

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра «Водоснабжение и водоотведение»



**Материалы 81-й студенческой научно-технической
конференции**

**в рамках Международного молодежного форума
«Креатив и инновации'2025»**

22 мая 2025 года

**Минск
БНТУ
2025**

УДК 502.131, 504.4, 621.65, 628, 629, 696

СОСТАВИТЕЛИ:

Дубенок С.А., Куралёнок А.А.

В сборнике представлены материалы 81-ой студенческой научно-технической конференции, посвященные вопросам институционального и технического развития систем водоснабжения и водоотведения, проблемам сбора, транспортировки и очистки сточных вод, обработки осадка сточных вод, вопросам водоподготовки и обеззараживания природных вод, анализу современных материалов и технологий, применяемых при проектировании, строительстве и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения.

Сборник ориентирован на студентов, магистрантов, аспирантов и преподавателей средних и высших учебных заведений, научных сотрудников и специалистов, занимающихся вопросами и проблемами водоснабжения и водоотведения.

© Белорусский национальный
технический университет, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Способы увеличения срока службы водозаборных скважин	7
Анализ законодательства Республики Узбекистан по организации систем дождевой канализации в населенных пунктах	12
Средства защиты при выполнении газоопасных работ на объектах водоснабжения и водоотведения	19
Обзор существующих методов расчета объема поверхностных сточных вод	24
Влияние качества исходной воды на выбор метода обезжелезивания	28
Канализационная насосная станция с предварительной обработкой сточных вод.....	31
Особенности перевода города Минска на подземные источники водоснабжения	35
Перспективы использования грунтово-растительных площадок в аридных зонах	39
Анализ методов, технологий, сооружений и оборудования обработки осадка производственных сточных вод.....	45
Анализ способов утилизации осадков, образующихся при работе станций обезжелезивания Белорусской железной дороги	48
Способы нагрева воды для систем горячего водоснабжения	53
Определение максимальных концентраций растворов нитратов для синтеза монофункциональных модифицированных фильтрующих материалов.....	62
Оценка антропогенного воздействия на водные ресурсы реки Виляя.....	65
Миграция тяжелых металлов в дезинфицирующих растворах из нержавеющей сталей применяемых в системах водоснабжения	68
Обоснование критериев для оценки применимости технических решений «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры в Республике Беларусь	75
Применение ветровых установок для работы скважинных насосов	78

ОГЛАВЛЕНИЕ

<p>Артёмчик А.А. Способы увеличения срока службы водозаборных скважин Научный руководитель Ивашечкин В.В., д.т.н., профессор <i>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь</i></p>	7
<p>Атабаев А.К. Анализ законодательства Республики Узбекистан по организации систем дождевой канализации в населенных пунктах Научный руководитель Дубенок С.А., к.т.н., доцент <i>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь</i></p>	12
<p>Гайсёнок Д.С. Средства защиты при выполнении газоопасных работ на объектах водоснабжения и водоотведения Научный руководитель Полякова О.Е., ст. преподаватель <i>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь</i></p>	19
<p>Качан А.П. Обзор существующих методов расчета объема поверхностных сточных вод Научный руководитель Колобаев А.Н., д.т.н., доцент <i>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь</i></p>	23
<p>Кныревич В.В. Влияние качества исходной воды на выбор метода обезжелезивания Научный руководитель Грузинова В.Л., к.т.н., профессор <i>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь</i></p>	27
<p>Неборский Д.А. Канализационная насосная станция с предварительной обработкой сточных вод Научный руководитель Ануфриев В.Н., к.т.н., доцент <i>Белорусский национальный технический университет Минск, Республика Беларусь</i></p>	30
<p>Шевчик П.Е.</p>	34

<p>Особенности перевода города Минска на подземные источники водоснабжения Научный руководитель Грузинова В.Л., к.т.н., доцент <i>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь</i></p>	
<p>Мухаммадиев Т.Б. Перспективы использования грунтово-растительных площадок в аридных зонах Научный руководитель Ануфриев В.Н., к.т.н., доцент <i>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь</i></p>	39
<p>Шакаль Т.М., Зорин Е.В. Анализ методов, технологий, сооружений и оборудования обработки осадка производственных сточных вод Научный руководитель Куралёнок А.А. <i>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь</i></p>	44
<p>Каравацкая К.С., Марушевский В.О. Анализ способов утилизации осадков, образующихся при работе станций обезжелезивания Белорусской железной дороги Научный руководитель Грузинова В.Л., к.т.н., доцент <i>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь</i></p>	48
<p>Шилкова Е.М. Способы нагрева воды для систем горячего водоснабжения Научный руководитель Лемеш М.И., ст. преподаватель <i>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь</i></p>	52
<p>Шеко А.Д. Определение максимальных концентраций растворов нитратов для синтеза монофункциональных модифицированных фильтрующих материалов Научный руководитель Пропольский Д.Э., ст. преподаватель <i>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь</i></p>	60
<p>Светлова Я.С., Супрон П.А. Оценка антропогенного воздействия на водные ресурсы реки Виляя Научный руководитель Колобаев А.Н., д.т.н., профессор</p>	63

<i>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь</i>	
<p>Каравацкая К.С., Марушевский В.О. Миграция тяжелых металлов в дезинфицирующих растворах из нержавеющей сталей применяемых в системах водоснабжения Научный руководитель Комаров М.А., ст. преподаватель <i>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь</i></p>	68
<p>Литвинова А.П. Обоснование критериев для оценки применимости технических решений «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры в Республике Беларусь Научный руководитель Дубенок С.А., к.т.н., доцент <i>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь</i></p>	72
<p>Каравацкая К.Н. Применение ветровых установок для работы скважинных насосов Научный руководитель Майорчик А.П., к.т.н, доцент <i>Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь</i></p>	78

Способы увеличения срока службы водозаборных скважин

Артёмчик А.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Ивашечкин В.В., д.т.н., профессор

В статье приведены возможные способы увеличения срока службы водозаборных скважин за счет мониторинга, своевременных профилактических работ и ремонтов. Рассмотрены этапы обследования скважин для диагностики неисправностей. Упомянуты некоторые соотношения характеристик скважин, на основании которых может быть сделан ряд выводов об их техническом состоянии. Приведен перечень мероприятий и работ в рамках профилактического, текущего и капитального ремонтов.

Обеспеченность населения качественной питьевой водой – основа социально-экономической развития. Безопасная чистая вода является важной составляющей жизни человека, без освоения артезианских вод человечество не способно полноценно существовать. В настоящий момент основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения в Республики Беларусь являются артезианские воды, которые залегают на глубине от десятков до сотен метров, а глубины большей части водозаборных скважин находятся в пределах 40-300 метров. Основным преимуществом водообеспечения из подземных вод является минимальная водоподготовка перед её использованием потребителем в отличие от поверхностных водных источников.

Надежность и долговечность водозаборных скважин обеспечивается оптимальной конструкцией в соответствии с гидрогеологическими условиями, а также правильной эксплуатацией и своевременным проведением работ по содержанию скважин.

В Республике Беларусь фактический срок службы большинства водозаборных скважин, составляет порядка 16-19 лет, что существенно меньше нормативного периода эксплуатации, который составляет не менее 25 лет. Эта существенная разница приводит к значительным финансовым затратам на бурение новых скважин [1, с. 10-12].

Один из возможных способов увеличения срока службы и поддержания стабильного функционирования работы скважин является проведение и стандартизация проводимых профилактических и ремонтных работ. Профилактические и ремонтные работы текущего характера (работы по

содержанию) на практике, к сожалению, зачастую должным образом не проводятся, игнорируется основополагающий нормативный документ «Постановление Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 8 июля 2019 г. № 9». В особенности это относится к малодебитным скважинам индивидуальных водопользователей. Пренебрежение профилактическими мероприятиями чревато снижением дебита, ухудшением качества воды и, как следствие, значительными финансовыми затратами на капитальные работы.

Ремонт водозаборной скважины – комплекс мероприятий, направленных на восстановление производительности и поддержание рабочего состояния водозаборной скважины, водоподъемного оборудования и улучшение качества добываемой воды.

Со временем любой водозаборной скважине, вне зависимости от конструкции и качества исполнения работ по её сооружению, может потребоваться ремонт. Основными признаками требующегося ремонта является: снижение дебита, помутнение воды ввиду наличия механических примесей или биологического загрязнения, появление постороннего запаха.

Вне зависимости от скважины, перед восстановительными мероприятиями или для уточнения технического состояния выполняется обследование скважины и диагностируются неисправности, которые привели к ухудшению производительности или органолептических качеств добываемой воды. Диагностика и обследование водозаборных скважин осуществляется в следующей последовательности [2, с. 7]:

1. Изучение имеющейся документации. Определяются: местоположение скважины, год постройки и организация, выполнившая бурение, способ бурения и проектная конструкция скважины, материалы и диаметры обсадных труб, конструкция и протяженность фильтра (фильтров), геологический профиль по стволу скважины, показатели дебита и удельного дебита после окончания бурения. Собираются, систематизируются и анализируются данные об эксплуатации скважины, такие как продолжительность работы, перерывы (если были) и их причины, наличие примесей песка в добываемой воде, виды и сроки ремонтных работ, а также сведения о химическом составе добываемой воды на протяжении всего периода эксплуатации;

2. Полевое обследование скважины. Проводится осмотр и ревизия оборудования водозабора, определяются основные параметры скважины путем замеров: статический и динамический уровни воды, дебит и глубина скважины. Дополнительно измеряется динамика понижения и восстановления уровней воды, отбираются пробы для лабораторных исследований, и т.д.

3. Обработка и анализ полученных данных. Составляется акт о дефектах. На основании полученных при обследовании данных и сравнениях их с показателями производительности и морфометрии (дебит скважины; удельный дебит скважины; глубина скважины; статический уровень воды в скважине; динамический уровень воды в скважине, значения понижения уровня воды в скважине) после бурения скважины, разрабатывается заключение с рекомендациями по дальнейшей эксплуатации и видам ремонтных работ с технологией их проведения.

Виды работ по сохранности водозаборов можно разделить на 3 типа [3, с. 2-6]: работы профилактического характера; ремонтные работы, относящиеся к текущему ремонту, а также работы, относящиеся к капитальному ремонту. Работы могут осуществляться собственником, эксплуатирующими или подрядными организациями.

Работы профилактического характера подразделяются на плановые осмотры (проводятся на основании планово-предупредительных графиков) и внеочередные осмотры (осуществляются после чрезвычайных ситуаций), проводятся исходя из местных условий, но не реже 1 раза в месяц.

Плановые работы охватывают частичные осмотры, проводимые без остановки технологического процесса, и общие осмотры, осуществляемые как с остановкой, так и без остановки производственного процесса.

Перечень проводимых работ профилактического характера включает:

- осмотр и проверка производительности скважин по показаниям приборов учета расхода воды, потребляемого тока и рабочего давления;

- проверка состояния электрооборудования и контрольно-измерительных приборов, соединений на наличие утечек воды;

- измерение статического уровня воды с периодичностью 1 раз в 2 месяца, а динамического ежемесячно;

- проверка режима содержания зон санитарной охраны, выполнение работ по поддержанию помещения павильона в соответствии с санитарными требованиями;

- контроль состояния водоподъемного оборудования;

- проверка сопротивления изоляции электросети скважины и обмотки электродвигателя.

Ремонтные работы, относящихся к текущему ремонту. Такой ремонт охватывает пусконаладочные работы, работы по устранению незначительных дефектов и неисправностей, а также мероприятия, направленные на предупреждение износа. Периодичность проведения составляет 24 месяца или устанавливается исходя из периода эксплуатации и технического состояния скважины, а также по факту обнаружения неисправностей. Работы должны осуществлять регулярно согласно

утвержденному план-графику, могут проводиться без остановки производственного процесса или во время технологических перерывов (простоя водозабора) в работе.

Работы включают:

монтаж и демонтаж водоподъемника для ремонта или замены, а также изменение глубины погружения водоподъемника;

очистку водоприемной части скважины с восстановлением дебита скважины реагентными, импульсно-реагентными и др. методами;

подъем фильтра, его очистка и возвращение в рабочее положение;

обслуживание, ремонт или замена запорно-предохранительной арматуры;

ремонт устья и павильона скважины и элементов зон санитарной охраны;

установку приборов за наблюдением уровней воды в скважине;

мелкий ремонт электрических и автоматических устройств управления;

извлечение водоподъемных труб и оборудования при их обрыве;

определение фактического дебита путем пробной откачки.

Ремонтные работы, относящиеся к капитальному ремонту, производятся по мере необходимости или в результате утраты производственных и потребительских качеств. Капитальный ремонт скважин является наиболее масштабным по объему видом ремонтов и проводится с целью реконструкции или полного восстановления утраченной работоспособности водозаборного сооружения.

Капитальный ремонт подразделяется на выборочный, предполагающий ремонт или замену отдельных компонентов, и комплексный, охватывающий ремонт отдельных сооружений, устройств или участков. Выполняется по годовым планам собственными силами организации собственника либо с привлечением подрядных организаций.

К работам, которые выполняются в рамках капитального ремонта, относятся:

устройство защитной гравийной пробки внутри фильтра;

установка фильтра меньшего диаметра внутрь существующего фильтра;

извлечение вышедшего из строя фильтра, оборудованного в скважине «впотай», с последующим разбуриванием ствола с расширителем и установкой нового фильтра;

очистка скважины от обваленного грунта и посторонних предметов;

крепление скважины новыми колоннами обсадных труб;

перебуривание скважины с устройством нового ствола скважины в границе первого пояса зоны санитарной охраны скважины и тампонаж недействующей скважины;

замена элементов конструкции скважины.

Все работы, проводимые на водозаборе, независимо от их характера (профилактические, текущие или капитальные), должны быть зафиксированы в технический журнал по эксплуатации водозабора. Это включает в себя:

1. Запись о выявленных поломках, неисправностях и дефектах при плановых и внеочередных осмотрах.
2. Запись о проведенных работах, направленных на поддержание или восстановление работоспособности водозабора при текущем или капитальном ремонтах.

Технический журнал должен вестись аккуратно и последовательно, с указанием даты и времени выполнения работ, ответственных лиц, а также достаточным описанием всех проведенных действий и выявленных дефектов для их будущего анализа, что обеспечивает прозрачность и контроль за техническим состоянием водозабора и помогает в предупреждении аварийных ситуаций и эффективном планировании ремонта.

Стоимость капитального ремонта скважин обычно составляет до 40 процентов от затрат на бурение новой скважины. А все названные и описанные способы ремонта являются ресурсосберегающими способами.

Долговечность и производительность водозаборных скважин напрямую зависят от комплексного подхода двух ключевых факторов: регулярного профилактического обслуживания и оперативного текущего ремонта. Работы профилактического характера предотвращают серьёзные поломки и связанные с ними дорогостоящие последствия, такие как полный выход скважины из строя, замена дорогостоящего оборудования и длительные простои.

