

Научная статья

УДК 628.144; DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-207-219

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССОВ ВОДОПОДГОТОВКИ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПРИРОДОПОДОБИЯ

✉ Силинский Виктор Алексеевич.

Вологодский государственный университет, г. Вологда, Россия.

Соколов Леонид Иванович.

Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, Москва, Россия

✉ viktor.silinsky@yandex.ru

Аннотация. Под экологической безопасностью рассматривается состояние защищенности природной среды и человека путем обеспечения допустимого уровня негативного воздействия природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую природную среду и человека. На основе принципов природоподобия, ресурсозамещения и сбережения сформированы модули и составляющие компоненты экологической безопасности процессов подготовки питьевой воды и очистки сточных вод. Раскрыты функции каждого модуля водной экосистемы безопасности. Представлены опасные события и факторы опасности в процессах водоподготовки и водоочистки. Установлено содержание системных компонентов экологической безопасности процессов водоподготовки и очистки сточных вод: санитарно-эпидемиологической безопасности, безопасности потребителей, технической безопасности, экологической безопасности производства и эколого-экономической безопасности. Предложен алгоритм экологически устойчивого функционирования водохозяйственных объектов, долгосрочной и безаварийной работы водоочистного оборудования, сохранения здоровья потребителей воды и минимизации воздействия на водоемы, природные водоисточники (подземные и поверхностные).

Ключевые слова: водная безопасность, модули водной экосистемы, ресурсосбережение, природоподобие, ресурсозамещение, факторы опасности

Для цитирования: Силинский В.А., Соколов Л.И. Формирование системы экологической безопасности процессов водоподготовки и очистки сточных вод на основе принципов ресурсосбережения и природоподобия // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 2 (70). С. 207–219. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-207-219.

Scientific article

FORMATION OF AN ENVIRONMENTAL SAFETY SYSTEM FOR WATER TREATMENT AND WASTEWATER TREATMENT PROCESSES BASED ON THE PRINCIPLES OF RESOURCE CONSERVATION AND ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS

✉ Silinskiy Victor A.

Vologda state university, Vologda, Russia.

Sokolov Leonid I.

Russian state geological exploration university named after Sergo Ordzhonikidze, Moscow, Russia

✉ viktor.silinsky@yandex.ru

Abstract. Environmental safety refers to the state of protection of the natural environment and humans by ensuring an acceptable level of negative impact of natural and anthropogenic

environmental hazards on the environment and humans. Based on the principles of nature similarity, resource substitution and conservation, modules and components of environmental safety of drinking water treatment and wastewater treatment processes have been formed. The functions of each module of the aquatic safety ecosystem are disclosed. Dangerous events and hazard factors in the processes of water treatment and water treatment are presented. The content of the system components of environmental safety of water treatment and wastewater treatment processes has been established: sanitary and epidemiological safety, consumer safety, technical safety, environmental safety of production and environmental and economic safety. An algorithm for the environmentally sustainable functioning of water management facilities, long-term and trouble-free operation of water treatment equipment, preservation of the health of water consumers and minimizing the impact on reservoirs, natural water sources (underground and surface) is proposed.

Keywords: water safety, modules of the aquatic ecosystem, resource conservation, nature similarity, resource substitution, safety factors

For citation: Silinskiy V.A., Sokolov L.I. Formation of an environmental safety system for water treatment and wastewater treatment processes based on the principles of resource conservation and environmental friendliness // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2024. № 2 (70). P. 207–219. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-207-219.

Введение

Безопасность процессов очистки природных и сточных вод направлена на обеспечение безвредной эксплуатации систем и сооружений водоснабжения, длительной и безаварийной работы водоочистного оборудования, охраны здоровья потребителей и минимального воздействия на водные объекты и природные водные ресурсы (подземные и поверхностные). Для нужд подготовки питьевой воды система должна поддерживать надлежащее качество воды в необходимых объемах без перебоев.

Данное исследование посвящено разработке научных и методологических основ обеспечения безопасности для человека питьевой воды, подземных и поверхностных водных ресурсов, совершенствованию подходов к мониторингу, проектированию и комплексной оценке процессов водоподготовки и очистки воды на основе разработанных авторами принципов природоподобия, ресурсосбережения и ресурсозамещения, позволяющих с экологических позиций обеспечить надлежащее качество питьевой воды для населения и сбрасываемой сточной воды в водоемы.

