

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОБЛЕМАМ ОХРАНЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОД ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ БЕЛАРУСИ

С. В. Андрейук, к. т. н., доцент, зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, svandreyuk@g.bstu.by

А. С. Крук, студент, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, krukaleksandra.ss@gmail.com

Реферат

В Беларуси водоснабжение городов, городских, сельских населенных пунктов и промышленных предприятий основывается на использовании пресных подземных вод. Обеспечение сохранности качества подземных вод на действующих водозаборах представляет собой важную задачу. Представлена краткая характеристика условий эксплуатации подземных вод и их качества в зонах действующих водозаборов, а также в естественных и слабо нарушенных условиях. Рассматриваются актуальные направления исследований, касающиеся вопросов охраны и рационального использования вод, добываемых на действующих водозаборах Беларуси, среди которых: высокое содержание железа в подземных водах, используемых в качестве источника питьевого водоснабжения; использование населением в сельской местности нецентрализованных источников водоснабжения, качество воды в которых не соответствует санитарным требованиям по ряду санитарно-химических и микробиологических показателей; увеличение износа очистных сооружений; высокие показатели потерь и неучтенных расходов воды в системах коммунального водоснабжения.

Ключевые слова: подземные воды, водоподготовка, питьевое водоснабжение, мониторинг, охрана вод, водопользование.

PROMISING DIRECTIONS OF RESEARCH ON THE PROBLEMS OF PROTECTION AND UTILISATION OF NATURAL ENVIRONMENT WATERS IN BELARUS

S. V. Andreyuk, A. S. Kruk

Abstract

In Belarus, water supply to cities, urban and rural settlements and industrial enterprises is based on the use of fresh groundwater. Safeguarding the preservation of groundwater quality at existing water intakes is an important task. A brief characterisation of groundwater exploitation conditions and groundwater quality in the zones of operating water intakes as well as in natural and slightly disturbed conditions is presented. Among them are: high iron content in groundwater used as a source of drinking water supply; the use of non-centralised water supply sources by the population in rural areas, the quality of which does not meet sanitary requirements for a number of

sanitary-chemical and microbiological indicators; increasing wear and tear of treatment facilities; high levels of water quality in groundwater; high levels of water quality in water supply systems.

Keywords: groundwater, water treatment, drinking water supply, monitoring, water protection, water use.

Введение

В Беларуси централизованное водоснабжение городов, городских и сельских поселков, а также промышленных предприятий базируется на использовании пресных подземных вод, приуроченных к водоносным горизонтам и комплексам четвертичных и дочетвертичных отложений зоны активного водообмена, и осуществляется посредством эксплуатации групповых водозаборов с утвержденными эксплуатационными запасами. Подземные воды являются основным источником централизованного водоснабжения населения Республики Беларусь. Так, прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод в целом по стране оцениваются в 49,596 млн м³/сут. Потенциальные возможности использования подземных вод характеризуются их естественными ресурсами, которые составляют 43,56 млн м³/сут. Самые большие естественные ресурсы – в Минской и Витебской областях, самые малые – в Брестской области [1, 2].

Эксплуатация подземных вод и их качество в районах действующих водозаборов. Общий водоотбор пресных подземных вод из скважин составил 2,3 млн м³/сут. На водозаборах с утвержденными запасами – 1,4 млн м³/сут. Степень использования разведанных эксплуатационных запасов подземных вод в целом по Республике Беларусь составляет 22 % [2, 3].

За период 2017–2022 гг. объем забора воды из окружающей среды вырос на 0,82 %. При этом наблюдается снижение забора из подземных источников на 1,73 % и рост забора из поверхностных объектов – на 4,42 %. Процент распределения и использования забранной воды сохраняется на уровне 89–90 %. Объем сточных вод в очистных сооружениях сохраняется на уровне 53–54 % от распределенной и использованной в хозяйственной деятельности воды. При этом возвратные потоки воды в окружающую среду составляют 75–77 % от забора воды. Наибольший объем забранной воды для распределения и использования приходится на сельское, лесное и рыбное хозяйство (31,29 %); обрабатывающую промышленность (16,27 %); снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом (8,40 %).