Текущий ремонт, в свою очередь, направлен на своевременное устранение мелких дефектов и неисправностей, предотвращая их развитие в серьёзные проблемы, а также мероприятия, направленные на предупреждение износа.

В совокупности, эти два вида работ обеспечивают стабильную и эффективную работу скважины на протяжении длительного времени, откладывая капитальный ремонт на более длительный срок, минимизируя риски поломки и затраты.

Литература

1. Артёмчик, А. А. Анализ некоторых циркуляционно-реагентных способов регенерации водозаборных скважин / А. А. Артёмчик ; науч. рук. В. В. Ивашечкин // Материалы Республиканской студенческой научно-практической конференции в рамках Международного молодежного форума «Креатив и инновации'2024», 13 декабря 2024 года [Электронный ресурс] /

Белорусский национальный технический университет, Факультет энергетического строительства, Кафедра «Водоснабжение и водоотведение» сост.: С. А. Дубенок, А. А. Куралёнок – Минск : БНТУ, 2024. – С. 12-18.

2. Ануфриев, В. Н. Методическое пособие по разделу «Эксплуатация водозаборных скважин» курса «Эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения» для студентов 4 курса специальности I 70.04.03.01. «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» / В. Н. Ануфриев, А. П. Майорчик ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Водоснабжение и водоотведение». – Минск : БНТУ, 2002. – 23 с.

3. Об изменении постановления Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление Министерства жилищно-коммунального хозяйства Респ. Беларусь, 8 июля 2019 г., № 9 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22035004> . – Дата доступа: 27.04.2025.

УДК 629.735

Анализ законодательства Республики Узбекистан по организации систем дождевой канализации в населенных пунктах

Атабаев А.К.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь
Научный руководитель Дубенок С.А., к.т.н., доцент

Целью исследования является обзор и анализ нормативных правовых актов (НПА) и технических нормативных правовых актов (ТНПА) Республики Узбекистан, регулирующих управление водными ресурсами и организацию систем дождевой канализации. Рассмотрены основные проблемы, связанные с дефицитом воды, климатическими изменениями и отсутствием четких правил для регулирования сбора и отведения поверхностных вод.

Ключевые слова: водные ресурсы, дождевая канализация, ливневая канализация, поверхностные воды, экологические требования

Узбекистан сталкивается с растущим дефицитом водных ресурсов, обусловленным климатическими изменениями, увеличением населения и

ростом потребления воды в сельском хозяйстве и промышленности. Среднегодовое потребление воды составляет 51-53 млрд. кубометров, из которых 97,2% приходится на реки и ручьи, 1,9% — на коллекторные сети, а 0,9% — на подземные воды. При этом объем потребляемой воды снизился на 20% по сравнению с установленным лимитом [1].

Специальные исследования показывают, что для обеспечения продовольствием постоянно растущего населения планеты к 2050 году необходимо достичь высокой урожайности на 500 млн гектаров орошаемых земель[2].

Система канализации в крупных городах Узбекистана, в основном, выглядит следующим образом:

бытовая канализация; это система, предназначенная для отвода сточных вод из жилых и общественных помещений, таких как кухни, ванны, комнаты, санузлы и мусоросборные камеры. Она включает в себя сантехнические приборы-приёмники, водоотводные трапы, воронки и лотки, а также вентиляционные трубопроводы;

дренажная система; это инженерное сооружение, предназначенное для отвода избыточной влаги из почвы и предотвращения затопления территорий. Она помогает регулировать водный баланс, защищает здания от разрушения и предотвращает заболачивание участков;

иригационная сеть; это система искусственного орошения, предназначенная для обеспечения сельскохозяйственных угодий водой в регионах с недостаточным количеством осадков. Она играет ключевую роль в повышении урожайности и поддержании плодородия почвы;

ливневая канализация; это система, предназначенная для отвода воды, образовавшейся во время выпадения атмосферных осадков.

В широком понимании, система дождевой канализации населенного пункта представляет собой комплекс устройств и сооружений для сбора, транспортировки и отведения воды, стекающей с поверхности при выпадении атмосферных осадков и проведении поливо-моечных работ на территории, в окружающую среду.

Система водоотведения, запроектированная в крупных городах Узбекистана по типовым схемам прошлого века, формировалась в большинстве своем без использования комплексных методологических подходов и не имела единого гидрологического обоснования.

То, что водоотводные сооружения несовершенны, подтверждают конкретные факты. Например, после интенсивных дождей в мае 2014 г., вызвавших подтопления столицы страны, постановлением Кабинета Министров от 11 февраля 2015 г. утверждена Концепция по обеспечению

устойчивого функционирования подземных и наземных водотоков при возникновении чрезвычайных ситуаций в Ташкенте [3].

Весной и летом 2019 г. в Ташкенте также наблюдались сильные осадки, что привело к затоплению улиц города. Это стало причиной рассмотрения проблемы функционирования системы водоотведения на высоком государственном уровне: в августе 2019 г. в Агентстве информации и массовых коммуникаций при Администрации Президента Республики Узбекистан прошел брифинг на тему «Проблемы системы предотвращения наводнений в Ташкенте» [4].

В законодательстве Узбекистана на данный момент отсутствует полная информация о точных определениях и специальных правилах в отношении поверхностных вод (воды, образующиеся в результате осадков или таяния снега).

Однако существуют ряд нормативных правовых актов, регулирующих управление водными ресурсами и охрану окружающей среды, которые косвенно затрагивают вопросы использования поверхностных вод (воды, образующиеся в результате осадков или таяния снега).

Ниже приведены основные нормативные правовые акты (НПА), технические нормативные правовые акты (ТНП), а также национальные стратегические документы Республики Узбекистан, затрагивающие вопросы обращения с дождевыми и талыми водами, включая требования к организации систем дождевой канализации.

1. Закон Республики Узбекистан «О воде и водопользовании» (1993 год, с последними редакциями) [5]

Закон устанавливает общие принципы использования, охраны и управления водными ресурсами. Поверхностные воды, рассматриваются как часть природных водных ресурсов. Однако в данном законе отсутствуют специальные определения или правила в отношении поверхностных вод.

2. Экологические требования к сбросу загрязняющих веществ

В Узбекистане существуют правила, обязывающие соблюдать экологические требования перед сбросом загрязняющих веществ в водные объекты. Этот вопрос, в частности, отражен в законе «Об охране окружающей среды» [6]. Закон включает требования по соблюдению экологических норм, организации государственной экологической экспертизы и общественных слушаний, а также меры по снижению негативного воздействия.

3. Закон Республики Узбекистан «Об экологической экспертизе» [7] уточняет задачи государственной экологической экспертизы, включая обеспечение экологической безопасности и увязку заключений экологической экспертизы с финансовыми процессами. Этот НПА направлен

на регулирование процессов сброса загрязняющих веществ в части проектирования объектов водоотведения.

4. Строительные нормы и правила (КМК)[8]

В Узбекистане установлены нормы управления водными потоками в строительной отрасли. В частности, существуют технические требования к канализационным и водоотводным системам в промышленных зонах и жилых районах. Особое внимание уделяется системам сбора и отвода поверхностных вод.

5. Указ Президента «О мерах по эффективной организации государственного управления в сфере водного хозяйства в рамках административной реформы» [9]

Основная цель документа улучшение государственного управления водным хозяйством через оптимизацию административных структур и процессов.

Указ представляет собой стратегический шаг к улучшению управления водными ресурсами в Узбекистане. Его успешная реализация может способствовать устойчивому развитию экономики и повышению качества жизни населения. Однако для достижения целей потребуются комплексный подход, включающий инновации, обучение кадров и активное международное сотрудничество.

В Узбекистане существуют государственные программы по экономии и повторному использованию водных ресурсов. Например, продвигаются технологии экономии воды в сельском хозяйстве и повторное использование воды в промышленности. Однако эти программы больше ориентированы на использование подземных и поверхностных вод.

1. Стратегия управления водными ресурсами и развития ирригационного сектора на 2021–2023 годы [10].

В рамках этой стратегии предусмотрены мероприятия по внедрению водосберегающих технологий, цифровизации мелиоративного мониторинга и модернизации ирригационных систем. Также планируется реализация проектов в формате государственно-частного партнерства для повышения эффективности водопользования.

2. Программа внедрения технологий водосбережения [11]

В регионах, таких как Каракалпакстан и Хорезм, предоставляются льготные условия для реализации проектов по внедрению современных методов орошения. Например, часть процентной ставки по кредитам на эти проекты покрывается за счет государственного бюджета. Это стимулирует внедрение новых технологий в сельском хозяйстве и промышленности.

Эти программы направлены на рациональное использование воды в сельском хозяйстве, снижение потерь воды и увеличение объемов ее

повторного использования. Для получения дополнительной информации можно обратиться к указанным стратегиям и государственным программам.

Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что в настоящее время в законодательстве Узбекистана отсутствуют специальные определения и правила для поверхностных вод. Тем не менее, общие правила управления водными ресурсами, охраны окружающей среды и водных систем в строительстве регулируют эту сферу.

Изучение НПА и ТНПА Республики Беларусь, а также публикаций ряда авторов по данной тематике [10-11] позволили выявить основные различия в части законодательства двух стран, а также сформулировать недостатки в управлении поверхностными сточными водами в законодательстве Узбекистана:

1. Определение и охват поверхностных вод

В законодательстве Беларуси поверхностные воды выделены в отдельную категорию, для них даны точные определения и установлены конкретные правила. Водный кодекс определяет эти воды как совокупность дождевых вод, талых вод и поливо-моечных вод. Перед сбросом таких вод в окружающую среду требуется их нормирование по объему и по качеству, и при необходимости проведение очистки.

В Узбекистане поверхностные воды не имеют отдельного определения или правил. Водные ресурсы защищаются в рамках общего экологического законодательства, но для сброса или очистки поверхностных вод специальные правила отсутствуют. Это создает правовой пробел в эффективном управлении дождевыми и талыми водами.

2. Требования к очистке и сбросу

В Беларуси уделяется большое внимание очистке поверхностных сточных вод. Их сброс в системы коммунальной хозяйственной канализации населенных пунктов с промплощадок предприятий запрещен, а при сбросе в сети дождевой канализации населенных пунктов требуется контроль качества поверхностных сточных вод с территории промплощадки предприятия (содержание нефтепродуктов, взвешенных веществ, уровень рН, и специфических загрязняющих веществ, которые могут попадать в дождевую канализацию с территории промпредприятия) в соответствии с установленными нормами. Законодательно предусмотрена возможность повторного использования поверхностных сточных вод на производственные нужды.

В Узбекистане, несмотря на наличие общих экологических требований, специальные и обязательные законодательные нормы по очистке поверхностных вод перед их сбросом в канализацию встречаются реже. Это

увеличивает риск загрязнения окружающей среды и ухудшает экологическое состояние водных ресурсов.

3. Возможности повторного использования

Законодательство Беларуси поощряет повторное использование водных ресурсов, включая дождевые и талые воды. Очистка поверхностных вод и их повторное и повторно-последовательное применение в промышленности и сельском хозяйстве имеют правовую основу. Это обеспечивает как экологическую, так и экономическую эффективность.

В Узбекистане общие принципы повторного использования водных ресурсов прописаны, однако отсутствуют конкретные подходы к повторному использованию именно поверхностных вод. Это ограничивает возможности вторичного использования данных ресурсов.

4. Технические нормы и правила

В Беларуси разработаны четкие технические нормы и правовые требования для управления поверхностными сточными водами. Например, в строительстве применяются строгие стандарты проектирования систем сбора, отвода и очистки поверхностных сточных вод. Эти требования поддерживают промышленное и экологическое развитие страны.

В Узбекистане строительные нормы и правила включают общие требования, но конкретные и детализированные указания по управлению поверхностными водами развиты недостаточно, что снижает эффективность их применения на практике.

Проведенный анализ законодательства Узбекистана в части требований к организации сбора и отведения дождевых и талых вод позволил выявить следующие основные недостатки:

- отсутствие специальных нормативов и требований, касающихся дождевых и талых вод;

- слабые требования к очистке и повторному использованию дождевых и талых вод;

- недостаток технических документов по управлению поверхностными сточными водами;

- отсутствие экологических требований и ограничений по сбору и использованию дождевых и талых вод.

В целом, сравнительный анализ законодательства Беларуси и Узбекистана в части управления дождевыми и талыми водами указывает, что в Беларуси применяется более системный и экологический подход к управлению поверхностными водами, который может быть имплементирован в законодательство Узбекистана.

Литература

1. Указ Президента Республики Узбекистан «Об утверждении концепции развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020 — 2030 годы» [Электронный ресурс] Сайт Информационно-поисковой системы Национальной базы данных законодательства Республики Узбекистан <https://lex.uz/docs/-4892953>

2. S.Kistaubayev «O'zbekistonda suv tanqisligi va orol muammosi» 21-february, 2023 y

3. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан, от 11.02.2015 г. № 21 «О мерах по совершенствованию функционирования ирригационно-дренажной системы г. Ташкента» [Электронный ресурс] Сайт Информационно-поисковой системы Национальной базы данных законодательства Республики Узбекистан <https://lex.uz/docs/2567791>

4. Барно Джамаловна Салимова, Бехзоджон Равшанович Махкамов О совершенствовании системы сбора и отвода ливневых стоков с автомобильных дорог в ташкенте январь, 2020 г

5. Закон Республики Узбекистан «О воде и водопользовании» [Электронный ресурс] / Сайт Информационно-поисковой системы Национальной базы данных законодательства Республики Узбекистан <https://lex.uz/docs/-12328>

6. Закон Республики Узбекистан «Об охране природы» [Электронный ресурс] / Сайт Информационно-поисковой системы Национальной базы данных законодательства Республики Узбекистан <https://lex.uz/docs/7065>

7. Закон Республики Узбекистан «Об экологической экспертизе» [Электронный ресурс] / Сайт Информационно-поисковой системы Национальной базы данных законодательства Республики Узбекистан <https://lex.uz/docs/32955>

8. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Узбекистан «Строительные нормы и правила (КМК)» [Электронный ресурс] <https://mc.uz/oz?lang=ru&ysclid=m5aymr3gj7537907468>

9. Указ Президента Республики Узбекистан «О мерах по эффективной организации государственного управления в сфере водного хозяйства в рамках административной реформы» [Электронный ресурс] Сайт Информационно-поисковой системы Национальной базы данных законодательства Республики Узбекистан <https://lex.uz/ru/docs/6508461>

10. Постановление Президента Республики Узбекистан «Об утверждении Стратегии управления водными ресурсами и развития сектора ирригации в Республике Узбекистан на 2021 — 2023 годы» [Электронный ресурс] Сайт Информационно-поисковой системы Национальной базы

данных законодательства Республики Узбекистан <https://lex.uz/docs/-5307918>

11. Постановление Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему ускорению организации внедрения водосберегающих технологий в сельском хозяйстве» [Электронный ресурс] Сайт Информационно-поисковой системы Национальной базы данных законодательства Республики Узбекистан <https://lex.uz/docs/-5157168> .