Несмотря на имеющийся научный и методический объем данных в части формирования требований к обеспечению населения питьевой водой и к снижению антропогенной нагрузки на водоемы, остаются недостаточно изученными вопросы обеспечения требуемого качества и количества воды, экологической безопасности при проектировании и проведении процессов водоподготовки и очистки сточных вод. Необходима взаимосвязь подходов к выбору технологических решений и оборудования для их реализации. Следует предложить методологию оценки эффективности проектных и эксплуатационных составляющих систем водоснабжения и водоотведения с позиций достаточного и необходимого уровней санитарной и технологической безопасности.

Водохозяйственные объекты могут выступать в качестве источников экологической опасности. Изучение, анализ и понимание природы возникновения данной опасности, а также характера и причин ее воздействия на человека и природную среду, являющихся объектами защиты, лежат в основе системного подхода к оценке опасности и обеспечения безопасности водной среды и жизнедеятельности человека.

Системное исследование экологической безопасности в процессах водоподготовки и очистки сточных вод на водохозяйственных объектах вызвало необходимость

в совершенствовании методологии оценки экологически устойчивого функционирования водохозяйственных объектов как фактора по обеспечению экологической безопасности и разработке методологического подхода к анализу экологической безопасности при проектировании и проведении процессов водоподготовки и очистки сточных вод. Совершенствование этой методологии определило необходимость изучения процессов по формированию системной упорядоченности технологических решений в водоподготовке и очистке сточных вод и целостности как механизма управления по обеспечению экологической безопасности на водохозяйственных объектах. В настоящее время единый подход при решении даже типовых задач обеспечения населения качественной питьевой водой и минимизации антропогенного воздействия на водоемы при сбросе сточных вод отсутствует.

Необходимое обоснование экологически приемлемых решений водоподготовки и очистки стоков можно получить лишь в такой системе, где возможно взаимодействие водохозяйственных объектов с окружающей природной средой, при этом учитываются жизненно важные интересы и здоровье населения, проживающего в зоне влияния объектов на природные водоисточники. Поэтому в методологическом плане, когда необходимо принять экологически приемлемое решение по проектированию и строительству водохозяйственных объектов, следует использовать системный подход. Системный подход прослеживается на стадии проектирования, строительства и эксплуатации данных объектов. Следовательно, одним из основных и самых важных механизмов в принятии технических и технологических решений в водоподготовке и водоочистке является оценка безопасного воздействия таких объектов на природные водоемы, являющиеся источниками питьевой воды. Обеспечение экологической безопасности достигается применением необходимых экологически приемлемых технологических решений, связанных с данным видом хозяйственной деятельности. В этой связи вопросы обеспечения населения питьевой водой требуемого качества в достаточном количестве и экологической безопасности водопользования, включая очистку сточных вод, являются наиболее актуальными. Надежность и экологическая безопасность являются основными требованиями, предъявляемыми к технологиям водоподготовки и очистки сточных вод. Основой разработки мероприятий по повышению надежности систем является оценка и анализ внешних факторов (показателей, характеристик), которые способны оказать существенное влияние как на экологическую безопасность принимаемых технологических решений, так и на срок эффективной эксплуатации (жизненный цикл) сооружений по водоподготовке и очистке сточных вод, включая жизненный цикл природоподобных реагентов и отходов водоочистки [1].

Работы по данным вопросам имеют достаточную научную новизну, но следует отметить, что в изучении и разработке системы экологической безопасности процессов водоподготовки и водоочистки на водохозяйственных объектах имеют начальный этап, требующий дальнейших исследований.

Основная идея работы состоит в формировании системы экологической безопасности процессов водоподготовки и очистки сточных вод на основе интеграции функциональных модулей и составляющих компонентов экологической безопасности. При этом имелось в виду, что с учетом ухудшения состояния водных источников необходимо обосновать подходы к оценке качества вод, используемых в питьевых целях, с экологических позиций. Проектируемые и применяемые технологии водоподготовки и очистки стоков находятся в тесной взаимосвязи с условиями среды обитания, и подход к их выбору должен быть единым для предприятий разных климатических зон в целях создания безопасной и комфортной среды жизнедеятельности. Процесс поступления токсикантов в питьевую воду должен быть прекращен. Аспекты экологической безопасности исходят из принципа формирования единого подхода при решении типовых задач обеспечения населения качественной питьевой водой и минимизации антропогенного воздействия на водоемы при сбросе сточных вод.

Цель работы состоит в научном и методологическом обосновании подходов, принципов и механизмов, позволяющих формировать систему экологической безопасности при подготовке питьевой воды и при очистке сточных вод, опираясь на требования экологической оценки и ресурсосберегающего проектирования. Задачей данного исследования для осуществления и реализации поставленной цели явилось формирование модулей и определение системных составляющих экологической безопасности процессов водоподготовки и очистки сточных вод на основе принципов ресурсосбережения и природоподобия для учета в проектировании технологий водоподготовки и водоочистки.