Наибольший объем сточных вод в очистных сооружениях приходится на водоснабжение, сбор, обработка и удаление отходов (73,15 %); обрабатывающую промышленность (14,63 %); снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом (9,62 %). В Беларуси доля потребления воды на сельскохозяйственные нужды (36 %) ниже средних мировых значений (69 %), но выше средних европейских (25 %), тогда как доля потребления воды на нужды промышленности (25 %) выше, чем в среднем в мире (19 %), но более чем в два раза ниже, чем в Европе (54 %). Основными потребителями воды в Беларуси являются домашние хозяйства (39 %), что значительно превышает средние уровни водопользования в Европе и в мире (21 % и 12 %, соответственно).

Показатель обеспеченности водными ресурсами в стране (по среднемноголетнему общему годовому речному стоку) составляет 6,1 тыс. куб. м воды в год на душу населения и находится на уровне средневропейского значения. Это значительно выше, чем в некоторых сопредельных странах (Польша и Украина).

Качество подземных вод по основным макрокомпонентам в большинстве проб, отобранных в 2022 году, соответствовало установленным требованиям. Исключениями являются водородный показатель, окисляемость перманганатная и железо общее, в отношении которых наблюдаются превышения ПДК.

Повышенное содержание железа в подземных водах объясняется природными гидрогеологическими условиями (далее – г/г условия). Превышений ПДК по содержанию аммоний-иона, сульфат-ионов, нитрит-ионов, хлорид-ионов в подземных водах на г/г постах в 2022 году не зафиксировано. По состоянию на 1 января 2023 года качество подземных вод эксплуатируемых комплексов и водоносных горизонтов на групповых водозаборах населенных пунктов страны в основном соответствует Санитарным правилам и нормам [4].

Однако наблюдается повышенное содержание некоторых химических элементов, а также отклонение от нормативов органолептических свойств. Так, на водозаборах Гомельской области, в большинстве эксплуатационных скважин зафиксировано превышение ПДК по содержанию марганца, мутности и цветности. На водозаборах Витебской области воды эксплуатационных скважин содержат превышение ПДК по жесткости общей, мутности, марганцу.

В бассейне р. Днепр наблюдения за качеством подземных вод в 2022 году проводились по 7 г/г постам на 7 наблюдательных скважинах, оборудованных на грунтовые (4 скважины) и артезианские (3 скважины) воды. В единичных наблюдательных скважинах на водозаборах зафиксированы несоответствия по водородному показателю. В двух скважинах бассейна р. Днепр водородный показатель ниже установленной нормы – Хоновский г/г пост (4,38 ед.) и Высковский г/г пост (4,6 ед.). По показателю перманганатная окисляемость превышения ПДК зафиксированы на г/г посте Остерский (10,88 мгО₂/дм³). Наибольшее превышение по жесткости общей зафиксировано на водозаборе Парковый (г. Орша) – 11,48 мг/дм³ при ПДК 0,1 мг/дм³, водозабор Сож (г. Гомель) – мутность варьируется от 1,66 до 5,39 мг/дм³ при ПДК 1,5 мг/дм³.

В бассейне р. Неман в 2022 году для анализа физико-химического состава подземных вод отобрано 7 проб из скважин (2 скважины оборудованы на грунтовые воды и 5 – на артезианские воды). По показателю перманганатная окисляемость превышения ПДК зафиксированы на г/г посту Антонинсбергский (10,72 мг О₂/дм³). В Гродненской области среди 10 водозаборов наибольшее превышение по мутности зафиксировано на водозаборе Подгорная Дача (г. Слоним) в пределах 1,56 – 5,34 мг/дм³ при ПДК 1,5 мг/дм³.

В бассейне р. Западная Двина в 2022 году на физико-химический состав подземных вод отобрано 2 пробы из скважин (1 скважина оборудована на грунтовые воды и 1 – на артезианские воды). Наибольшее превышение по мутности зафиксировано на водозаборе б/о Яново (г. Новополоцк, г. Полоцк) – 12,28 мг/дм³ при ПДК 1,5 мг/дм³, концентрация марганца на водозаборе Песковатик (г. Витебск) в пределах 0,153 – 0,84 мг/дм³ при ПДК 0,1 мг/дм³.

В бассейне р. Западный Буг в 2022 году на физико-химический состав подземных вод отобрано 4 пробы из скважин, оборудованных на грунтовые воды.