12. Деревяго И.П., Дубенок С.А. Экономические инструменты управления водными ресурсами и объектами и водохозяйственными системами в Республике Беларусь: тематические материалы проекта «Водная инициатива ЕС плюс для Восточного партнерства» // Минск: БГТУ, 2019. 304 с.

13. Дубенок С.А. Основные требования по учету и контролю поверхностных сточных вод при их отведении в окружающую среду // Производственно-практический журнал для экологов «Экология на предприятии», №4 (94), 2019. - с. 21-26.

14. Дубенок С.А., Шавейко К.Н. Анализ законодательных основ и технических решений по реализации «сине-зеленой» инфраструктуры в Республике Беларусь // V Международная научно-практическая конференция «Экологическая безопасность и устойчивое развитие урбанизированных территорий» [Электронный ресурс]: сб. докладов. /Нижегор. гос. архитектур.-строит. ун-т; редкол.: Д.Л. Щеголев [и др.]– Н. Новгород: ННГАСУ, 2024 –370 с.

УДК 629.735

Средства защиты при выполнении газоопасных работ на объектах водоснабжения и водоотведения

Гайсёнок Д.С.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Полякова О.Е., ст. преподаватель

Актуальной проблемой при обслуживании и ремонте систем водоснабжения и водоотведения является воздействие вредных факторов на работников водопроводно-канализационного хозяйства. В данном докладе представлены мероприятия по обеспечению безопасности при выполнении работ на объектах систем водоснабжения и водоотведения.

Для избежания несчастных случаев на объектах водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ) при эксплуатации водопроводных и канализационных систем, учитываются возможные воздействия вредных и опасных производственных факторов на работающих в соответствии с Правил по охране труда при эксплуатации и ремонте водопроводных и канализационных сетей (далее – Правила) [1, с.13].

В целях обеспечения безопасных условий производства газоопасных работ при эксплуатации и ремонте объектов ВКХ необходимо из общей совокупности производственных факторов выделить наличие и возможность воздействия на работников следующих опасных и вредных производственных факторов:

- образования взрывоопасных смесей газов (в колодцах, камерах на сетях, в помещениях и т. д.);

- газообразных веществ общетоксического и другого вредного воздействия в колодцах, камерах, каналах, очистных сооружениях (сероводород, метан, пары бензина, эфира, углекислый газ, озон и другие);

- газов, выделяющихся в результате утечки из баллонов, бочек, цистерн (аммиак, хлор и другие сжатые, сжиженные и растворенные газы);

- горючих примесей, попавших в сточные воды (бензин, нефть и другие), а также растворенных газообразных веществ, могут образовать в канализационных сетях и сооружениях взрывоопасные смеси.

В необходимых случаях, предусмотренных Правилами и другими нормативными правовыми актами по охране труда, работникам должны быть выданы следующие средства индивидуальной защиты, непосредственно обеспечивающие, безопасность труда:

- защитные каски для защиты головы от травм, вызванных падающими предметами или ударами о предметы или конструкции;

- защитные очки для защиты глаз от попадания опасных химических соединений при работе с ними (склад хранения реагентов, хлораторные, помещения для приготовления растворов, химико-бактериологические лаборатории и другие производственные помещения), а также для защиты глаз от ультрафиолетового излучения при эксплуатации бактерицидных и озонаторных установок;

- защитные одежда и обувь без стальных подковок и гвоздей для защиты тела и ног от воздействия воды и опасных химических соединений (хлора, аммиака, щелочей, кислот и других);

- защитные перчатки и пасты (мази, кремы и тому подобное) для защиты кожи рук от воздействия вредных веществ;

- шланговые противогазы для защиты органов дыхания при выполнении работ в замкнутых объемах (колодцы, емкости, резервуары, подземные

коммуникации и т. д.), содержащих в воздухе менее 18 % кислорода по объему;

- фильтрующие противогазы марок В (коробка желтого цвета) или БКФ (коробка защитного цвета с белой полосой) для защиты органов дыхания от паров хлора и марок К (коробка зеленого цвета) или КД (коробка серого цвета) для защиты органов дыхания от аммиака (склады хранения реагентов, хлордозаторные, хлораторные, очистные сооружения и другие помещения, где хранятся и применяются указанные вещества);

- изолирующие противогазы для защиты органов дыхания, зрения, кожи лица и головы при выполнении аварийно-спасательных работ в непригодной для дыхания атмосфере, содержащей хлор и аммиак;

- противопылевые респираторы для защиты органов дыхания при работе с активированным углем и другими пылевидными материалами (склады хранения реагентов и помещение для приготовления растворов);

- предохранительные пояса с наплечными лямками для страховки и экстренной эвакуации работающего в колодцах, емкостях, резервуарах и других замкнутых пространствах в случае отравления газом;

- предохранительные пояса с наплечными и набедренными лямками с расположением точки закрепления стропа со стороны спинной части тела человека для работы в колодцах и тому подобном, когда может возникнуть необходимость срочной эвакуации работника на поверхность, а также для страховки человека при спуске по вертикальным лестницам в колодцы [1].

В каждой организации, исходя из местных условий и особенностей производства, составляется перечень видов работ, на выполнение которых необходимо выдавать наряд-допуск, примерный перечень газоопасных работ:

- работы в колодцах, камерах, подземных коммуникациях, резервуарах и других технологических емкостях, насосных станциях без принудительной вентиляции, опорожненных напорных водоводах и канализационных коллекторах;

- ремонтные работы, выполняемые на канализационных насосных станциях, метантенках и других сооружениях, в помещениях, при которых возможно появление взрывопожароопасных веществ и газов;

- работы, связанные с эксплуатацией озонаторных и бактерицидных установок;

- работы, выполняемые по хлорированию водопроводных сетей, резервуаров чистой воды, фильтров и так далее;

- газоопасные работы, связанные: со сливом хлора и аммиака, аммиачной воды и гипохлорита натрия из железнодорожных цистерн в емкости склада; очисткой хлорных и аммиачных танков, испарителей буферных емкостей;

ревизией емкостного оборудования, в котором находился озон; внутренний осмотр и гидравлические испытания сосудов на складе хлора, на складе аммиачной селитры и в дозаторных; ремонт и замена арматуры и трубопроводов с СДЯВ.

Наряд-допуск выдается на срок, необходимый для выполнения заданного объема работ. В случае возникновения в процессе выполнения работ опасных производственных факторов, не предусмотренных нарядом-допуском, работы следует прекратить, наряд-допуск аннулировать. Работы возобновляются только после выдачи нового наряда-допуска.

Лицо, выдавшее наряд-допуск, обязано осуществлять контроль за выполнением предусмотренных в нем мероприятий по обеспечению безопасности производства работ.

Перед началом выполнения работ требуется проверить наличие вредных и взрывоопасных веществ в воздушной среде емкостного сооружения независимо от его назначения. Все контрольные замеры и исследования воздуха по определению наличия вредных и взрывоопасных веществ в емкостных сооружениях работающим необходимо выполнять, находясь снаружи емкостного сооружения. Не допускается проверять наличие вредных и взрывоопасных веществ по запаху или путем опускания в емкостное сооружение источников открытого огня.

Если содержание кислорода не соответствует требованиям наряда-допуска, спуск в емкостное сооружение не допускается до тех пор, пока не будут выявлены и устранены их причины.

Так же при работах в колодцах и других подземных сооружениях, грабельных помещениях насосных станций, очистных сооружениях канализации и других местах, где могут скапливаться взрывоопасные газы, следует использовать для освещения переносные светильники во взрывозащищенном исполнении.

При возникновении на объектах ВКХ условий, угрожающих жизни и здоровью работников, например, опасность обрушения строительных конструкций, стенок траншей, котлованов, затопления, выделения вредных газов и других, работы немедленно прекращаются, работники немедленно выводятся из опасной зоны. Ставится в известность лицо, выдавшее наряд-допуск, для принятия решения о возможности продолжения работ.

Работники должны быть обучены действиям в аварийных ситуациях.

Таким образом на объектах ВКХ при ремонте и эксплуатации систем водоснабжения и канализации, обязательное выполнение правил охраны труда и техники безопасности уменьшает риск возникновения несчастных случаев.

Литература

1. Правила по охране труда при эксплуатации и ремонте водопроводных и канализационных сетей, утвержденные постановлением Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 01.07.2002 №11/55.

Обзор существующих методов расчета объема поверхностных сточных вод

Качан А.П.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Колобаев А.Н., д.т.н., профессор

Статья систематизирует методы расчета объема поверхностных сточных вод. Рассмотрены гидрологические подходы, статистико-вероятностные модели и современное имитационное моделирование. Выявлено, что точность расчетов зависит от масштаба проекта, качества данных и интеграции технологий. Практические рекомендации включают комбинацию методов для оптимизации мощности очистных сооружений и учета экстремальных осадков.

Рост урбанизации и изменение климата являются основными факторами увеличения объема поверхностных сточных вод. Некорректный расчет объема поверхностных сточных вод имеет как экологические (загрязнение водоемов), так и экономические (завышение проектной мощности или перегруз очистных сооружений) последствия.

Для расчета объема поверхностных сточных вод применяются различные методики, учитывающие климатические, гидрологические и технические факторы. Основные из них:

1. Гидрологические методы расчета объема поверхностных сточных вод.

Гидрологические методы являются основой для определения объема поверхностных сточных вод, особенно в условиях отсутствия детальных данных о дренажных системах. Эти подходы опираются на анализ характеристик водосборных территорий, осадков и свойств почвы. Ниже рассмотрены три метода: метод предельной интенсивности, рациональный метод и метод *SCS (Soil Conservation Service)*.

1.1 Метод предельной интенсивности [1, с. 18–21] дождя учитывает период повторяемости дождей и их продолжительность. Используются данные метеорологических наблюдений и расчетный расход определяется по формуле:

$$q_r = k \cdot \frac{Z_{mid} \cdot A^{1,2} \cdot F}{t_r^{1,2n-0,1}}$$

где k – коэффициент, учитывающий снижение расхода при расчетной продолжительности протекания дождевых вод менее 10 мин; Z_{mid} – среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока; A – параметр, определяемые по данным ближайших метеорологических станций или расчетным методом; F – расчетная площадь стока, га; t_r – расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания поверхностных вод по поверхности и трубам до расчетного участка, мин; n – параметр, определяемые по данным ближайших метеорологических станций.

Метод предельной интенсивности используется на территории Республики Беларусь и Российской Федерации [2, с. 21–25].

1.2 Рациональный метод [3, с.15] используется для оценки пикового расхода дождевых вод. Данный метод является одним из старейших и наиболее простых способов расчета пикового расхода поверхностных стоков. Данный метод предполагает, что пиковый расход стока прямо пропорционален коэффициенту стока, интенсивности осадков и площади водосбора.

К преимуществам метода можно отнести простоту расчетов и минимальные требования к данным. Однако данный метод не учитывает временное распределение осадков и инфильтрацию в почву и неточен для сложных ландшафтов с разнородными поверхностями.

1.3. Метод *SCS (Soil Conservation Service)* [4], разработан Министерством сельского хозяйства США, учитывает тип почвы, ее влажность и характер землепользования

Данный метод позволяет учитывать степень инфильтрации и неоднородности почвы, а также может применяться не только для урбанизированных территориях, но и для сельской местности. В тоже время он менее точен для экстремальных осадков и требует детальных данных о почве и землепользовании.

2. Вероятностные и статистические методы

Расчет объема поверхностных сточных вод требует учета множества случайных факторов: интенсивности осадков, неравномерности их распределения во времени и пространстве, а также изменчивости характеристик водосборных территорий. Статистические и вероятностные методы позволяют формализовать эту неопределенность, обеспечивая прогнозирование стоков с заданной надежностью. Эти подходы особенно актуальны в условиях роста экстремальных погодных явлений, вызванных климатическими изменениями, и необходимости оптимизации работы очистных сооружений.

2.1. Анализ исторических данных осадков

Основой для прогнозирования стоков служат исторические данные о количестве и интенсивности осадков. Статистическая обработка таких данных включает:

- 1) выбор репрезентативного временного ряда. Данные за 20 – 30 лет позволяют учесть естественную климатическую изменчивость.
- 2) применение статистических распределений. Для моделирования экстремальных событий используются:
 - распределение Гумбеля;
 - гамма-распределение;
 - расчет повторяемости событий.

2.2. Вероятностное моделирование методом Монте-Карло

Метод Монте-Карло применяется для оценки неопределенностей в расчетах, связанных с изменчивостью входных параметров (например, коэффициента стока, проницаемости почвы). Алгоритм включает:

- 1) генерация случайных значений параметров на основе их статистических распределений;
- 2) многократный расчет объема стоков для каждого набора значений;
- 3) построение вероятностных кривых, например, функции плотности распределения объема стоков.

Статистические и вероятностные методы обеспечивают гибкость в прогнозировании поверхностных стоков, особенно в условиях неопределенности. Однако успешное применение этих подходов требует качественных данных и междисциплинарного сотрудничества гидрологов, статистиков и климатологов.

3. Моделирование объема поверхностных сточных вод.

Моделирование является ключевым инструментом для прогнозирования и анализа поверхностных стоков, особенно в условиях сложных урбанизированных систем. Оно позволяет учесть динамические факторы, такие как изменение интенсивности осадков, рельефа местности и характеристик дренажной инфраструктуры. Современные методы моделирования сочетают гидрологические принципы, геоинформационные технологии (ГИС) и искусственный интеллект, обеспечивая высокую точность расчетов. Используются специальные программные комплексы для моделирования, например, *SWMM* (динамическое моделирование ливневых стоков), *MIKE URBAN*. Однако успех зависит от качества данных, междисциплинарного подхода и адаптации методов к локальным условиям.

Расчет объема поверхностных сточных вод остается критически важной задачей в условиях роста урбанизации, климатических изменений и ужесточения экологических требований. Проведенный анализ методов

позволил более подробно рассмотреть следующие из них, с целью разработки решений по их применению.

1. Гидрологические методы (метод предельных интенсивностей, рациональный метод, *SCS*) обеспечивают базовые расчеты, но их точность ограничена для сложных территорий. Они эффективны для малых проектов и предварительной оценки.

2. Статистические и вероятностные подходы (анализ исторических данных, метод Монте-Карло) позволяют формализовать неопределенность и адаптироваться к экстремальным событиям, однако требуют репрезентативных данных.

3. Моделирование (*SWMM*, *MIKE URBAN*, *AI*-инструменты) демонстрирует наивысшую точность за счет учета динамических процессов, но сопряжено с затратами на данные и вычислительные ресурсы.