Научная новизна:

- обоснован методологический подход к анализу экологической безопасности при проектировании и проведении процессов водоподготовки и очистки сточных вод;
- сформулированы методологические основы экологически устойчивого функционирования водохозяйственных объектов (станций водоподготовки, локальных очистных установок предприятий, очистных сооружений канализации);
- установлены системные составляющие экологической безопасности процессов водоподготовки и очистки сточных вод на основе принципов ресурсосбережения и природоподобия для проектирования технологий водоподготовки и водоочистки;
- обоснованы экологически безопасные технологические решения в водоподготовке и очистке сточных вод, основанные на принципах ресурсосбережения и ресурсозамещения;
- сформированы требования к обеспечению качества питьевой воды в условиях контроля качества водного источника с экологических позиций, а на очистных сооружениях – с позиций ресурсосбережения.

Материалы и методы исследования

При обеспечении безопасности процессов очистки воды нельзя исключать возможность нарушения режимов технологических процессов на объектах, технических сбоев в системах безопасности [2–5] и недостижимых оценок качества воды для сезонно изменяющихся источников водоснабжения (табл. 1).

Таблица 1

Опасные события и факторы опасности в процессах водоподготовки и водоочистки

Событие опасности	Факторы опасности
Несоблюдение правил по зонам санитарной охраны водных ресурсов (поясов 1, 2 и 3)	– непредвиденные изменения качества исходной воды из-за загрязнения в месте водозабора
Перебои в электроснабжении	– остановка процессов водоподготовки и водоочистки; – невозможность электролитического производства гипохлорита натрия; – отсутствие обеззараживания воды; – прекращение подачи воды потребителям
Невыполнение заданной производительности станций водоподготовки и очистки воды. Работа станции в режиме байпаса (обводной линии)	– перегрузка водоочистных и водоподготовительных установок. Недостаточное качество работы станций водоподготовки и очистки воды
Неправильная эксплуатация или организационные действия сотрудников из-за технических неисправностей в технических системах безопасности оборудования или резервуаров или человеческого фактора	– отсутствие контроля за техническими процессами водоподготовки и водоочистки; – необходимость дополнительного контроля показателей качества питьевой воды; – загрязнение водных объектов при сбросе сточных вод

Событие опасности	Факторы опасности
Нарушения технологии очистки и обеззараживания воды	<ul style="list-style-type: none"> – несоблюдение требований к показателям качества воды на выходе; – образование побочных продуктов очистки и дезинфекции, в том числе хлорорганических соединений
Использование реагентов для водоподготовки и водоочистки, не соответствующих проектной документации, не соответствующих стандартам и требованиям санитарных правил (СП)	<ul style="list-style-type: none"> – загрязнение системы водоснабжения и низкое качество питьевой воды; – необходимость дополнительного управления показателями качества питьевой воды; – загрязнение водных объектов при сбросе сточных вод; нарушения нормативов допустимых сбросов; – ущерб окружающей среде
Засоренные фильтры. Неполная загрузка фильтров, нарушение методов очистки	<ul style="list-style-type: none"> – недостаточное удаление взвешенных частиц, перекрестное загрязнение из-за коагуляционных мицелл, низкое качество питьевой воды
Вандализм, нарушение правил антитеррористической безопасности	<ul style="list-style-type: none"> – загрязнение или прекращение подачи воды потребителям; – загрязнение территорий зоны строго режима, других зон и поясов санитарной охраны источников водоснабжения; – ущерб окружающей среде
Выход из строя контрольно-измерительных приборов, задержки в автоматизации процессов	<ul style="list-style-type: none"> – отсутствие управления технологическим процессом водоподготовки, переход на ручной режим работы
Природные внешние или внутренние последствия чрезвычайных ситуаций, возникающих на объектах	<ul style="list-style-type: none"> – загрязнение системы водоснабжения и снижение качества питьевой воды; – загрязнение водных объектов при сбросе сточных вод; – ущерб окружающей среде; – отсутствие контроля за технологическими процессами водоподготовки и водоочистки

На основании изложенного требуется сформировать модульную систему экологической безопасности процессов водоподготовки и очистки сточных вод, опираясь на разработанные авторами принципы природоподобия, ресурсосбережения и замещения.

