativov (Pokazateli bezopasnosti pit'evoy vody)* [On approval of hygiene standards (Drinking water safety indicators)], pp. 187–225. Available at: <https://etalonline.by/document/?regnum=c22100037> (accessed 7 May 2025).
4. *Vodnyy Kodeks Respubliki Belarus'* [Water code of the Republic of Belarus]. Available at: <https://etalonline.by/document/?regnum=hk1400149> (accessed 7 May 2025).
5. Pashkevich V. I. Geocological state of groundwater in the Minsk region. *Sostoyanie okruzhayushchei sredy i prirodopol'zovanie goroda Minska* [State of the environment and nature management of the city of Minsk]. Minsk, BGU Publ., 2007, pp. 58–62. (in Russian)
6. National Strategy for Water Resources Management in the Conditions of Climate Change for the period up to 2030. Available at: <https://etalonline.by/document/?regnum=c22200091> (accessed 7 May 2025).
7. Zhoglo V. G., Pashkevich V. I., Khomich V. S., Cherevach E. M. Forecast of the state of groundwater. *Prognoz sostoyaniya prirodnoi sredy Belarusi na period do 2035 goda* [Forecast of the state of the natural environment of Belarus for the period up to 2035]. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2022, pp. 99–126. (in Russian)
8. Kudelsky A. V., Pashkevich V. I. *Regional'naya gidrogeologiya i geokhimiya podzemnykh vod Belarusi* [Regional hydrogeology and geochemistry of groundwater in Belarus]. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 2014, 217 p. (in Russian)
9. Kraynov S. R., Ryzhenko B. N., Shvets V. M. *Geokhimiya podzemnykh vod. Teoreticheskie, prikladnye i ekologicheskie aspekty* [Geochemistry of ground waters. Theoretical, Applied and Environmental Aspects]. Moscow, TsentrLitNefteGaz Publ., 2012, 672 p. (in Russian)
10. Pashkevich V. I. *Kachestvo presnykh podzemnykh vod Belarusi* [Quality of fresh groundwater in Belarus]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Mineral'no syr'evye resursy Belarusi 2002: sostoyanie i perspektivy osvoeniya"* [Proc. of the Int. sci. conf. "Mineral resources of Belarus 2002: status and development prospects"]. Minsk, BelNIGRI Publ., 2002, pp. 170–173. (in Russian)
11. *Poleznye iskopaemye Belarusi: k 75-letiyu BelNIGRI* [Minerals of Belarus: to the 75th anniversary of BelNIGRI]. Minsk, Adukatyia i vykhavanne Publ., 2002, 528 p. (in Russian)
12. Pashkevich V. I. *Gidrogeokhimicheskoe raznoobrazie rodnikovykh istochnikov na territorii Belarusi* [Hydrogeochemical diversity of spring sources in Belarus]. *Sbornik materialov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Aktual'nye voprosy effektivnogo i kompleksnogo ispol'zovaniya vodnykh resursov", priurochennoi ko Vsemirnomu dnyu vodnykh resursov* [Proc. of the Int. sci. conf. "Topical issues of efficient and integrated use of water resources", dedicated to the World Water Day]. Minsk, National Library of Belarus, 2002, pp. 62–64. (in Russian)

Информация об авторах

Пашкевич Василий Иванович – кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: v.i.pashkevich@tut.by

Кухарик Евгений Александрович – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий лабораторией современной геодинамики и палеогеографии, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: shzhk@mail.ru

Кухарик Анна Михайловна – инженер, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: anyahomich@mail.ru

Information about the authors

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

Evgeniy A. Kukharik – Ph. D. (Geology and Mineralogy), Associate Professor, Head of the Lab of Modern Geodynamics and Paleogeography, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: shzhk@mail.ru

Anna M. Kukharik – Engineer, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: anyahomich@mail.ru