В заключение, выбор метода расчета объема сточных вод должен основываться на балансе между точностью, доступностью данных и ресурсами. Современные технологии открывают новые возможности, но их успешное внедрение требует междисциплинарного подхода, объединяющего усилия гидрологов, экологов, климатологов и *IT*-специалистов. Только так можно обеспечить эффективную защиту водных ресурсов и инфраструктуры в условиях глобальных вызовов XXI века.

Литература

1. СН 4.01.02-2019 Канализация. Наружные сети и сооружения – Минск: Минстройархитектуры, 2020. – 89 с.

2. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 – М.: Стандартинформ, 2019. – 78 с.

3. Use of the Rational and Modified Rational Methods for TxDOT // [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://library.ctr.utexas.edu/hostedpdfs/techmrt_0-6070-1.pdf (дата обращения 10.05.2025).

4. Konstantinos X. Soulis Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Method: Current Applications, Remaining Challenges, and Future Perspectives // [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://doi.org/10.3390/w13020192> (дата обращения 11.05.2025).

Влияние качества исходной воды на выбор метода обезжелезивания

Кныревич В.В.

Белорусский национальный технический университет,

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Грузинова В. Л., к.т.н., доцент

В статье рассмотрены основные показатели качества исходной воды на территории Беларуси бна выбор метода обезжелезивания. Приведен сравнительный анализ основных методов обезжелезивания воды. Рассмотрены применяемые методы обезжелезивания воды на территории Беларуси.

В Беларуси проблема удаления железа из подземных вод является актуальной. Повышенное содержание железа наносит значительный вред здоровью человека. Избыток железа вызывает зарастание водопроводных сетей, водоразборной арматуры в системах водоснабжения.

Особую проблему при обезжелезивании воды на заторфованных территориях, особенно в Белорусском Полесье, создаёт наличие торфяников, при контакте с которыми подземные воды обогащаются гуминовыми соединениями. Это приводит к образованию в них форм железа в виде сложных железо органических комплексов, удаление которых из воды невозможно традиционными методами.

В подземных водах Беларуси чаще всего находятся такие примеси как:

железо (более чем из 70% артезианских скважин страны подают воду, содержание железа в которой выше нормы);

нитраты (следствие сельскохозяйственных и коммунально-бытовых сточных вод, способны мигрировать на значительные расстояния);

сульфаты (также следствие сельскохозяйственной и коммунально-бытовой деятельности, способствуют накоплению в воде сероводорода, дающего неприятный запах);

соли жесткости (это соли магния и кальция, как раз те, благодаря которым образуется налет).

Все вышеперечисленные примеси, содержащиеся в подземных водах, способны нанести человеку серьезный вред. Так, железо имеет свойство накапливаться в организме, способствуют развитию самых различных заболеваний. Нитраты вызывают кислородное голодание практически всех человеческих органов, приводят к авитаминозу, нарушают работу щитовидной железы.

Для корректного выбора метода обезжелезивания воды выполнен анализ состава подземных вод на действующих водозаборах Минской области. Показатели качества исходной воды Дзержинского района на водозаборе №8, по Валдайскому горизонту (Верхний протерозой) и Днепровско-сожскому горизонту представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели качества исходной воды по Валдайскому и Днепровско-сожскому горизонту

№ скв.	Цветность, градусы	Железо <i>Fe</i> (суммарно), мг/дм ³	Хлориды <i>Cl</i> , мг/дм ³	Водородный показатель, рН	Сухой остаток, мг/дм ³	Жесткость	Сульфаты <i>SO₄²⁺</i> , мг/дм ³	Марганец <i>Mn</i> (суммарно), мг/дм ³
Валдайскому горизонту (Верхний протерозой)								
1а	4,00	1,56	1,3	7,5	333,2	5,84	0	0,07
12а	3,14	1,5	1,6	7,7	363	5,42	1,1	0,024
23а	7,50	1,79	2,0	7,6	383,3	5,6	1,1	0,051
Днепровско-сожскому горизонту								
4	1,64	1,85	12,7	7,8	476	6,26	70,1	0,114
15б	2,21	2,22	7,8	7,7	358	6,32	45,1	0,113
26	12,20	1,79	3,4	7,94	267	4,9	5,5	0,046

На указанном водозаборе для удаления из воды железа и марганца применяется метод упрощенной аэрации с последующим фильтрованием на высокопроизводительном напорном фильтре.

Показатели качества исходной воды Минского района на водозаборе №6 представлены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели качества воды по Минскому району

№ скв.	Цветность, градусы	Мутность, мг/дм ³	Железо <i>Fe</i> (суммарно), мг/дм ³	Хлориды <i>Cl</i> , мг/дм ³	Водородный показатель, рН	Сухой остаток, мг/дм ³	Жесткость	Марганец <i>Mn</i> (суммарно), мг/дм ³
16	3,60	1,47	0,57	1,4	8,0	295,6	5,40	0,120
56	4,4	3,37	1,03	1,7	7,8	267,1	5,96	0,142
17	12,9	1,92	1,21	2,4	8,3	236,2	4,62	0,148
21	2,2	2,94	1,06	7,1	7,5	292,9	4,58	0,188

На указанном водозаборе для удаления из воды железа и марганца применяется метод упрощённой аэрации с последующим фильтрованием на скором безнапорном фильтре.

При выборе способа удаления железа и марганца из подземных вод необходимо учитывать его зависимость от формы содержания этих элементов в воде (таблица 3).

Таблица 3

Выбор метода обезжелезивания в зависимости от качества исходной воды

Состав воды	Технология обезжелезивания	Сооружения	Замечания
а) $Fe_{об} \leq 10$ мг/л (при этом $Fe^{2+} \geq 70\%$ от $Fe_{об}$); б) $H_2S \leq 0,5$ мг/л; в) $pH \geq 6,8$; г) окисляемость ≤ 5 мг/л; д) щелочность ≥ 2 ммоль/л; е) $ Eh \geq 100$ мВ; ж) $ NH_4^+ + \leq 1,5$ мг/л; к) $ CH_4 \leq 0,5$ мг/л	Упрощенная аэрация и фильтрование. Процесс обезжелезивания: на зернах фильтрующей загрузки образуется пленка преимущественно из гидроксида железа с сорбционным и автокаталитическим действием, т. е. в процессе фильтрования происходит одновременно $ Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$ и задержание железа фильтрующей загрузкой. Требуется предварительная вработка фильтрующего материала	В самотечном режиме: аэрация изливом из воронки на подающем трубопроводе или из перфорированного лотка, размещаемых на входе в фильтр; скорый безнапорный фильтр. В напорном режиме: аэратор в виде напорного смесителя или ввод воздуха в подающий трубопровод; напорный фильтр	Очищенная вода должна иметь: окислительно-восстановительный потенциал $ Eh \geq 100$ мВ; индекс стабильности $ > 0,05$ (в противном случае вода не будет стабильна и может вызвать вторичное загрязнение железом, растворяя металл труб)

Для водозаборов №6 и №8 применение метода упрощённой аэрации соответствуют рекомендациям по выбору метода обезжелезивания.

Анализ методов обезжелезивания воды показал, что для Беларуси наиболее подходящий является метод упрощённой аэрации с последующим фильтрованием через зернистую загрузку или наполнители с каталитическими свойствами. Этот метод обеспечивает максимальную очистку исходной воды от соединений железа в воде.

Литература

1. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. / Т. 2. Очистка и кондиционирование природных вод. / Изд. 3-е, перераб. и доп.: учеб. пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. – 552 с.

УДК 628.29+504.062.2

Канализационная насосная станция с предварительной обработкой сточных вод

Неборский Д.А.

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Ануфриев В. Н., к.т.н., доцент

В статье рассмотрена проблематика надежной эксплуатации основного технологического оборудования канализационных насосных станций (далее – КНС) и его энергоэффективности. Показана возможность перекачки сточных вод насосными агрегатами с уменьшенным шаровым проходом и более высоким КПД на КНС с предварительным процеживанием сточных вод посредством специальных устройств.

Введение

Повышению надежности эксплуатации канализационных насосных агрегатов в сочетании с максимальной энергоэффективностью посвящено множество научных публикаций отечественных и зарубежных авторов. В технических нормативных правовых актах указано, что выбор насосных агрегатов для КНС следует производить с учетом их конструктивного исполнения и характеристик, включая оценку: энергоэффективности, устойчивости к засорению, возможного изменения параметров агрегата при его эксплуатации, расчетного срока службы, скорости вращения рабочего колеса насоса (фиксированная, переменная, со ступенчатым регулированием), свойств конструкционных материалов насосного агрегата, включая стойкость к коррозии и абразивному износу, предотвращения поступления воздуха в агрегат в соответствии с требованиями СН 4.01.02 и СП 4.04.01 [1,2].

Повышение требований к энергоэффективности систем водоотведения в ТНПА привело к необходимости совершенствования режима работы КНС и

потребности в применении более энергоэффективных насосных агрегатов. В настоящее время продолжается поиск новых методов по снижению энергопотребления на перекачку сточных вод канализационными насосами.

Надежность эксплуатации и энергоэффективность оборудования КНС

Практический опыт эксплуатации КНС показывает, что параметры энергоэффективности и устойчивости к забиванию насосов связаны между собой и это является важным фактором, особенно для насосных агрегатов небольшой производительности.

Основной причиной возникающих аварийных ситуаций при эксплуатации КНС являются содержащиеся в сточных водах грубодисперсные примеси, длинноволокнистые материалы, гигиенические салфетки, отходы текстиля, ветошь, которые скручиваются и наматываются на лопасти рабочих колес насосов и блокируют их.

Считается, что канализационные насосы с шаровым проходом более 100 мм являются устойчивыми к забиванию и блокировке, для других насосов с меньшими размерами требуются мероприятия для предотвращения блокировки. Такие технические решения как решетки, дробилки, корзины, режущие механизмы и другие устройства повсеместно встречаются в современных проектах. Эти решения доступны для реализации в КНС, имеющих надземные помещения для размещения соответствующего оборудования.

Канализационные насосные станции или установки, проектируемые для обеспечения водоотведения объектов социальной инфраструктуры (торговые центры, спортивно-развлекательные комплексы, бизнес-центры, медицинские центры, фитнес-центры, обустроенные парки, гостиницы, больницы, мелкие производства, небольшие населенные пункты и др.) имеют ряд особенностей, в том числе ограничения по площадям для размещения оборудования. Возникают проблемы с удалением и обработкой отбросов, задерживающихся на решетках или корзинах, а также последующий их вывоз и утилизация в соответствии с [3].

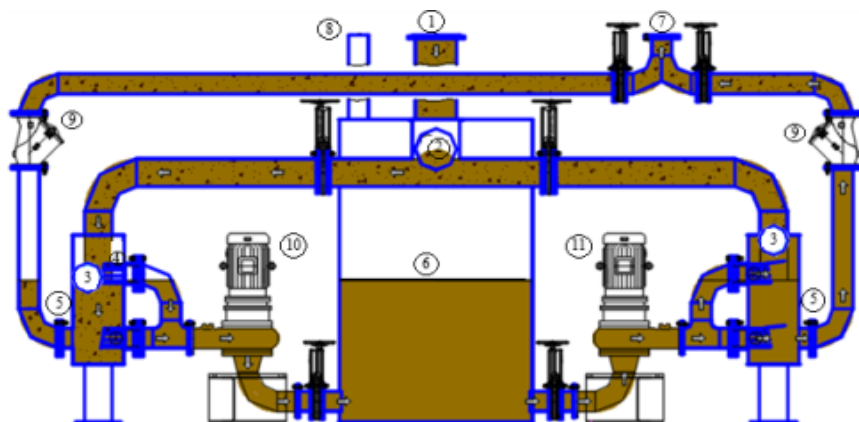
КНС с предварительным процеживанием сточных вод и с разделением потоков сточных вод.

КНС такого типа позволяют решить задачу в обеспечении устойчивости к забиванию и блокировке насосов, возможность использования насосов с шаровым проходом менее 100 мм. На таких станциях могут использоваться насосы с многолопастными рабочими колесами, либо насосы с относительно небольшими свободными шаровыми проходами, которые имеют больший КПД, но применение которых для перекачки сточных вод с крупноразмерными включениями было бы проблематичным.

Таким образом, использование насосных агрегатов, которые характеризуются повышенным КПД, позволяет достичь более высоких показателей энергоэффективности.

Данная технология при достаточно простой конструкции позволяет повысить устойчивость к блокировке насосов.

Схема работы КНС с предварительным процеживанием сточных вод представлена на рисунке [4]. Сточные воды по подводящему трубопроводу поступают в распределитель, далее направляются в открытый резервуар предварительной очистки. В нем твердые частицы удерживаются решетками. Затем сточная вода, отделенная от твердых частиц, проходит через выключенный насос в комбинированный сборный резервуар. По мере заполнения сборного резервуара уровень воды в резервуаре предварительной очистки также повышается. Запирающий плавающий шар автоматически перекрывает впускное отверстие.



- 1 – подводящий трубопровод; 2 – распределитель; 3 – запирающий шаровый клапан; 4 – разделительные клапаны; 5 – резервуар предварительной очистки; 6 – комбинированный сборный резервуар; 7 – напорный трубопровод; 8 – вентиляционный патрубок; 9 – обратный клапан; 10 – выключенный насосный агрегат; 11 – подающий насосный агрегат.

Рис. Схема работы насосной станции с предварительным процеживанием сточных вод.

При достижении установленного уровня в резервуаре запускается процесс перекачки сточных вод. Один из двух насосов включается и начинает перекачивать процеженные сточные воды в напорный трубопровод. При этом сточные воды проходят через резервуар

предварительной очистки и с потоком сточных вод уносятся задержанные примеси в напорный трубопровод. При достижении минимального уровня воды в сборном резервуаре работающий насос выключается. Запирающий шар опускается по мере снижения уровня сточных вод в резервуаре и таким образом, начинается новый цикл заполнения. Так как насосы работают попеременно, то во время работы одного из них, поступающие сточные воды проходят в сборный резервуар через второй насос в резервуар предварительной очистки.

Производство канализационных насосных станций с предварительным процеживанием сточных вод осуществляется в странах Европы, России, Китае, а также в Республике Беларусь. При эксплуатации КНС с предварительным процеживанием сточных вод удаление примесей не происходит и основная задача процеживания – предотвратить поступление примесей в насосы, которые направляются в напорный трубопровод.