Результаты исследования и их обсуждение

Создание системы экологической безопасности процессов очистки воды и сточных вод может быть достигнуто за счет интеграции четырех модулей: экологическое проектирование; комплексная экологическая оценка оборудования, установок и процессов водоподготовки и очистки воды; экологический мониторинг; управленческие решения (табл. 2).

Таблица 2

**Модули системы экологической безопасности процессов
водоподготовки и очистки сточных вод**

Модули системы экологической безопасности	Функции модуля системы экологической безопасности
Экологическое проектирование и экологическая экспертиза последующих проектов	<ul style="list-style-type: none"> – очистка воды и обеспечение качества питьевой воды; – расчет сброса очищенных сточных вод в водные объекты; – расчет водного баланса и баланса загрязняющих веществ на стадии проектирования и учет принципов охраны природы и ресурсов; – определение мер по предотвращению и ликвидации загрязнения окружающей среды и водных объектов, а также методов безопасного размещения, обработки и утилизации водного ила и стоков очистки сточных вод; – применение ресурсосберегающих, малоотходных, экологически чистых и других наилучших доступных технологий, способствующих охране окружающей среды, восстановлению природной среды, рациональному использованию и воспроизводству природных ресурсов; – при использовании жидкого хлора для обеззараживания воды остаются проблемы транспортировки из густонаселенных районов, а также накопления и хранения нескольких тонн на станциях водоподготовки; – внедрение гипохлорита натрия для дезинфекции питьевой воды позволяет отказаться от транспортировки жидкого хлора по территории крупных населенных пунктов, от его применения на объектах, которые расположены в черте города, снизить риск возникновения аварийных ситуаций
Комплексная экологическая оценка оборудования, установок и процессов водоподготовки и очистки воды	<ul style="list-style-type: none"> – выявление экологических опасностей, возникающих на конкретном участке производственного предприятия по всей технологической цепочке очистных сооружений, станций водоподготовки и водообмена; – оценка работоспособности сооружений и технологического оборудования, оказывающих воздействие на обслуживающий персонал и окружающую среду (в соответствии с типом воздействия и оценкой жизненного цикла воздействия); – выявление и оценка экологических рисков; – подготовка и ведение кадастра «загрязненных» территорий на территории очистных сооружений; – комплексные экологические разрешения для очистных сооружений I категории; декларации для очистных сооружений II категории
Экологический мониторинг	<ul style="list-style-type: none"> – стандартизация воздействия на человека и окружающую среду; – управление источниками воздействия на человека и окружающую среду; – контроль качества очищенной питьевой воды в системе питьевого водоснабжения и на выходе в городскую сеть (НС 2-го подъема); – контроль качества компонентов окружающей среды и обработки осадка после сброса очищенных сточных вод; – мониторинг экологических рисков

Модули системы экологической безопасности	Функции модуля системы экологической безопасности
Управленческие решения	<ul style="list-style-type: none"> – разработка экологической политики организации; управление экологическими рисками: предотвращение экологических опасностей; – минимизация последствий техногенных факторов экологической опасности; – разработка и совершенствование технологий очистки воды и сточных вод; – создание надлежащего материально-технического и профессионального уровня для обеспечения экологической безопасности на объекте

В данном исследовании экологическая безопасность процессов очистки воды и сточных вод рассматривается с точки зрения санитарно-эпидемиологической безопасности, безопасности потребителей, технической безопасности, экологической безопасности производства и эколого-экономической безопасности.

Санитарно-эпидемиологическая безопасность

Гигиеническая и эпидемиологическая безопасность обеспечивается соблюдением следующих требований:

1. СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий», МУ 2.1.4.1060–01 «Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием синтетических полиэлектролитов в практике питьевого водоснабжения», СанПиН 1. 3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

2. Организация и проведение экологического и производственного технического контроля и мониторинга.

3. Выполнение требований к профессиональной подготовке и аттестации работников очистных сооружений.

СанПиН 2.1.5.980–00 «Санитарные требования к охране поверхностных вод» утратил силу с выходом постановления Главного государственного санитарного управления Российской Федерации от 11 марта 2021 г. № 9. В постановлении не указано, какой документ должен заменить отмененный.

Безопасность потребителей

В России должна быть создана нормативная база и обеспечена безопасная практика организации водоснабжения, включая наилучшие и доступные технологии водоподготовки, основанные на использовании методологии оценки риска для здоровья населения [6–10]. Хотя централизованные и децентрализованные системы могут иметь разные подходы к обеспечению безопасности питьевой воды, одно лишь обеспечение качества водоснабжения не гарантирует безопасности. Потребление воды и водоотведение должны основываться на принципах ресурсосбережения и охраны природы.