В бассейне р. Западный Буг водородный показатель незначительно выше нормы (9,16 ед.). На водозаборах Брестской области в 4 скважинах обнаружено превышение нормативов по содержанию кремния, в 2 скважинах – марганца, и в ряде скважин превышение по органолептическим показателям – цветности и мутности. На водозаборе Гаевский (г. Брест) отмечено значительное превышение по кремнию до 20 мг/дм³ при ПДК 10 мг/дм³, а также по перманганатной окисляемости до 73,6 мг/дм³ при ПДК 5 мг/дм³. Наибольшее превышение марганца характерно для водозабора Аэропорт (г. Брест) до 0,71 мг/дм³ при ПДК 0,1 мг/дм³. Значительное превышение показателей мутности зафиксировано на водозаборе Брилево (г. Кобрин) – до 18,8 мг/дм³ при ПДК 1,5 мг/дм³. В единичных скважинах зафиксировано превышение ПДК по азоту аммонийному и водородному показателю – водозаборы Брилево (г. Кобрин) и Мухавецкий (г. Брест).

В бассейне р. Припять наблюдения за качеством подземных вод в 2022 году проводились на 5 г/г постах (1 наблюдательная скважина оборудована на грунтовые воды и 4 скважины – на артезианские воды). По показателю перманганатная окисляемость превышения ПДК зафиксированы на г/г посте Парахонский (Пинский район) (5,93 мг О₂/дм³) при допустимой ПДК 5,0 мг О₂/дм³. На водозаборах г. Мозырь и г. Светлогорск в единичных скважинах обнаружено незначительное превышение нормативов по содержанию сероводорода и свинца. Значительное превышение цветности зафиксировано на водозаборе Первомайский (г. Береза) – до 62 градусов при ПДК 20 градусов.

Эксплуатация подземных вод и их качество в естественных и слабонарушенных условиях. На настоящий момент в Республике Беларусь 1,5 миллиона человек пользуются нецентрализованными источниками водоснабжения, такими как шахтные колодцы. Основную часть этой группы составляет сельское население. Эти источники воды обеспечивают жителей сельских районов, но важно следить за их качеством и обеспечивать безопасность питьевой воды для всех граждан

Формирование химического состава пресных подземных вод в естественных и слабонарушенных условиях определяют в основном две группы факторов:

- прямые факторы, непосредственно воздействующие на подземные воды: состав горных пород, живые организмы, хозяйственная деятельность человека;
- косвенные факторы, определяющие условия, в которых протекает взаимодействие веществ с подземными водами: климат, рельеф, гидрологический режим, растительность, гидрогеологические и гидродинамические условия и пр.

Таким образом, в результате выполненного анализа гидрохимических данных, полученных за 2022 год, установлено, что физико-химический состав подземных вод, опробованных за отчетный период на пунктах наблюдений НСМОС по определяемым компонентам, в основном, соответствует установленным требованиям качества вод [2, 3].

Исключение составили превышающие ПДК показатели органолептических свойств по: мутности (в 19 скважинах) в 1–30 раз; цветности (в 2 скважинах) в 1,67–1,79 раза; запаху (в 4 скважинах) в 1–2,5 раза; а также показатели по окисляемости перманганатной (в 4 скважинах) в 1,2–2,18 раза и окиси кремния (в 4 скважинах) в 1,07–1,37 раза. Кроме того, в 4 скважинах, оборудованных

на грунтовые воды, выявлены несоответствия установленным нормативам водородного показателя – в 2 скважинах ниже ПДК и в 2 скважинах на уровне и выше ПДК. В 1 скважине зафиксированы превышения по нитрат-иону (в скважине 533 Волчинского г/г поста). В данной скважине, расположенной в д. Волчин Каменецкого района Брестской области нитрат ионы достигают 1,04 ПДК (46,8 мг/дм³). Это может быть обусловлено тем, что скважина оборудована на неглубоко залегающие, литологически незащищенные грунтовые воды (глубина скважины 73 составляет 5,8 м) и расположена недалеко от деревни вблизи распаханного поля, на которое периодически вносятся минеральные и органические удобрения. Удобрения с талыми, дождевыми водами могут попадать в грунтовые воды и фиксироваться в данной наблюдательной скважине. Также в этой скважине зафиксирован водородный показатель рН, превышающий установленный норматив – 9,16 ед. рН. Также следует отметить во всех скважинах превышение ПДК по железу. Такие показатели, не удовлетворяющие установленным нормам, формируются под влиянием как антропогенных (сельское хозяйство), так и природных (высокая проницаемость покровных отложений, присутствие фульво- и гуминовых веществ в почве, литологический состав водовмещающих пород, обильные выпадения атмосферных осадков) гидрогеологических факторов [5,6]. На основе анализа сезонных изменений уровней подземных вод установлено, что в отчетный период в пределах всех речных бассейнов в большинстве скважин прослеживалось понижение уровней грунтовых и артезианских вод. Вместе с тем, на отдельных территориях в пределах бассейнов р. Днепр, р. Неман, р. Припять и р. Западный Буг наблюдалось повышение уровней подземных вод. По сравнению с аналогичным периодом 2021 года на территории всех 5 речных бассейнов республики уровни подземных вод в основном повысились.