Применение КНС с предварительным процеживанием обеспечивает эксплуатирующей организации следующие преимущества:

- обеспечивается минимальная вероятность засорения ввиду того, что контакт насосных агрегатов с твердыми и нерастворимыми частицами, которые содержатся в сточной воде, отсутствует;
- появляется возможность использования насосных агрегатов с небольшим шаровым проходом, за счет чего мы имеем более высокий КПД, снижение затрат на энергопотребление для работы насосных агрегатов;
- повышается надежность процесса перекачки сточных вод за счет меньшего механического износа насосных агрегатов (не происходит перекачивания твердых частиц через гидравлическую часть);
- закрытый и герметичный процесс перекачки сточных вод. Установка КНС с предварительной очисткой возможна как в отдельном колодце, так и в помещении, подвале, паркинге (помещение для насосов остается чистым, сухим и без запаха);
- отсутствует необходимость складирования и утилизации отходов, образующихся в процессе эксплуатации типовых КНС (отходы с решеток);
- обеспечиваются гигиенические условия для технического обслуживания и выполнения монтажных работ, т.к. все элементы доступны снаружи.

Литература

1. СН 4.01.02-2019. Канализация. Наружные сети и сооружения. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2020, – 80 с.

2. СП 4.04.01-2021 Канализационные насосные станции. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2021,-60 с.

3. Закон Республики Беларусь от 20 июля 2007 г. № 271-3 «Об обращении с отходами».

4. ООО «Монтаж-Проект» «Технический паспорт Канализационной насосной станции с предварительной очисткой КСПО «ЛиСток»» – М., 2020. – 17 с.

УДК 628.1

Особенности перевода города Минска на подземные источники водоснабжения

Шевчик П.Е.

Белорусский национальный технический университет,

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Грузинова В. Л., к.т.н., доцент

В статье рассмотрены основные показатели качества исходной воды на территории Беларуси бна выбор метода обезжелезивания. Приведен сравнительный анализ основных методов обезжелезивания воды. Рассмотрены применяемые методы обезжелезивания воды на территории Беларуси.

До недавнего времени существующая централизованная система водоснабжения города Минска была организована из подземных и поверхностного источника и обеспечивала водой хозяйственно-питьевых и противопожарных нужд. Система водоснабжения города включала 11 подземных водозаборов и один водозабор из поерхностного источника на канале Вилейско-Минской водной системы.

Непосредственно в самом городе располагаются водозаборы подземных вод: № 1 «Новинки», № 2 «Петровщина», № 3 «Зеленовка», № 4 «Дражня», № 5 «Боровляны», Зацень. Водозаборы № 6 «Острова», № 7 «Волма» и ряд скважин водозаборов № 8 «Вицковщина», № 10 «Фелицианово» находятся на территории Минского района. Место расположения водозабора № 11 «Зеленый бор» – территория Червенского района; водозабора № 9 «Водопой» – территория Смолевичского и частично Червенского районов; водозабора № 10 «Фелицианово» – территория Пуховичского района; водозабора № 8 «Вицковщина» – территория Дзержинского и Узденского

районов. Вода от водозаборов «Новинки», «Петровщина», «Зеленовка», «Дражня», «Боровляны», «Острова» и от ОВС подается непосредственно в кольцевые разводящие водопроводные сети города, объединяющие зоны влияния отдельных водозаборов в общую систему водоснабжения г. Минска. Подача воды в город от водозаборов «Волма», «Зеленый Бор», «Водопой», «Фелицианово», «Вицковщина» происходит через городские станции водозаборов, подающих воду в водопроводные городские сети.

Схема забора воды из подземных источников и ее транспортировка в городские сети у всех водозаборов практически одинаковая: артезианские скважины (насосные станции I-ого подъема), сборные водоводы, резервуары чистой воды (РЧВ), насосные станции II-го подъема, магистральные водоводы. Кроме того, на водозаборах № 6 «Острова», № 8 «Вицковщина», № 9 «Водопой», № 10 «Фелицианово», № 2 «Петровщина» вода с высоким содержанием железа подается на станции обезжелезивания (СОЖ), расположенные на площадках насосных станций II-го подъема, где подвергается аэрации и фильтрованию для удаления железа. После прохождения сооружений водоподготовки вода от водозаборов № 8 «Вицковщина» и № 10 «Фелицианово» подается в РЧВ водозабора «Острова», от водозабора № 9 «Водопой» – в РЧВ водозабора «Дражня».

Общее водопотребление города за последнее время составляет 450-550 м³/сут, из них из поверхностного источника около 140-180 м³/сут (30% от общего объема). Такая вода приходила в дома жителей Московского, Фрунзенского и частично Октябрьского района. Хотя по показателям она соответствовала санитарным требованиям, ее вкусовые качества все же отличались. Поскольку Минск прирастал как по населению, так и по количеству жилых объектов, требовалось полностью перевести город на артезианское водоснабжение. Проведенные исследования показали, что запасов артезианской воды вокруг Минска достаточно, чтобы удовлетворить потребность столицы.

В 2016 году началась разработка вариантов по модернизации источников водоснабжения столицы. Было предусмотрено четыре варианта возможного решения поставленной задачи.

Вариант 1

Перевод столицы на подземные источники за счет развития существующих водозаборов Южной группы («Острова», «Вицковщина», «Фелицианово») до утвержденных запасов. Дело в том, что эти источники давали лишь от 30 до 60 % от мощности. А ее можно обеспечить, увеличив количество скважин, проложив дополнительные водоводы и построив площадки водоподготовки, где установлены станции обезжелезивания,

резервуары для аккумуляции и регулирования суточной и часовой неравномерности расхода воды.

Вариант 2

Перевод города на подземные источники за счет строительства водоводов и водозабора «Вязынка» на северо-западе Минской области. Но производительности одного источника не хватало для полной замены водоснабжения из поверхностного источника, потому предусматривалось дополнительное развитие водозаборов Южной группы.

Вариант 3

Сохранение поверхностных источников, но улучшение качества воды за счет реконструкции и модернизации очистной водопроводной станции, перевода ее на современные технологии.

Вариант 4

Самый компромиссный. Предлагалось частичное сохранение зоны ОВС с модернизацией технологии водоподготовки и развитие водозаборов Южной группы. Из 160 тыс. куб. м в сутки, идущих из поверхностных источников, лишь 60 тыс. куб. м планировалось подать из артезианских скважин. Остальной объем – из поверхностных источников.

Оптимальным вариантом был выбран Вариант №1. По заданию на разработку предпроектной документации Вариант №1 предусматривает перевод г. Минск на водоснабжение из подземных источников путем развития водозаборов Южной группы (водозаборы № 6 «Острова», № 8 «Вицковщина», № 10 «Фелицианово») до утвержденных запасов и развитие существующих водозаборов и водоводов под «оставшуюся» потребность города, т.е. полное исключение из системы водоснабжения города подачи питьевой воды из поверхностного источника.

Отдельно рассмотрим реконструкцию Водозабора №6 «Острова».

До начала реконструкции производительность насосов 1-го подъема составляла 40-50 м³/сут, насосов 2-го подъема 80-90 м³/сут. Согласно плану было предусмотрено развитие насосов 1-го подъема водозабора «Острова» до утвержденных запасов производительностью 83,4 тыс. м³/сут и насосов 2-го подъема до производительности 260,0 тыс. м³/сут.

Данным проектом были предусмотрены следующие основные решения для строительства II-го пускового комплекса I-ой очереди строительства:

- бурение новых и перебуривание старых артезианских скважин на проектную производительность;
- тампонаж существующих артезианских скважин и ликвидация существующих павильонов (с утановленным в них оборудованием) над ними на существующих площадках;

– прокладка дополнительных вторых ниток сборных водоводов диаметрами 225, 315, 400, 500 мм и перекладка существующих с увеличением их диаметра от водозаборных скважин до площадки сооружений II-го подъема водозабора «Острова»;

– замена насосного оборудования и трубопроводов в насосной станции II-го подъема водозабора «Острова», переустройство фундаментов под агрегаты;

– переустройство систем электроснабжения, АСКУЭ и телемеханизации, АСУ ТП насосных агрегатов;

– строительство 2-х новых резервуаров чистой воды (РЧВ) емкостью 20 тыс. м³ каждый на площадке водозабора «Острова»;

– реконструкция здания существующей хлораторной под устройство электролизной на площадке водозабора «Острова»;

– реконструкция инженерного обеспечения и благоустройство площадки водозабора «Острова», которая включает себя реконструкцию сетей электроснабжения, связи, телемеханики, диспетчеризации, наружного освещения, технологических трубопроводов, опорожнения, сетей водоснабжения, канализации, озеленения, подъездных дорог с устройством разворотных площадок к камерам переключений и РЧВ, устройства ограждения площадки водозабора;

– прокладка дополнительной нитки напорного водовода диаметром 1200 мм от площадки водозабора «Острова» до камеры переключений.

При выборе конструкции скважин необходимо учитывать следующие требования:

1) скважина должна по своей производительности обеспечить расчетный расход воды при динамическом уровне в данных гидрогеологических условиях и принятой проектной глубине скважины;

2) конструкция скважины должна допускать оборудование их электронасосом, обеспечивающим расчетный расход воды и охлаждение электродвигателя;

3) конструкция скважины должна обеспечить надежную изоляцию водоносного горизонта, намеченного к использованию, от попадания в него поверхностных вод;

4) скважина должна быть прочной, надежной, долговечной;

5) скважина должна обеспечивать возможность проведения замеров дебита, уровня и отбора проб воды, а также производства ремонтно-восстановительных работ при применении импульсных, реагентных и комбинированных методов регенерации скважины;

6) эксплуатационная колонна должна иметь внутренний диаметр, обеспечивающий зазор между корпусом насоса и обсадной колонной

соответствующий оптимальному режиму работы электронасоса и ремонтных работ по его замене.

При выборе диаметра эксплуатационной колонны скважины необходимо учитывать диаметр электродвигателя насосного агрегата, что является необходимым условием, обеспечивающим охлаждение двигателя насоса и продолжительность его эксплуатации. Поэтому необходимо выполнять расчет скорости потока воды, охлаждающей электродвигатель. Скорость воды должна быть не меньше указанной в паспорте насоса или каталоге завода-изготовителя.

Допускается монтаж насосного агрегата в скважины с диаметром эксплуатационной колонны большим, чем требуется по размеру электродвигателя насосного агрегата. В таких случаях для обеспечения охлаждения электродвигателя должны применяться специальные охлаждающие кожухи.

Для получения проектных дебитов каждой скважины проектом предусматривается установка эксплуатационная колонна диаметром 273 мм с возможностью использования насоса типа СПА8 наружным диаметром 182 мм. Марка насоса типа СПА8 определена предпроектной документацией на каждую скважину отдельно и учтена настоящим проектом в проектных данных и ГТН.

Фильтры буровых скважин должны отвечать следующим требованиям:

- при минимальных размерах обеспечивать отбор необходимого количества воды;
- иметь минимальные гидравлические сопротивления, максимально возможную скважность и площадь фильтрации;
- обладать необходимой механической прочностью.

Выбор типа фильтра определяется условиями его применения и в первую очередь характером водосодержащих пород. Для песков рекомендуется устанавливать проволочные каркасно-стержневые фильтры или фильтры на трубчатом каркасе с проволочной обмоткой, с гравийной обсыпкой. С учетом заявленной производительности, на участке расположения водозабора проектируемые скважины оборудованы фильтром проволочным.

В соответствии с п.5.3.16 [1] в водоносных пластах мощностью более 10 м длина рабочей части фильтра определяется с учетом водопроницаемости пород, производительности водозаборной скважины и конструкции фильтра. Рабочую часть фильтра следует устанавливать на расстоянии от кровли и подошвы водоносного горизонта не менее чем на 0,5 м. Для достижения проектного дебита, а также с учетом кольматации длина рабочей части проволочного фильтра принимается равной мощности водоносного горизонта. Фильтр проволочного типа с намоткой из проволоки диаметром

2,5- 3 мм, шаг намотки 0,5-1 мм (уточняется после получения данных о гранулометрическом составе водовмещающих пород).

После установки фильтровой колонны производится промывка скважины чистой водой с одновременной обсыпкой фильтра промытой и продезинфицированной песчано-гравийной смесью, которая служит для предупреждения пескования и кольматации скважины, увеличивает ее дебит, а также срок службы. Оптимальная толщина обсыпки должна составлять 150 – 200 мм. Минимальную ее величину следует выбирать в зависимости от размера зерен гравия и песка. Во всех случаях количество частиц максимального и минимального диаметра в составе обсыпки не должно превышать 10%.

По завершению буровых и опытно-фильтрационных работ на водозаборной скважине и выполнения всех мероприятий по рекультивации земель, занятых под оборудование подрядчик передает заказчику скважину в соответствии требованиями [2].

В соответствии с Кодексом Республики Беларусь о недрах (ст.16 п.2.14 и ст.75 п.2) [3] копия паспорта буровой скважины должна быть представлена в Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды для формирования государственного геологического фонда.

Литература

1. ТКП 17.04-21-2010 (02120). Охрана окружающей среды и природопользование. Недра. Правила проектирования, сооружения (строительства), ликвидации и консервации буровых скважин различного назначения (за исключением нефтяных и газовых). – Мн.: Минприроды, 2010. – 41 с.
2. СН 4.01.01-2019. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – Мн.: Минстройархитектуры, 2020. – 73 с.
3. Кодекс Республики Беларусь о недрах от 14.07.2008 №406-3.

УДК 628.354

Перспективы использования грунтово-растительных площадок в аридных зонах

Мухаммадиев Т.Б.

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь
Научный руководитель Ануфриев В. Н., к.т.н., доцент

В Беларуси на сегодняшний день широко используются грунтово-растительные площадки для биологической очистки сточных вод. Практика проектирования и строительства таких сооружений отработана, а требования к ним отражены в национальных ТНПА. Технология очистки сточных вод в грунте с растениями вызывает интерес связанной с возможностью успешного использования таких сооружений в аридных зонах.

Фильтрующие траншеи, песчано-гравийные фильтры, растениями и грунтово-растительные площадки имеют схожее конструктивное исполнение. Принцип их работы основан на фильтровании сточных вод, предварительно осветленных на септиках через слой загрузки из гравия, песка. Различие между фильтрующими траншеями, песчано-гравийными фильтрами, грунтово-растительными площадками заключается в геометрической конфигурации данных сооружений, а также в наличии или отсутствия растений.

Грунтово-растительные площадки – это сооружения, использующие для очистки сточных вод слой фильтрующей загрузки и влаголюбивую растительность, которая высаживается на почвенном слое над фильтрующей загрузкой. По конструкции грунтово-растительные площадки подразделяются на различные виды в зависимости от направления потока сточных вод в грунтовой фильтрующей загрузке:

- горизонтальным потоком;
- вертикальным потоком;
- наклонном потоком.

Также выделяют грунтово-растительные площадки комбинированного типа, в которых используются сочетания разных типов площадок, а также сочетания с другими сооружениями – биологические пруды, биологические фильтры.