При выборе и проектировании технологий водоподготовки и водоочистки необходимо учитывать качество источника воды и местные особенности, климатические и гидрогеологические условия для обеспечения безопасности и функциональной надежности системы водоснабжения и водоотведения в целом. Климат – фактор, играющий определенную

роль в определении долгосрочного спроса на воду. С повышением среднегодовой температуры увеличивается и потребность в воде, а пики в системе водоснабжения приходятся на периоды наиболее высоких температур. Сложно разработать эффективные методики для определения общего потребления воды и прогнозирования эксплуатационных параметров зданий. Это связано с тем, что индивидуальное потребление воды и потребление воды в пределах здания варьируются, а сантехнические приборы, установленные в квартирах, работают с различной степенью потребления. Таким образом, спрос на воду определяется уровнем жизни и привычками людей в зависимости от их культурно-исторических особенностей, климатических условий и социального положения. Каждый потребитель услуг питьевого водоснабжения создает свою собственную поведенческую модель качества и количества потребляемой воды (бутилированная питьевая вода, кулеры, бытовые фильтры). Риск для здоровья человека от воды, не отвечающей требованиям безопасности, требует учета технических факторов [11–14].

Экологическая и техническая безопасность

Техническая безопасность обеспечивается соблюдением:

а) СанПиН 2.1.3684–21, СанПиН 1.3685–21, СП 31.13330.2021 «СНиП 2.04.02–84* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения»;

б) постановления Правительства Российской Федерации от 15 сентября 2020 г. № 1430 «Об утверждении технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов»;

в) водно-солевого баланса процесса водоподготовки, рассчитанного при проектировании. При этом следует учитывать химический состав и солесодержание исходной воды, величину потерь воды, добавление дезинфицирующих и других реагентов;

г) водного баланса и баланса загрязняющих веществ в процессе очистки сточных вод, рассчитанных при проектировании;

д) количества потерь воды, которое должно быть определено при вводе станции в эксплуатацию и записано в эксплуатационном журнале;

е) объема потерь воды, который должен быть записан в эксплуатационном журнале выполнения требований по профессиональной подготовке и аттестации работников очистных сооружений.

Перечень основных требований и экологических ограничений к техническим параметрам применяемых технологий водоподготовки устанавливается государством, с каждым годом все более ужесточаясь. Вводя такие нормативы, государство не только снижает энергоемкость национальной экономики и заботится о здоровье и природном благополучии своих граждан, но и стимулирует ученых, разрабатывающих новые технологии в области очистки воды и сточных вод.

Экологическая и промышленная безопасность

Экологическая и промышленная безопасность процессов очистки воды и сточных вод должна учитываться на стадии проектирования в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.002–2014 «Процессы производственные», ГОСТ 12.0.003–2015 «Опасные и вредные элементы производства» и ГОСТ 12.2.003–91 «Оборудование промышленное по системе стандартов безопасности труда». Требования должны быть учтены на стадии проектирования.

На этапе ввода в эксплуатацию должны быть подготовлены инструкции по эксплуатации оборудования и сооружений водоподготовки, системная карта эксплуатации

оборудования водоподготовки и системная карта контроля качества систем водоподготовки и очистки сточных вод.

В техническом помещении должен быть набор средств индивидуальной защиты (например, аптечка, защитная одежда), инструкции и наглядные пособия для обеспечения безопасности при работе с химическими веществами.

Для того чтобы сделать процесс биоцидной обработки воды на очистных сооружениях экологичным, в данной работе предлагается заменить газообразный хлор на инновационные дезинфицирующие реагенты (оксидантно-бактерицидно-хлорсодержащие реагенты, хлорноватистую кислоту и гипохлорит натрия), получаемые путем электролиза минерализованных подземных вод в месте их последующего использования, то есть на водохозяйственной станции [15–20].

Системы очистки воды и сточных вод должны иметь полный комплект эксплуатационной документации, оформленной в соответствии с ГОСТ Р 2.610–2019 «Положение об эксплуатационной документации».