Рекомендуемые технологические схемы очистки подземных вод в естественных и слабонарушенных условиях для систем водоснабжения индивидуального и коллективного пользования. Установки коллективного пользования (средней производительности) для обслуживания небольших потребителей, таких как вахтовые, пастбищные и полевые бригады, детские сады и ясли, школы, больницы, воинские казармы и т.п. могут быть более сложными в эксплуатации и требовать специально подготовленного технического персонала или обслуживаться бригадами по сервису. Здесь уровень автоматизации может быть достаточно высоким, а технологический режим включать стадии регенерации. При этом дополнительное оборудование для регенерации должно включаться в общую технологическую схему.

Считается, что установки средней производительности имеют ряд преимуществ перед бытовыми установками малой производительности, в том числе использование таких установок облегчает решение проблемы сервиса и регенерации сорбентов, а также автоматизации технологического процесса.

Большинство установок средней производительности в качестве основного имеют адсорбционный блок. В комплексных технологических схемах в дополнение к адсорбции используются следующие методы: озонирование, ионный обмен, баро- и электромембранные методы, бактерицидная обработка, включая облучение ультрафиолетовым светом.

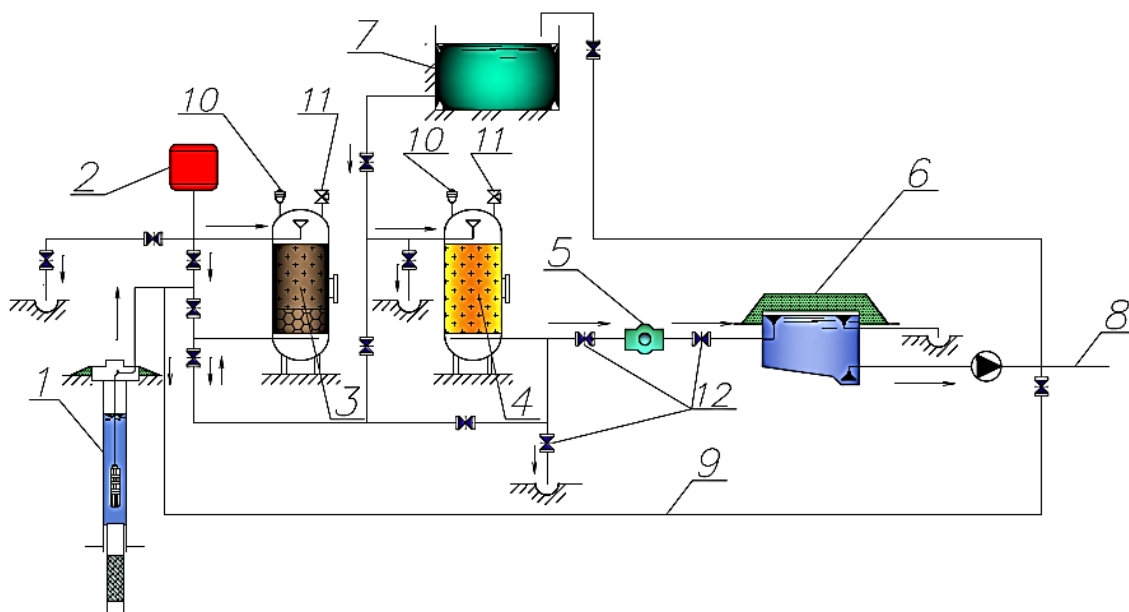
Наличие железа (Fe^{2+}) в грунтовых водах, наряду с нитратами, в концентрациях, превышающих предельно допустимые, является дополнительным фактором, определяющим состав технологической схемы водоподготовки для нецентрализованных локальных и индивидуальных систем питьевого водоснабжения.