К настоящему времени сложились схемы биологической очистки с грунтово-растительных площадок. При использовании площадок с горизонтальным потоком предварительно осветленная в септике вода может подаваться самотеком на площадку с фильтрующей загрузкой, выполненной из мелкого гравия, крупнозернистого песка. Распределение сточной воды по площадке производится путем устройства слоя фильтрующего материала с большой проницаемостью (щебень и гравий), расположенного наклонно во внутренней части сооружения. Дренаж, который собирает профильтрованную воду, выполняется аналогичным способом с противоположной стороны сооружения

Таким образом, фильтрационный поток в фильтрующей загрузке направлен от распределительного устройства к дренажу со снижением уровня воды в грунте.

На площадках с вертикальным потоком, предварительно осветленная в септике вода, забирается насосом и подается в верхнюю распределительную систему трубопроводов, которая распределяет сточную воду по площади фильтрационной загрузки. Профильтрованная вода собирается дренажными трубопроводами, уложенными в нижней части загрузки.



Рис. 1. Грунтово-растительной площадка с горизонтальным потоком.

Для предотвращения просачивания сточных вод в грунт фильтрующая загрузка размещается над слоем гидроизоляции, который устраивают из полимерной пленки. [3]

Эффективность очистки сточных вод на грунтово-растительных площадках соответствует природоохранным требованиям для Республики Беларусь, установленным для небольших очистных сооружений с массой органических веществ в составе сточных вод, поступающих на очистные сооружения до 2000 ЭН (эквивалентного населения) или до 120 кг БПК₅/сут. В данном случае в очищенной сточной воде ХПК, должно не более

125 мг O_2 /дм³, БПК₅, 30 мг O_2 /дм³ взвешенные вещества 35 мг/дм³, аммоний-ион 20 мгN/дм³.

Климат Беларуси умеренно-континентальный, с достаточным количеством осадков и умеренно-теплыми летними месяцами. Климатические показатели благоприятны для организации эффективной очистки сточных вод на грунтово-растительных площадках. Режим изменения количества осадков и температуры наружного воздуха может характеризоваться как пропорциональный.

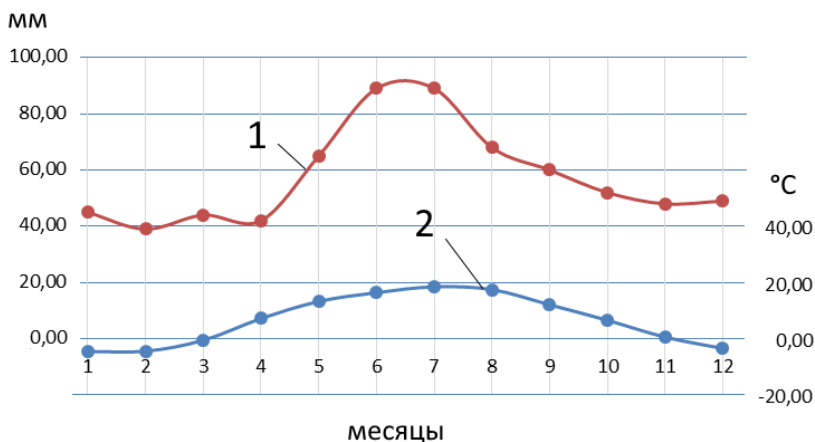


Рис. 2. Климатические нормы осадков (1) и температуры воздуха (2) в Республике Беларусь [4]

Одним из экстремальных периодов для эксплуатации грунтово-растительных площадок является зимний период с отрицательными температурами наружного воздуха. Могут возникать определенные опасения в надежности работы этих сооружений в зимний период. Вместе с тем накопленный опыт эксплуатации, как в Беларуси, так и в странах с аналогичными климатическими условиями показывает, что сооружения достаточно устойчиво работают в условиях низких температур. Связано это с достаточно высокой температурой сточных вод (порядка 12-14 °C), поступающих на сооружения. Вода не успевает замерзнуть, а температура существенно снизится при фильтровании в верхних слоях грунта сооружения. Также известно, что загрязненная сточная вода имеет более низкую температуру замерзания в сравнении с чистой. Кроме того, на поверхности грунтово-растительной площадки растительными остатками под снежным покровом создается воздушная прослойка, которая,

предотвращает промерзание грунта, обеспечивает функционирование грунтово-растительной площадки и очистку сточных вод в зимний период года. Вместе с тем, очистка в зимний период происходит в основном за счет процесса фильтрования через слой грунта и поглощения биогенных элементов микроорганизмами, находящимися в грунте, что снижает интенсивность поглощения азота и фосфора, которые удаляются макрофитами в теплый период года.

Анализ климатических показателей Республики Узбекистан указывает на существенные отличия от гумидной зоны. Так максимальная температура наружного воздуха сочетается с минимальными осадками в летние месяцы (рис.3).

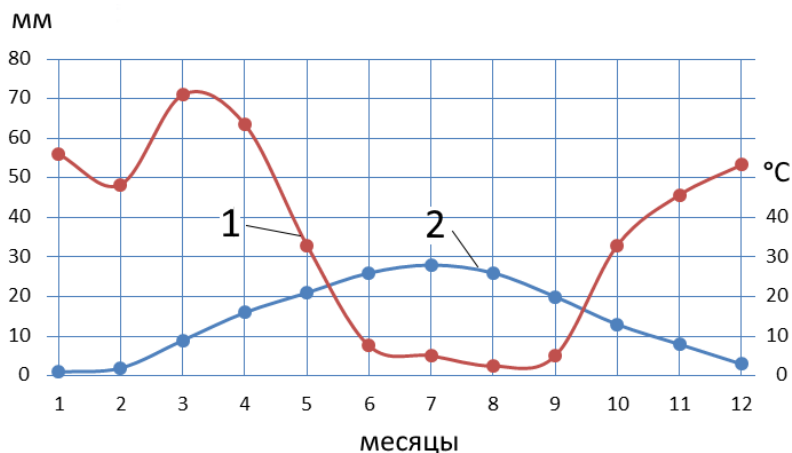


Рис. 3. Климатические нормы осадков (1) и температуры воздуха (2) в Республике Узбекистан[5]

Таким образом, упрощенная оценка условий применения очистных сооружений, приведенная на графиках, показывает, что в аридной зоне возникают риски с связанные негативным воздействием на макрофитов при засухе, пылевых бурями и т.д. Распределение осадков по территории Узбекистан неравномерное. Например, в предгорьях годовая сумма осадков достигает порядка 600-700 мм. Поэтому возможность использования грунтово-растительных площадках в качестве очистных сооружений должна быть обосновано.

Выбор же конкретного технического решения в немалой степени определяется местными условиями (рельеф, грунты, доступность коммуникаций и т.д.), а также финансовыми возможностями. Во многих

случаях, приходится искать компромиссные решения, которые удовлетворяли бы природоохранным и санитарным требованиям, но были бы достаточно доступны в строительстве и эксплуатации по экономическим параметрам.

Литература

1. СН 4.01.02-2019 Канализация. Наружные сети и сооружения. Минск 2020. – 80с
2. СП 4.01.10-2025 Очистные сооружения сточных вод. Минск 2025 80с. Минск 2020 123с
3. Рекомендации по проектированию, устройству и эксплуатации песчано-гравийных фильтров очистных сооружений сточных вод. Р 4.01.188-2022, Международное благотворительное общественное объединение «ЭкоСтроитель», г. Минск, 2022. – 79 с.
4. Погода в Беларуси и Минске. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://belmeteo.net/normals.html> Дата доступа: 10.05.2025.
5. Погода в Узбекистане. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tutu.ru/geo/uzbekistan/article/weather/> Дата доступа: 10.05.2025.

УДК 502.131

Анализ методов, технологий, сооружений и оборудования обработки осадка производственных сточных вод

Шакаль Т.М., Зорин Е.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск,
Республика Беларусь

Научный руководитель Куралёнок А.А.

В статье приведен анализ методов, технологий, сооружений и оборудования обработки осадка производственных сточных вод. Проведенный анализ указывает, что на практике используется проверенный комплекс мероприятий и технологий обработки осадка, и не прекращаются процессы исследования их совершенствования, которые приводят к появлению новых методов, технологий, сооружений и оборудования, их внедрению и распространению наиболее эффективных.

Одной из наиболее сложных проблем, связанных с функционированием очистных сооружений, является управление образующимися осадками, которые являются одним из видов крупнотоннажных отходов.

Составы осадков по размеру частиц неоднородны – размеры колеблются от 10 мм и более до частиц коллоидной и молекулярной дисперсности:

а) осадки грубые (отбросы): задерживаются решетками. В их состав входят крупные взвешенные и плавающие вещества, преимущественно органического происхождения: бумага (65%), тряпье (25%), древесина, пластик (4%), другие отбросы (6%);

б) осадки тяжелые: песок, кирпич, уголь, битое стекло и прочее;

в) осадки плавающие;

г) осадки сырые: студенистая, вязкая суспензия с кисловатым запахом, издаваемым гнивающими органическими веществами в количестве 75–80 %;

д) активный ил: хлопьевидная масса бурого цвета, представляющая биоценоз микроорганизмов и простейших, обладает свойством флокуляции. В свежем виде активный ил почти не имеет запаха или пахнет землей, но, гнивая, издает специфический гнилостный запах;

е) шламы: выделяются в результате локальной очистки или доочистки промышленных сточных вод;

ё) осадки сброженные в анаэробных условиях: имеют мелкую и однородную структуру, цвет – почти черный или темно-серый. Отличаются высокой текучестью, выделяют запах сургуча или асфальта;

ж) осадки из аэробных стабилизаторов.

Важно отметить, что осадки промышленных сточных вод разнообразны по своему составу и свойствам, в отличие от относительно однородных осадков бытовых сточных вод. Это разнообразие обусловлено спецификой производственных процессов различных отраслей промышленности (химическая, металлургическая, пищевая, нефтеперерабатывающая, целлюлозно-бумажная и др.). Поэтому выбор методов и оборудования для обработки промышленного осадка всегда требует индивидуального подхода и тщательного анализа конкретного вида осадка.

Обработка осадков проводится с целью получения конечного продукта, наносящего минимальный ущерб окружающей среде или пригодного для утилизации в производстве. Выбор рационального технологического процесса обработки осадков зависит от их объема и качественного состава, а также от завершающей стадии обработки.

Способы обработки осадков:

а) уплотнение – предварительное снижение влажности и уменьшение объема осадка перед дальнейшей обработкой. Для достижения этих целей применяются различные виды уплотнителей:

1) гравитационное уплотнение – наиболее распространённый и простой способ снижения влажности осадка при относительно незначительных затратах энергии, который производится путём осаждения;

2) динамическое уплотнение – производится путём использования процессов флотации, процеживания, центрифугирования. Требуется меньше времени и позволяет получить более глубокое и регулируемое качество уплотнения, но при этом является энергоёмким;

3) механическое уплотнение – уплотнение осадка с использованием различного механического оборудования: барабанных, дисковых, шнековых, ленточных уплотнителей, центрифуг. При механическом уплотнении используются флокулянты и повышается расход энергии.

б) стабилизация – разложение органических примесей до более простых соединений или получения продуктов, имеющих более длительный период деструкции в окружающей среде. Из методов стабилизации (биологические, химические, физические, комбинированные) наибольшее распространение получили биологические методы стабилизации:

1) Аэробная стабилизация – более простой процесс в сравнении с другими методами, однако характеризующийся большим энергопотреблением, при этом применяют аэробные стабилизаторы;

2) Анаэробная стабилизация – более сложный процесс, предполагающий использование метанового брожения в метатенках.

в) кондиционирование – включает обработку неорганическими реагентами, тепловую обработку, обработку полиэлектролитами, замораживание, электрокоагуляцию;

г) обезвоживание – служит для снижения объёма осадка и уменьшения его влажности, что упрощает его обработку. Применяют в основном иловые площадки, а для механического обезвоживания, в зависимости от вида механического воздействия, используются: вакуум-фильтры (разряжение), фильтр-прессы (давление), центрифуги (центробежное поле);

д) термическая обработка или обеззараживание:

1) сжигание – это процесс окисления органической части осадков до нетоксичных газов (диоксид углерода, водяные пары и азот) и золы. Перед сжиганием осадки должны быть или механически обезвожены, или подвергнуты термической сушке, или пройти оба процесса. Включает следующие стадии: нагревание, сушка, отгонка летучих веществ, сжигание органической части и прокаливание для выгорания остатков углерода.

Возгорание осадка происходит при температуре 200–600 °С. Прокаливание зольной части осадка завершается его охлаждением. Температура в топке печи должна быть в пределах 700–1000 °С.

Для сжигания осадков наибольшее распространение получили многоподовые печи, печи кипящего слоя и барабанные вращающиеся печи.

2) для обеззараживания осадков могут использоваться методы: термические (прогревание, сушка, сжигание), биотермические (компостирование), химические (обработка химическими веществами), биологические (уничтожение микроорганизмов простейшими, грибами и растениями грунта). Также могут использоваться физическое воздействие: радиация, ток высокой частоты, ультразвук, ультрафиолетовое облучение.

В основном используются термические, биохимические, химические методы, а также применяется инфракрасное излучение.

е) утилизация или захоронение:

В мировой практике основными направлениями утилизации осадков сточных вод является захоронение, сжигание, применение в сельском хозяйстве. Утилизация осадка, путем внесения продукта в почву признана устойчивой и в целом поддерживается, но некоторые государства продолжают в большей степени ориентироваться на его сжигание.

Основной способ обработки осадков сточных вод в Республике Беларусь – обезвоживание и складирование на иловых картах, в илонакопителях. Применение данного метода сопряжено с несоответствием современным требованиям к экологическим и техническим решениям, а также приводит к отчуждению земельных ресурсов и загрязнению подземных вод.

Применение осадка в качестве удобрения в сельском хозяйстве не регулируется, т.е. ни в одном государственном нормативном документе не установлен запрет или требования в отношении этого пути конечного размещения. Примеры практического использования осадка для целей рекультивации или в сельском хозяйстве также отсутствуют.

Сжигание осадка сточных вод – как отдельное, так и в смеси с другими отходами – не осуществляется. Однако в нормативных документах закреплены требования, ограничивающие выбросы загрязняющих веществ при сжигании отходов (в том числе осадка).

Критерии выбора методов и оборудования:

а) характеристики осадка – наиболее важный фактор (химический состав, физические свойства, токсичность, влажность);

б) объем осадка – является определяющим фактором требуемой производительности оборудования;

в) требования законодательства – нормативы по сбросу, захоронению или использованию осадка;

г) требования к конечному продукту – необходимая влажность, степень стабилизации, отсутствие токсичных веществ;

д) экономические факторы – капитальные и эксплуатационные затраты, стоимость реагентов, стоимость утилизации/захоронения, возможность получения дохода от использования осадка;

е) наличие места – некоторые сооружения (например, иловые площадки) занимают большую площадь;

ё) надежность и удобство эксплуатации – требования к квалификации персонала, частота обслуживания;

ж) энергоэффективность – потребление электроэнергии, тепла.