Эколого-экономическая безопасность

Эколого-экономическая безопасность включает стратегическую экологическую оценку, оценку воздействия на окружающую среду (ОВОС), экологическую экспертизу, оценку предотвращения экологического ущерба от реализуемых проектов водоподготовки и рекультивации, оценку рисков воздействия загрязнения на здоровье человека и водные объекты. Эколого-экономическая безопасность обеспечивается экологической устойчивостью (предотвращение истощения важнейших природных ресурсов путем применения первого принципа предельного и эффективного использования), финансовой устойчивостью (гарантия возмещения затрат при оплате ресурсов и обеспечение долгосрочного содержания основных фондов предприятий водоснабжения и водоотведения) и экономической эффективностью (вода направляется на наиболее целесообразное использование, а экономические ресурсы не расходуются впустую (реализация принципа предельного и эффективного использования). Дополнительное использование ресурсов подземных вод должно быть необходимым элементом функционирования всей технической системы очистки и использования бытовых и промышленных вод. Дополнительное использование ресурсов подземных вод в процессе водоподготовки приводит к ресурсозамещению, то есть к сокращению потребления экономических ресурсов.

Заключение

В работе обоснованы модули и системные составляющие экологической безопасности процессов водоподготовки и очистки сточных вод, сформулированы методологические основы экологически устойчивого функционирования водохозяйственных объектов, обоснован методологический подход к анализу экологической безопасности при проектировании и проведении процессов водоподготовки и очистки сточных вод, сформированы требования к обеспечению качества питьевой воды в условиях контроля качества водного источника с экологических позиций, а на очистных сооружениях – с позиций ресурсосбережения.

Системные составляющие экологической безопасности процессов очистки воды и сточных вод (санитарно-технический, эколого-производственный, потребительский и эколого-экономический) формируются на основе принципов ресурсосбережения и ресурсозамещения, используемых при проектировании технологий водоподготовки и водоочистки.

Охрана здоровья человека, эффективные системы канализации и чистая вода, доступ к достоверной информации о ее состоянии, дешевая и чистая энергия, сохранение биоразнообразия – вот основные факторы безопасности водной экосистемы.

Список источников

1. Клименко О.В. Методологические основы обеспечения экологической безопасности водохозяйственных объектов в составе ПТС «П.С. – В.О. – Н» // Проблемы охраны производственной и окружающей среды: сб. материалов и науч. трудов инженеров-экологов. Союз предприятий и организаций, обеспечивающих рациональное использование природных ресурсов и защиту окружающей среды «Экосфера»; под ред. В.Н. Азарова. Волгоград: ВолгГТУ, 2018. Вып. 8. 32 с.
2. Кондаурова И.А. Анализ зарубежных тенденций в сфере охраны труда // Вести Автомобильно-дорожного института. 2021. № 2 (37). С. 97–104.
3. Илиев А.Г., Гончарова А.Г. Анализ методов совершенствования риск-ориентированного подхода к управлению охраной труда при обеспечении производственной безопасности // Наукосфера. 2021. № 5–2. С. 93–100.
4. Справочник перспективных технологий водоподготовки. URL: <https://raww.ru/assets/modckeditor/default/0/spravochnik-vodopodgotovki.pdf> (дата обращения: 24.12.2023).
5. Самбурский Г.А., Нефедова Е.Д. Подходы к оценке рисков и выбору технологий водоподготовки для обеспечения потребителей качественной питьевой водой // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2020. № 2 (146). С. 48–56.
6. Овчинникова Т.И., Потоцкий Е.П., Фирсова В.М. Риск-ориентированный подход при оценке опасностей в горной промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 2–1. С. 199–208.
7. Lilje J., Mosler H.J. Socio-psychological determinants for safe drinking water // Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development. URL: <https://iwaponline.com/washdev/article-pdf/7/1/13/386126/washdev0070013.pdf> (дата обращения: 08.12.2023).
8. WaterMarketsReport // AITHER. 2019. URL: <https://www.aither.com.au/2019-water-markets-report/> (дата обращения: 08.12.2023).
9. WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Guidelines for ensuring the quality of drinking water, fourth edition. World health organization, 2017. 628 с.
10. Overview of the main disinfection processes for wastewater and drinking water treatment plants / A. Abbà [et al.] // Sustainability. 2018. Vol. 10 (1). P. 86.
11. Соколов Л.И., Силинский В.А., Соколов К.Л. Принципы природоподобия и ресурсосбережения в водоподготовке и водоочистке: Экология и промышленность России. М., 2023. № 7 (9). С. 16–21. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-9-16-21.
12. Справочник перспективных технологий водоподготовки. URL: <https://raww.ru/assets/modckeditor/default/0/spravochnik-vodopodgotovki.pdf> (дата обращения: 20.11.2023).
13. Паспорт Национального проекта «Экология». URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/ (дата обращения: 20.11.2023).
14. Un Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP) 2021. URL: <https://www.unescap.org/our-work/social-development/social-protection> (дата обращения: 23.11.2023).
15. Sokolov L., Silinsky V., Kolobova S. Sodium Hypochlorite Production from Salted Groundwater // Journal of Applied Chemical Science International. 2021. Т. 12 (1). P. 17–26. URL: <https://www.ikpress.org/index.php/JACSI/article/view/6476> (дата обращения: 15.03.2024).
16. Sokolov L., Silinsky V., Kolobova S. Application of water treatment sludge for obtaining fertile soil // International Conference on Efficient Production and Processing (ICEPP-2021). 2021. Vol. 247. DOI: 10.1051/e3sconf/202124701072.
17. Соколов Л.И., Силинский В.А. Обеззараживание стоков целлюлозно-бумажного производства реагентом из минеральных подземных вод // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Вып. 87 (2). С. 123–135.