Как показали проведенные исследования [6, 7], с учетом принципов компоновки технологических схем, применяемых при обработке воды, а также специфических особенностей очистки воды, определяемых требованиями потребителей, процесс очистки от азотистых соединений будет включать в себя:

- физико-химическую очистку, как основную стадию удаления нитрат-ионов и железа II;
- механическую очистку для исключения попадания мелких частиц в аппараты физико-химической очистки;
- обеззараживание и/или сорбция – при необходимости как заключительная стадия обработки воды.

Для технического исполнения процесса обработки подземных вод, содержащих примеси соединений азота и железа, необходимо построить новые или реконструировать существующие сооружения водоподготовки [8].

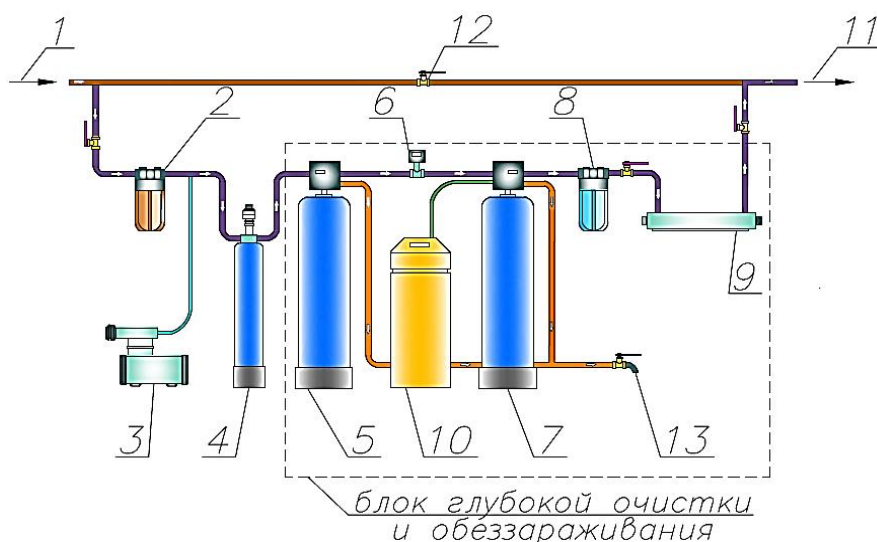
На рисунке 1 представлена технологическая схема очистки подземной воды от железа (II) и нитратов для систем водоснабжения коллективного пользования.



- 1 – источник водоснабжения (водозаборная скважина); 2 – компрессор; 3 – первая ступень очистки (обезжелезивание); 4 – вторая ступень очистки (удаление нитратов);
 5 – обеззараживание (УФ установка); 6 – резервуар для сбора очищенной воды;
 7 – бак регенерационного раствора соды; 8 – трубопровод подачи воды потребителю;
 9 – противопожарный трубопровод; 10 – вантуз; 11 – предохранительный клапан; 12 – задвижки

Рисунок 1 – Технологическая схема очистки подземной воды от железа (II) и нитратов для систем водоснабжения коллективного пользования

На рисунке 2 представлен блок технологической схемы очистки подземной воды от железа и нитратов для систем водоснабжения индивидуального пользования.



- 1 – трубопровод подачи воды из источника водоснабжения; 2 – фильтр грубой очистки; 3 – компрессор; 4 – аэрационная колонна; 5 – первая ступень очистки (фильтр обезжелезивания); 6 – датчик; 7 – вторая ступень очистки (фильтр ионообменный); 8 – фильтр тонкой очистки; 9 – обеззараживание (ультрафиолетовый стерилизатор); 10 – бак регенерационного раствора соды; 11 – трубопровод подачи воды потребителю; 12 – байпас; 13 – кран для слива промывной воды

Рисунок 2 – Блок технологической схемы очистки подземной воды от железа и нитратов для систем водоснабжения индивидуального пользования

Результаты и обсуждения

Сохранение качества подземных вод действующих водозаборов, а также в естественных и слабонарушенных условиях для Беларуси является актуальной задачей [9, 10]. Существующие в Республике Беларусь проблемы в области охраны и использования вод определяют выбор направления исследований [11]:

1) высокое содержание железа в подземных водах, используемых в качестве источника питьевого водоснабжения, что требует развития системы водоподготовки и практически повсеместного строительства станций обезжелезивания подземных вод для обеспечения населения качественной питьевой водой, особенно в малых населенных пунктах и в сельской местности;