Анализ методов, технологий, сооружений и оборудования для обработки осадка производственных сточных вод показывает, что это комплексная задача, требующая гибкого подхода. Из-за специфики производственных осадков универсальных решений нет. Выбор оптимальной схемы обработки основан на детальном изучении свойств конкретного осадка, объема его образования, действующих нормативных требований и технико-экономического сравнения доступных технологий. Современные тенденции направлены на минимизацию объема осадка, извлечение из него полезных компонентов (например, ценных металлов, энергии, питательных веществ) и переход от захоронения к более экологически безопасным методам переработки.

Литература

1. В.Н. Ануфриев «Технологии обработки осадков сточных вод. Ч1» [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/54573/Tekhnologii_obrabotki_osadkov_stochnyh_vod.pdf/ – Дата доступа: 09.05.2025;

2. В.Н. Ануфриев «Технологии обработки осадков сточных вод. Ч2» [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/54570/Tekhnologii_obrabotki_osadkov_stochnyh_vod.pdf/ – Дата доступа: 09.05.2025;

3. О.К. Новикова «Обработка осадков сточных вод» [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://elib.bsut.by/bitstream/handle/123456789/653/novikova_obrabotka_osadkov_stoch_vod.pdf/ – Дата доступа: 09.05.2025;

4. Анализ вариантов утилизации осадков сточных вод [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://minkvodokanal.by/assets/files/Pdf/assessment.pdf/> – Дата доступа: 09.05.2025.

Анализ способов утилизации осадков, образующихся при работе станций обезжелезивания Белорусской железной дороги

Каравацкая К. С., Марушевский В. О.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь
Научный руководитель Грузинова В.Л., к.т.н., доцент

В работе исследуются способы утилизации осадков, образующихся при обезжелезивании воды на станциях Белорусской железной дороги. Рассмотрены возможности использования осадков в строительстве, сельском хозяйстве и других отраслях. Предложены рекомендации по выбору оптимальных технологий утилизации.

Использование подземных вод для питьевого водоснабжения нередко осложняется высоким содержанием в них растворенных соединений железа и марганца. В результате естественных геохимических процессов изменения химического состава подземных вод за длительный геологический период на территории Республики Беларусь сформировались региональные гидрогеохимические провинции с повышенным содержанием железа, марганца и других элементов. Употребление таких подземных вод для хозяйственно-питьевых нужд населения возможно только после их очистки от компонентов, содержание которых превышает установленные нормативы.

Железосодержащие подземные воды широко распространены в долинах рек, особенно в их среднем и нижнем течении, то есть в районах основного проживания населения. Концентрация железа в подземных водах этих районов составляет от 1-2 до 30 мг/дм³ и более. Станции обезжелезивания становятся необходимыми элементом систем водоснабжения, позволяя эффективно очищать воду от избыточного железа, марганца и других примесей. Это не только улучшает качество питьевой воды, но и также способствует снижению затрат на ремонт и эксплуатацию водопроводных систем, предотвращает коррозию трубопроводов и оборудования. В условиях растущих экологических требований и потребностей населения в чистой воде, создание и модернизация станций обезжелезивания в Беларуси является важной задачей для обеспечения здоровья граждан и устойчивого развития страны [1].

Проблема утилизации осадка, образующегося на станциях обезжелезивания, является важным аспектом в управлении водными ресурсами в Беларуси. Процесс обезжелезивания воды может включать коагуляцию и осаждение, в результате чего образуется значительное

количество осадка, содержащего железо и другие примеси. Этот осадок требует надлежащей утилизации, чтобы минимизировать негативное влияние на окружающую среду.

Основными станциями обезжелезивания Белорусской железной дороги являются станции Лида, Брест, Орша и санаторий-профилакторий «Талька».

На станции Лида промывка фильтров производится при концентрации железа в очищенной воде больше допустимой ($0,3 \text{ мг/дм}^3$) и величине потерь напора больше 6 м , что определяется с помощью манометров, установленных на линиях отвода обезжелезенной воды от фильтров. Промывка фильтров производится не реже одного раза в сутки. Вода на фильтры подается снизу-вверх из водонапорной башни под напором, создаваемым башней. Промывная вода отводится в реакторы-отстойники, где происходит отстаивание уловленного осадка. После двухчасового отстаивания вода самотеком поступает в аэратор, а осадок сбрасывается в передвижной контейнер, уплотняется и вывозится на утилизацию.

По данным лабораторных анализов остаточная максимально возможная концентрация железа в очищенной воде составляет $0,22 \text{ мг/дм}^3$. Массу уловленного осадка определим по формуле

$$W = \frac{Q \cdot (C_{cp} - C_k)}{1000} = \frac{1562 \cdot (1,884 - 0,22)}{1000} = 2,6 \text{ кг/сут}$$

где Q – суточный расход сточных вод, м^3 ; C_{cp} – средняя концентрация железа в исходной воде, мг/дм^3 ; C_k – концентрация железа в очищенной воде, мг/дм^3 .

При влажности осадка $96,5\%$ объем осадка в пересчете на $Fe(OH)_3$ составляет $0,14 \text{ м}^3/\text{сут}$. Годовое количество осадка составляет $51,8 \text{ м}^3$.

На станции Орша промывная вода от фильтров сбрасывается в приямок и далее по трубопроводу в р. Оршица. Количество образующегося железа по сухому веществу составит $2,74 \text{ кг/сут}$.

При влажности осадка $96,5\%$ объем осадка в пересчете на $Fe(OH)_3$ составит $0,15 \text{ м}^3/\text{сут}$. Годовое количество осадка составляет 56 м^3 .

На станции Брест суточное количество железа по сухому веществу, образующегося на станции составляет $3,68 \text{ кг/сут}$.

При влажности осадка $96,5\%$ объем осадка в пересчете на $Fe(OH)_3$ составляет $0,2 \text{ м}^3/\text{сут}$. Годовое количество осадка составляет $73,3 \text{ м}^3$.

В санатории-профилактории «Талька» промывка фильтров производится очищенной водой из водонапорной башни и осуществляется 1 раз в сутки.

Согласно протоколам анализа, концентрация железа в очищенной воде превышает предельно допустимые значения. При этом количество выпавшего осадка в отстойнике по сухому веществу составит $0,216 \text{ кг/сут}$.

При влажности осадка 96,5% объем осадка в пересчете на $Fe(OH)_3$ составляет 0,012 м³/сут. Годовое количество осадка составляет 4,3 м³.

В последние годы разработан и внедрен ряд методов по обезжелезиванию воды, позволяющих очищать исходную воду от ионов железа до концентраций, не превышающих предельно допустимые значения. Однако в связи с этим более остро встала проблема утилизации образующихся шламов. В результате исследования некоторых водоочистных комплексов Белорусской железной дороги было установлено, что образующиеся осадки «утилизируют» двумя способами:

- сброс с промывными водами в водоем;
- вывоз отходов на полигон после обезвоживания путем простейшего отстаивания.

Исследования, проведенные на кафедре химии Витебского государственного технологического университета, показали, что неорганические отходы станций обезжелезивания можно использовать для получения строительных материалов: цветной тротуарной плитки и фасадной краски.

Отходы водоочистных станций в естественном состоянии представляют собой влажную массу темно-коричневого цвета. В зависимости от времени года и места образования образцы содержат от 5 до 35% влаги. В пересчете на Fe_2O_3 , содержание оксида трехвалентного железа в шламе некоторых станций изменяется в пределах от 14 до 22%, что по качественным показателям соответствует строительному пигменту «охра». Цвет непрокаленных сухих отходов оранжевый.

Для получения строительного пигмента «сурик» шлам необходимо прокалить. Учитывая, что большинство солей кальция, магния и железа разлагаются при температуре 350–800 °С, отходы необходимо прокалывать при температуре 800 °С в течение одного часа. Цвет прокаленных отходов темно-красный, содержание оксида трехвалентного железа 68–84%, что соответствует норме.

По уровню антикоррозийной защиты и устойчивости к ультрафиолетовому облучению железосодержащие пигменты на основе осадков превосходят обычно применяемый красный железистый оксидный пигмент, который получают из железного купороса. В то же время его изготовление является экологически более чистым процессом и технологически более простым.

Далее можно предложить следующие способы экологической утилизации осадка:

- производство цветной тротуарной плитки с использованием отходов водоочистных станций;

- получение строительного пигмента из отходов водоочистных станций;
- получение фасадных красок;
- фасадная краска на основе полистирола;
- фасадная краска на основе акриловых полимеров.

Проблемой водоочистных комплексов является отсутствие мероприятий по утилизации образующихся железосодержащих осадков. В большинстве случаев промывная вода от фильтров с повышенным содержанием в ней нерастворимых соединений железа без предварительной очистки сбрасывается в существующий водоем. В связи с этим были рекомендованы методы утилизации образующегося осадка на основе новейших разработок отечественных и зарубежных ученых. Применение предложенных способов вторичного использования отходов, прежде всего, позволит предотвратить загрязнение и заиливание водоемов, уменьшить объем осадка, вывозимого на полигоны ТБО, а также использовать образующийся шлам в качестве наполнителей различных строительных материалов.

Литература

1. Об утверждении гигиенических нормативов: Постановление Совета Министров Республики Беларусь 25 января 2021 г. №37. – Мн. -1255 с.

УДК 696.48

Способы нагрева воды для систем горячего водоснабжения

Шилкова Е.М.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Лемеш М.И., ст. преподаватель

В современном мире невозможно представить жизнь без горячей воды, поэтому важно развивать и внедрять эффективные и экологически безопасные способы её нагрева, способствующие сохранению окружающей среды и повышению энергоэффективности.

Горячее водоснабжение является важной составляющей инфраструктуры, обеспечивающей комфорт и удобство в повседневной жизни. Оно играет ключевую роль в выполнении бытовых задач, таких как мытье, стирка, приготовление пищи и отопление помещений. Конструкции систем горячего водоснабжения могут значительно отличаться по

устройству, источникам энергии и методам организации, что позволяет адаптировать их под различные условия и потребности пользователей.

С развитием технологий и ростом требований к энергоэффективности и экологической безопасности системы горячего водоснабжения становятся все более разнообразными. Современные решения включают как традиционные способы нагрева воды – газовые и электрические бойлеры, пластинчатые водонагреватели, так и инновационные технологии, такие как солнечные коллекторы и тепловые насосы.

Значение горячего водоснабжения также связано с его влиянием на здоровье и гигиену: доступ к горячей воде способствует поддержанию чистоты в доме, что особенно важно в условиях современных санитарных стандартов.

В условиях глобальных климатических изменений и необходимости сокращения углеродного следа вопросы энергоэффективности и использования возобновляемых источников энергии приобретают особую актуальность. Это создает новые задачи при проектировании систем горячего водоснабжения – они должны быть не только эффективными, но и экологически безопасными.

Системы горячего водоснабжения подразделяются на виды по нескольким критериям. Классификация систем горячего водоснабжения:

- 1) по способу организации:
 - централизованная: горячая вода подается от центрального источника (котельной, ТЭЦ) к нескольким зданиям или целым районам;
 - децентрализованная (местная): горячая вода готовится в каждом отдельном здании или квартире с помощью индивидуальных систем;
- 2) по принципу работы:
 - накопительная: используется оборудование, которое нагревает и накапливает горячую воду для последующего использования;
 - проточная: нагрев воды происходит непосредственно во время её прохождения через устройство, поэтому горячая вода появляется сразу;
- 3) по источнику теплоты:
 - газовые системы: используют природный газ или нефть для нагрева воды;
 - электрические системы: для нагрева воды используется электроэнергия;
 - твердотопливные системы: используются дрова, уголь или другие твердые топлива для нагрева воды;
 - системы, в которых для нагрева используется пар или перегретая вода (с температурой выше требуемой для горячего водоснабжения) системы теплоснабжения;

– системы на основе возобновляемых источников энергии: для нагрева воды используется солнечная энергия;

4) по режиму работы:

– постоянное горячее водоснабжение: горячая вода доступна круглосуточно;

– сезонное горячее водоснабжение: например, в некоторых регионах горячая вода подается только в отопительный сезон;

5) по способу нагрева:

– открытые системы: происходит смешение нагреваемой воды и сетевой воды системы теплоснабжения (перегретая вода) в смесительных устройствах, в которых нагреваемая вода вступает в непосредственный контакт с теплоносителем;

– закрытые системы: нагрев воды происходит через поверхности, нагреваемая вода и теплоноситель (пар, перегретая вода) не соприкасаются, теплота передается через поверхность теплообмена (например, пластинчатый или кожухотрубный водонагреватель).

Рассмотрим более детально виды систем горячего водоснабжения в зависимости от используемого источника теплоты.

Газовые системы горячего водоснабжения – это система, в которой нагрев воды осуществляется с помощью газа. Есть два вида газа:

– природный газ, который используется в газовых котлах и колонках для нагрева воды; это один из самых распространенных и экономически выгодных способов;

– сжиженный газ: его применяют там, где нет подключения к газопроводу, в таких случаях используют пропан или бутан, которые хранятся в баллонах или резервуарах.

Применяется следующее оборудование для нагрева воды с помощью газа:

– накопительные газовые котлы нагревают воду и хранят её в баке;

– проточные газовые колонки нагревают воду прямо во время её прохождения через устройство, поэтому горячая вода появляется сразу (рис. 1).



Рис. 1. Схема проточной газовой колонки

Электрические системы горячего водоснабжения – это система, использующая электрическую энергию для нагрева воды. Нагрев воды осуществляется в следующих устройствах:

- электрические бойлеры: нагревают воду с помощью электрических ТЭНов (трубчатых электронагревателей) (рис. 2);
- проточные электрические водонагреватели: нагревают воду по мере ее протекания через устройство, обеспечивая мгновенный доступ к горячей воде.

Твердотопливная система горячего водоснабжения – это система, использующая твердое топливо (дрова, уголь, pellets и другие биомассы) для нагрева воды. Этот метод часто применяется в домах и дачах, особенно в тех регионах, где нет доступа к газу или электричеству.