18. Соколов Л.И., Силинский В.А. Влияние хлорсодержащего реагента, полученного из подземных минерализованных вод, на биологическое и химическое потребление кислорода очищаемых сточных вод // Системные технологии. 2023. № (3) 48. DOI: 10.55287/22275398-2023-3-161.

19. Способ получения электролитического гипохлорита натрия: пат. 2722175 Рос. Федерация: МПК С25В 1/26 / С.В. Колобова, Е.А. Мезенева, Л.И. Соколов, В.А. Силинский; заявитель и патентообладатель Волог. гос. ун-т. – № 2019139636; заявл. 05.12.2019; опубл. 28.05.2020, Бюл. № 16.

20. Мезенева Е.А., Колобова С.В., Силинский В.А. Экологическая безопасность при использовании гипохлорита натрия на объектах коммунального хозяйства // Безопасность жизнедеятельности глазами молодежи: сб. материалов V Всерос. студенческой конф. (с междунар. участием): в 2-х т. Т. 2 / под ред. А.И. Сидорова. Челябинск, 2019. С. 58–62.

References

1. Klimentko O.V. Metodologicheskie osnovy obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti vodohozyajstvennyh ob"ektov v sostave PTS «P.S. – V.O. – N» // Problemy ohrany proizvodstvennoj i okruzhayushchej sredy: sb. materialov i nauch. trudov inzhenerov-ekologov. Soyuz predpriyatij i organizacij, obespechivayushchih racional'noe ispol'zovanie prirodnyh resursov i zashchitu okruzhayushchej sredy «Ekosfera»; pod red. V.N. Azarova. Volgograd: VolgGTU, 2018. Vyp. 8. 32 s.

2. Kondaurova I.A. Analiz zarubezhnyh tendencij v sfere ohrany truda // Vesti Avtomobil'no-dorozhnogo instituta. 2021. № 2 (37). S. 97–104.

3. Iliev A.G., Goncharova A.G. Analiz metodov sovershenstvovaniya risk-orientirovannogo podhoda k upravleniyu ohranoj truda pri obespechenii proizvodstvennoj bezopasnosti // Naukosfera. 2021. № 5–2. S. 93–100.

4. Spravochnik perspektivnyh tekhnologij vodopodgotovki. URL: <https://raww.ru/assets/modckeditor/default/0/spravochnik-vodopodgotovki.pdf> (data obrashcheniya: 24.12.2023).

5. Samburskij G.A., Nefedova E.D. Podhody k ocenke riskov i vyboru tekhnologij vodopodgotovki dlya obespecheniya potrebitelej kachestvennoj pit'evoj vodoj // Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie. 2020. № 2 (146). S. 48–56.

6. Ovchinnikova T.I., Potockij E.P., Firsova V.M. Risk-orientirovannyj podhod pri ocenke opasnostej v gornoj promyshlennosti // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' (nauchno-tekhnicheskij zhurnal). 2021. № 2–1. S. 199–208.

7. Lilje J., Mosler H.J. Socio-psychological determinants for safe drinking water // Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development. URL: <https://iwaponline.com/washdev/article-pdf/7/1/13/386126/washdev0070013.pdf> (data obrashcheniya: 08.12.2023).

8. WaterMarketsReport // AITHER. 2019. URL: <https://www.aither.com.au/2019-water-markets-report/> (data obrashcheniya: 08.12.2023).

9. WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Guidelines for ensuring the quality of drinking water, fourth edition. World health organization, 2017. 628 c.

10. Overview of the main disinfection processes for wastewater and drinking water treatment plants / A. Abbà [et al.] // Sustainability. 2018. Vol. 10 (1). P. 86.

11. Sokolov L.I., Silinskij V.A., Sokolov K.L. Principy prirodopodobiya i resursosberezheniya v vodopodgotovke i vodoochistke: Ekologiya i promyshlennost' Rossii. M., 2023. № 7 (9). S. 16–21. DOI: 10.18412/1816-0395-2023-9-16-21.