2) использование населением в сельской местности нецентрализованных источников водоснабжения (шахтных колодцев и мелкотрубчатых скважин), качество воды в которых не соответствует санитарным требованиям по ряду санитарно-химических и микробиологических показателей, в том числе содержанию минеральных азотистых соединений, что требует развития централизованного водоснабжения в сельской местности, а также создание усовершенствованной технологии и аппаратов для удаления нитратов из подземной воды для питьевого водоснабжения;

3) увеличение износа очистных сооружений, после которых сточная вода сбрасывается в окружающую среду, что требует планомерной реконструкции и модернизации существующих коммунальных очистных сооружений с внедрением высокотехнологичных методов очистки сточных вод;

4) высокие показатели потерь и неучтенных расходов воды в системах коммунального водоснабжения, что требует планомерного проведения ремонта

сетей и запорной арматуры на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства, внедрения технологий повторного использования воды в процессе водоподготовки, развития систем дистанционного учета воды.

Заключение

Дана краткая характеристика условий эксплуатации подземных вод Беларуси, их качества в районах действующих водозаборов, а также в естественных и слабонарушенных условиях.

Наряду с реализацией мероприятий по улучшению экологического состояния (статуса) водных объектов Беларуси, включая мероприятия по снижению антропогенной нагрузки на водные объекты, в том числе сокращение объемов сброса недостаточно очищенных сточных вод, актуальными в Республике Беларусь направлениями в области охраны и использования вод остаются:

- повышение эффективности очистки сточных вод на коммунальных очистных сооружениях за счет их реконструкции и модернизации;
- оценка запасов и химического состава пресных подземных вод;
- повышение эффективности водопользования за счет сокращения удельного водопотребления, непроизводительных потерь воды, а также внедрения усовершенствованных водоочистных и водосберегающих технологий.

Приведены результаты исследований по разработке технологических схем очистки подземных вод в естественных и слабонарушенных условиях для систем водоснабжения коллективного и индивидуального водопользования.

Список цитированных источников

1. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод, 2017 г. – Минск : ЦНИИКИВР. – 2018. – 356 с.
2. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод, 2022 г. – Минск : ЦНИИКИВР, 2022. – 149 с.
3. НСМОС: результаты наблюдений за год / Ежегодные обзоры // Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь – 2022. – URL: <https://www.nsmos.by/publikacii/2022> (дата обращения: 11.11.2024).
4. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – Санитарные правила и нормы СанПиН 10-124 РБ 99 : утв. пост. Гл. гос. сан. врача Республики Беларусь, 18 октября 1999 г., № 46. Введ. 19.10.2000; с изм. по сост. на 9 окт. 2006 г. – Минск : Минсельхозпрод, 2006.
5. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень / Е. И. Громадская, Д. В. Цубленок, М. В. Водейко [и др.] ; под общ. ред. Е. И. Громадской – Минск : ЦНИИКИВР, 2023. – 151 с.
6. Андреюк, С. В. Технологические схемы очистки и кондиционирования воды децентрализованных систем питьевого водоснабжения / С. В. Андреюк // Вестник Брест. гос. техн. ун-та. – 2022. – № 1 (127). – С. 2–5. – DOI: 10.36773/1818-1112-2022-127-1.
7. Андреюк, С. В. Эффективность исследований процесса очистки воды от нитратов математическим планированием / С. В. Андреюк, Б. Н. Житенев // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. экол. конф. / сост. Л. С. Новопольцева ; под ред. И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2020. – С. 321–323.
8. Житенев, Б. Н. Технологические схемы водоподготовки для удаления нитратов на ионообменных смолах в децентрализованных системах питьевого водоснабжения / Б. Н. Житенев, С. В. Андреюк // Вода Magazine. – 2018. – № 5 (129). – С. 40–43.

9. О Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года : постан. Совета Министров Респ. Беларусь, 22 февр. 2022 г. № 91 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=11031&p0=C22200091> (дата обращения: 26.02.20 22).

10. О состоянии окружающей среды Республики Беларусь за 2019–2022 гг. : Нац. доклад Мин-ва прир. ресурсов и охраны окр. среды Респ. Беларусь // Инс-т природопользования НАН Беларуси, ЦНИИКИВР. – Минск, 2023. – 172 с.

11. Зань, М. В. Аналитический обзор состояния и перспективные направления исследований по проблемам охраны и использования вод природной среды Беларуси / М. В. Зань, А. С. Крук // Инженерно-экологические аспекты и перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения : сб. научн. статей Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 28 марта 2024 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик, С. В. Андреюк. – Брест : БрГТУ, 2024. – С. 128–139.

References

1. RUP «Central'nyj nauchno-issledovatel'skij institut kompleksnogo ispol'zovaniya vodnyh resursov». Gosudarstvennyj vodnyj kadastr. Vodnye resursy, ih ispol'zovanie i kachestvo vod (za 2017 god). Minsk : b.n., 2018. – 356 s.

2. Gosudarstvennyj vodnyj kadastr. Vodnye resursy, ih ispol'zovanie i kachestvo vod (za 2022 god). – Minsk: RUP «CNIKIВR», 2022.– 149 s. – <https://cricuwr.by/static/files/GVK%20za%202022.pdf>.

3. NSMOS: rezul'taty nabljudenij za god / Ezhegodnye obzory // Glavnyj inforamci-onno-analiticheskij centr Nacional'noj sistemy monitoringa okruzhajushhej sredy Respubliki Belarus' – 2022. – <https://www.nsmos.by/publikacii/2022>.

4. «Pit'evaja voda i vodosnabzhenie naselennyh mest. Pit'evaja voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody centralizovannyh sistem pit'evogo vodosnabzhenija. Kontrol' kachestva. Sanitarnye pravila i normy SanPiN 10-124 RB 99».

5. Sostojanie prirodnoj sredy Belarusi: jekologicheskij bjulleten' / E.I.Gromadskaja, D.V. Cublenok, M.V. Vodejko, V.S. Homich, S.G. Zhivnach, M.I. Struk; Pod obshej re-dakciej E.I. Gromadskoj – Minsk: RUP «CNIKIВR», 2023 g. – 151 s.

6. Andrejuk, S. V. Tehnologicheskie shemy ochistki i kondicionirovaniya vody necentralizovannyh sistem pit'evogo vodosnabzhenija / S. V. Andrejuk // Vestnik Brest. gos. tehn. un-ta. – 2022. – № 1 (127). – S. 2–5. – DOI: 10.36773/1818-1112-2022-127-1.

7. Andrejuk S. V., Zhitenev B. N. Jefferektivnost' issledovaniy processa ochistki vody ot nitratov matematicheskim planirovaniem // Agrarnye landshafty, ih ustojchivost' i osobennosti razvitija: sb. nauch. tr. po materialam Mezhdunar. nauch. jekol. konf. / sost. L.S. Novopol'ceva; pod red. I.S. Beljuchenko. – Krasnodar: KubGAU, 2020. – S. 321–323.

8. Zhitenev, B. N. Tehnologicheskie shemy vodopodgotovki dlja udalenija nitratov na ionoobmennyh smolah v necentralizovannyh sistemah pit'evogo vodosnabzhenija / B. N. Zhitenev, S. V. Andrejuk // Proizvodstvenno-tehnicheskij i nauchno-prakticheskij zhurnal «Voda Magazine». – 2018/5 (129) – Moskva, ООО «Izdatel'skij dom «Jekomedia»». – S. 40–43.

9. О Nacional'noj strategii upravlenija vodnymi resursami v uslovijah izmenenija klimata na period do 2030 goda. Postanovlenie Soveta Ministrov Respubliki Belarus' ot 22 fevralja 2022 g. № 91. – <https://pravo.by/document/?guid=11031&p0=C22200091> – Nacional'nyj pravovoj Internet-portal Respubliki Belarus', 26.02.20 22, 5/49954.

10. Nacional'nyj doklad o sostojanii okruzhajushhej sredy Respubliki Belarus' za 2019 – 2022 gody: Nac. doklad / Min. priр. res. i ohrany okr. sredy RB, Ins-t prirodo-pol'zovaniya NAN Belarusi, RUP «CNIKIВR». – Minsk, 2023. – 172 s.

11. Zan', M. V. Analiticheskij obzor sostojaniya i perspektivnye napravlenija issledovaniy po problemam ohrany i ispol'zovaniya vod prirodnoj sredy Belarusi / M. V. Zan', A. S. Kрук // Inzhenerno-jekologicheskie aspekty i perspektivy razvitija sistem vodosnabzhenija i водоотведения: sb. nauchn. statej Mezhdunar. nauch.-практ. конф., Брест, 28 марта 2024 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик, S. V. Andrejuk. – Брест: BrGTU, 2024. – S. 128-139.