12. Spravochnik perspektivnyh tekhnologij vodopodgotovki. URL: <https://raww.ru/assets/modckeditor/default/0/spravochnik-vodopodgotovki.pdf> (data obrashcheniya: 20.11.2023).

13. Passport Nacional'nogo proekta «Ekologiya». URL: https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/natsionalnyy_proekt_ekologiya/ (data obrashcheniya: 20.11.2023).

14. Un Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP) 2021. URL: <https://www.unescap.org/our-work/social-development/social-protection> (data obrashcheniya: 23.11.2023).
15. Sokolov L., Silinsky V., Kolobova S. Sodium Hypochlorite Production from Salted Groundwater // Journal of Applied Chemical Science International. 2021. T. 12 (1). P. 17–26. URL: <https://www.ikpress.org/index.php/JACSI/article/view/6476> (data obrashcheniya: 15.03.2024).
16. Sokolov L., Silinsky V., Kolobova S. Application of water treatment sludge for obtaining fertile soil // International Conference on Efficient Production and Processing (ICEPP-2021). 2021. Vol. 247. DOI: 10.1051/e3sconf/202124701072.
17. Sokolov L.I., Silinskij V.A. Obezzarazhivanie stokov cellyulozno-bumazhnogo proizvodstva reagentom iz mineral'nyh podzemnyh vod // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2022. Vyp. 87 (2). S. 123–135.
18. Sokolov L.I., Silinskij V.A. Vliyanie hlorsoderzhashchego reagenta, poluchennogo iz podzemnyh mineralizovannyh vod, na biologicheskoe i himicheskoe potreblenie kisloroda ochishchaemyh stochnyh vod // Sistemnye tekhnologii. 2023. № (3) 48. DOI: 10.55287/22275398-2023-3-161.
19. Sposob polucheniya elektroliticheskogo gipohlorita natriya: pat. 2722175 Ros. Federaciya: MPK C25B 1/26 / S.V. Kolobova, E.A. Mezeneva, L.I. Sokolov, V.A. Silinskij; zayavitel' i patentoobladatel' Volog. gos. un-t. – № 2019139636; zayavl. 05.12.2019; opubl. 28.05.2020, Byul. № 16.
20. Mezeneva E.A., Kolobova S.V., Silinskij V.A. Ekologicheskaya bezopasnost' pri ispol'zovanii gipohlorita natriya na ob'ektah kommunal'nogo hozyajstva // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti glazami molodezhi: sb. materialov V Vseros. studencheskoj konf. (s mezhdunar.uchastiem): v 2-h t. T. 2 / pod red. A.I. Sidorova. Chelyabinsk, 2019. S. 58–62.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 19.02.2024; одобрена после рецензирования: 11.03.2024; принята к публикации: 16.04.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 19.02.2024; approved after review: 11.03.2024; accepted for publication: 16.04.2024

Информация об авторах:

Силинский Виктор Алексеевич, аспирант кафедры теплогазоводоснабжения Инженерно-строительного института Вологодского государственного университета (160000, г. Вологда, ул. Ленина, д. 15), e-mail: viktor.silinsky@yandex.ru, SPIN-код: 4560-4277

Соколов Леонид Иванович, главный научный сотрудник Научно-исследовательского института строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (127238, Москва, Локомотивный проезд, д. 21); профессор кафедры «Строительство систем и сооружений водоснабжения и водоотведения» Российского государственного геологоразведочного университета им. Серго Орджоникидзе (117997, Москва, ГСП-7, ул. Миклухо-Маклая, д. 23), доктор технических наук, профессор, e-mail: sokolovli@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9635-8389>, SPIN-код: 3010-5480

Information about the authors:

Silinskiy Viktor A., postgraduate student of the department of heat and gas supply of the Institute of civil engineering of Vologda state university (160000, Vologda, Lenin str., 15), e-mail: viktor.silinsky@yandex.ru, SPIN: 4560-4277

Sokolov Leonid I., chief researcher at the scientific research institute of building physics of the Russian academy of architecture and building sciences (127238, Moscow, Lokomotivny proezd, 21); professor of the department «Construction of water supply and sanitation systems and structures» of the Russian state geological exploration university named after Sergo Ordzhonikidze (117997, Moscow, GSP-7, Miklukho-Maklaya str., 23), doctor of technical sciences, professor, e-mail: sokolovli@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9635-8389>, SPIN: 3010-5480