Основные типы твердотопливных котлов для горячего водоснабжения:

- дровяные котлы – бывают ручной и автоматической загрузки;
- угольные котлы – более эффективны, но требуют сложного обслуживания.
- pelletные котлы – работают на древесных pellets с автоматической подачей топлива (pellets – биотопливо, получаемое из торфа, древесных отходов и отходов сельского хозяйства) (рис. 3);
- комбинированные котлы – могут работать на нескольких видах твердого топлива, например, дровах и угле.
-



Рис. 2. Схема накопительного электрического водонагревателя

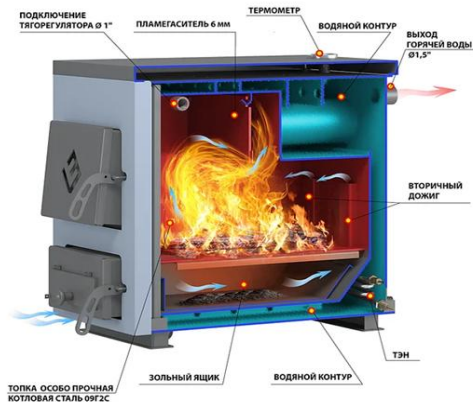


Рис. 3. Схема пеллетного котла

Системы, в которых для нагрева воды для системы горячего водоснабжения применяют пар или перегретую воды системы теплоснабжения. Существует два основных вида водонагревателей:

- проточные водонагреватели, отличаются большой теплопроизводительностью и малой теплоемкостью; к ним относятся, например, пластинчатые и кожухотрубные водонагреватели;
- емкостные водонагреватели, которые совмещают в одном теплообменном аппарате водонагреватель и аккумулятор теплоты, обладают малой теплопроизводительностью и большой теплоемкостью.

Пластинчатый водонагреватель (рис. 4) предназначен для передачи тепла между различными рабочими средами, при этом в качестве сред могут выступать как пар-жидкость, так и жидкость-жидкость.

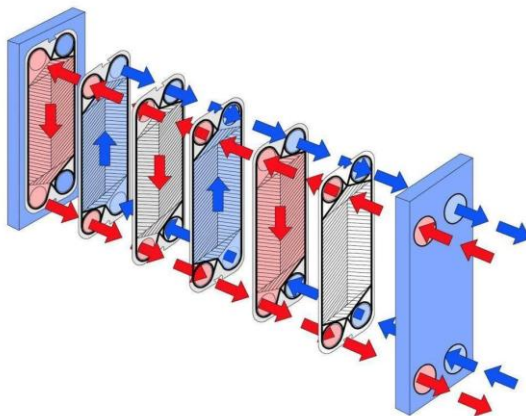


Рис. 4. Схема пластинчатого водонагревателя

Эти устройства работают на бесконтактном принципе нагрева: нагретая вода (теплоноситель) движется по одним контурам в теплообменнике и передает тепло, в то время как холодная вода проходит по другим контурам и поглощает тепло.

Ключевым компонентом устройства является пластина. Каждая из пластин имеет неровности – гофрированный узор. Это обеспечивает наличие канальцев на ней, где протекают рабочие среды. Из множества таких пластин формируют пакеты, которые затем объединяются в готовое устройство.

Корпус устройства ограничен с двух сторон прижимными плитами: одна из них неподвижна, а другая – подвижна, что позволяет регулировать количество пластин или изменять расстояние между ними. Пакеты пластин герметично соединены с помощью специальных уплотнений.

В конструкции предусмотрены четыре отверстия – два входных и два выходных – через них поступают и отводятся нагреваемые и греющие среды, например, горячая и холодная вода. Для каждой среды создан отдельный контур, чтобы исключить их смешивание. Потoki внутри теплообменника могут двигаться как в одном направлении (со направленно, прямооточные), так и навстречу друг другу (разнонаправленно, противоточные). Чередование потоков вокруг пластин увеличивает площадь контакта и способствует повышению эффективности теплообмена.

Кожухотрубный водонагреватель для горячего водоснабжения выполнен в цилиндрической конфигурации в отличие от пластинчатых устройств, имеющих прямоугольную форму (рис. 5). Внутри корпуса расположены трубки, по которым циркулирует греющая среда, а нагреваемая жидкость находится в межтрубном пространстве.

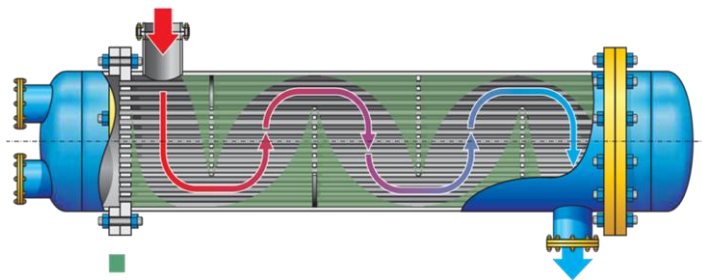


Рис. 5. Схема кожухотрубного водонагревателя

Основное достоинство кожухотрубных теплообменников – их надежность при больших колебаниях температуры и давления. Они компактны, легко монтируются в горизонтальном или вертикальном положении и просты в обслуживании. Недостатки – меньшая эффективность по сравнению с пластинчатыми моделями и большой вес.

Системы, использующие возобновляемые источники энергии обеспечивают экологически чистые и устойчивые решения для нагрева воды:

- солнечные коллекторы:

- а) плоские солнечные коллекторы;

- б) трубчатые солнечные коллекторы: более эффективны благодаря вакуумным трубкам, снижающим теплопотери, работают при низких температурах окружающей среды;

- геотермальные системы используют тепло из воздуха, воды или земли для нагрева воды с помощью тепловых насосов, обеспечивая стабильное тепло независимо от сезона, они отличаются высокой эффективностью при правильной эксплуатации;

- ветровая энергия: электроэнергия, полученная с помощью ветровых турбин, используется для питания электробойлеров или тепловых насосов для горячего водоснабжения;

- комбинированные системы сочетают несколько источников энергии (например, солнечные коллекторы и электрические бойлеры).

Принцип работы солнечных водонагревателей (рис. 6) основан на использовании солнечной энергии для нагрева воды. Коллекторы,

размещённые на крыше или в открытых местах, поглощают солнечный свет черной поверхностью, превращая его в тепло (рис. 7). Это тепло передается воде или теплоносителю внутри коллектора, нагревая их. Нагретая вода хранится в теплоизоляционном баке и может использоваться по мере необходимости. Современные системы оснащены автоматическими клапанами и датчиками, регулирующими циркуляцию и предотвращающими перегрев или замерзание. Таким образом, солнечные водонагреватели:

- эффективно используют энергию солнца, снижая потребление электроэнергии или газа, а также уменьшая негативное воздействие на окружающую среду;

- солнечные коллекторы относительно просты в установке и могут быть установлены как на крыше здания, так и на земле, имеют длительный срок службы.

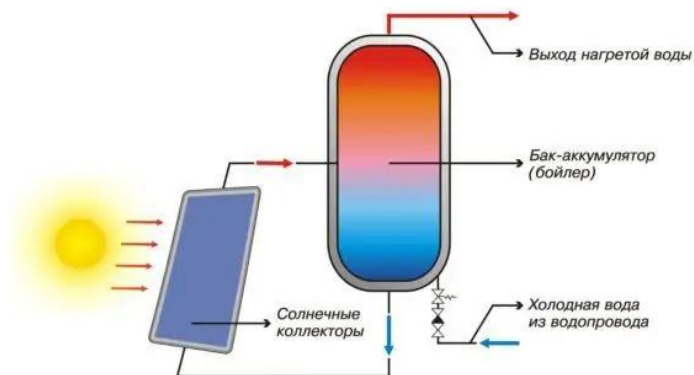


Рис. 6. Схема солнечного водонагревателя



Рис. 7. Схема солнечного коллектора

В Европе широко распространены тепловые насосы и солнечные системы благодаря высоким стандартам энергоэффективности и экологической ответственности. Используются также газовые котлы и электрические водонагреватели, особенно в странах с развитой инфраструктурой. В США и Канаде популярны электрические бойлеры, газовые системы и тепловые насосы, особенно в северных регионах для снижения затрат на отопление.

В Беларуси наиболее распространены электрические нагреватели, газовые котлы и пластинчатые водонагреватели благодаря доступности ресурсов и развитой инфраструктуре. В городах с газовой сетью предпочтение отдается газовым системам, а в новых энергоэффективных зданиях внедряются тепловые насосы, хотя их доля пока невелика из-за стоимости. В сельской местности широко используют твердотопливные котлы на дровах или угле.

Литература

1. Дневник megavtogal.com [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://megavtogal.com/klimat/plastinchatyj-bojler-princip-raboty> – Дата доступа: 12.05.2025.
2. Totalarch [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://housing.totalarch.com/node/97> – Дата доступа: 12.05.2025.
3. Термосистемы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://teploobmennik-russia.ru/article/teploobmennye-pribory-dlya-goryachego-vodosnabzheniya-shema-i-princip-raboty> – Дата доступа: 10.05.2025.
4. Энергомаш [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://energomash.pro/clauses/ekspluatatsiya-teplovykh-setey/goryachee-vodosnabzhenie/> – Дата доступа: 10.05.2025.

УДК 628.196

Определение максимальных концентраций растворов нитратов для синтеза монофункциональных модифицированных фильтрующих материалов

Шеко А.Д.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Пропольский Д. Э., ст. преподаватель

Для обеспечения населения Республики Беларусь питьевой водой надлежащего качества обязательным является соблюдение требований Постановления Совета Министров №137. Среди имеющихся проблем водоподготовки наиболее актуальной проблемой в стране остаётся обезжелезивание подземных вод. Фильтрация через инертные материалы является одним из наиболее распространённых методов удаления железа. Перспективным рассматривается применение для этих целей модифицированных фильтрующих материалов. Важное условие получения таких материалов – подбор оптимальных параметров синтеза. В данном докладе определены максимальные концентрации растворов для получения монофункциональных модифицированных фильтрующих материалов.

Важным условием жизнедеятельности человека является обеспечение населения качественной питьевой водой. Даже при наличии источника питьевого водоснабжения, водоподготовка таких объектов требует ряда мер в зависимости от концентраций имеющихся загрязнений. Между тем одним из наиболее актуальных проблем водоподготовки в Республике Беларусь остаётся удаление железа. Мониторинг подземных вод [1] показывает ярко выраженную тенденцию превышения ПДК по железу (более 0,3 мг/л) по всей территории Республики. Наиболее распространённым методом обезжелезивания подземных вод является фильтрация через инертные материалы. Эффективность работы данного вида загрузки может быть снижена из-за наличия в воде форм железобактерий [2-4].

Решение данной проблемы достигается при использовании модифицированных фильтрующих материалов. Модификация позволяет изменять химический состав поверхности исходного материала с нанесением эффективного окислителя. В качестве исходных материалов могут использоваться доступные и распространённые загрузки (антрацит [5-7], активированный уголь [8-10], кварцевый песок и т.д.), а также переработанные отходы производств. Модификация также должна

осуществляться доступными и эффективными методами. Среди таковых можно выделить метод экзотермического горения в растворах (SCS) как один из перспективных.

В результате экспериментальных исследований монофункциональных модифицированных материалов, полученных методом SCS [8], определялись оптимальные параметры синтеза. При подготовке растворов в качестве окислителя выступали нитраты железа ($Fe(NO_3)_3$) либо цинка ($Zn(NO_3)_2$), а восстановителя – лимонная кислота *CA* ($C_6H_8O_7$) либо мочевины *U* (CH_4N_2O). Рассматриваемые концентрации данных реагентов были установлены в диапазоне от 5 до 40% от концентраций насыщенных растворов нитратов *Fe* (824,8 г/л) или *Zn* (1180 г/л) при температуре 20°C [11]. Исходные образцы вымачивались в растворе в течении 20 минут. После отфильтрованный материал помещался в сушильный шкаф при температуре 100°C. Время высушивания определялось в зависимости от изменения массы материала (от массы исходного сырого материала до постоянной массы). В результате оптимальное время высушивания составило: для образцов *Fe* – 15 минут, а образцов *Zn* – 27 минут. Термическая обработка в муфельной печи проводилась в течении 5 минут при температуре 600°C. В результате экзотермической реакции происходил резкий рост температуры в течении 1 минуты. После полученный материал извлекался из печи, остывал при комнатной температуре и промывался дистиллированной водой и высушивался.

Таким образом максимальные концентрации растворов составили *Fe U* 35%, *Fe CA* 30%, *Zn-U* 30% и *Zn-CA* 20%. Для образцов выше данных концентраций наблюдалось слипание зёрен уже на этапе высушивания. Кроме того, для образцов с *CA* наблюдалось активное пенообразование и загустевание раствора. Для более тщательного анализа полученных образцов монофункциональных модифицированных материалов необходимо проведение лабораторных исследований состава их поверхности. Это также позволит обозначить наиболее перспективные образцы для дальнейшего исследования их эффективности к удалению железа из подземных вод [12-15]. Также перспективным является разработка полифункциональных фильтрующих материалов.

Литература

1. Новицкая, А.В. Проблема обезжелезивания и деманганации подземных вод / А. В. Новицкая ; науч. рук. Д. Э. Пропольский // Материалы 80-ой студенческой научно-технической конференции в рамках Международного молодежного форума «Креатив и инновации' 2024», 21 мая 2024 года [Электронный ресурс] / Белорусский национальный технический

университет, ФЭС, Кафедра «Водоснабжение и водоотведение»; сост.: С. А. Дубенок, М. И. Лемеш – Минск : БНТУ, 2024. – С. 46-51.

2. Prapolski D., Romanovski V. (2025) Resent advances in underground water deironing and demanganization: comprehensive review. *Journal of Water Process Engineering*. 70. 107089. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.107089>.

3. Пропольский, Д. Э. Обзор достижений водоподготовки в области деферризации и демангации подземных вод / Д. Э. Пропольский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2025. – №1. – С. 18–26. DOI: 10.35776/VST.2025.01.03

4. Романовский, В.И. Анализ загрязнений источников питьевого водоснабжения в Республике Беларусь / В.И. Романовский // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2014. – №2. – С. 65–67.

5. Smorokov A. et al. Low-temperature method for desiliconization of polymetallic slags by ammonium bifluoride solution // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2023. – Vol. 30. – №. 11. – P. 30271-30280. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-24230-y>.

6. Smorokov A. et al. Low-temperature desiliconization of activated zircon concentrate by NH₄HF₂ solution // *Minerals Engineering*. – 2022. – Vol. 189. – P. 107909. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107909>.

7. Smorokov A. et al. A novel low-energy approach to leucoxene concentrate desiliconization by ammonium bifluoride solutions // *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. – 2023. – Vol. 98. – №. 3. – P. 726-733. <https://doi.org/10.1002/jctb.7277>.

8. Propolsky, D. Modified activated carbon for deironing of underground water / D. Propolsky, E. Romanovskaia, W. Kwapinski, V. Romanovski // *Environmental Research*. – 2020. – Vol. 182. – P. 108996.

9. Пропольский, Д.Э. Модифицированный активированный уголь для обезжелезивания подземных вод / Д.Э. Пропольский, В.И. Романовский, Е.В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2019. – №2. – С. 47–50.

10. Пропольский Д. Э., Романовский В. И. Полифункциональный модифицированный уголь для очистки подземных вод // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. – 2020. – №. 4. – С. 103-111.

11. Рабинович В. А. Хавин З. Я // *Краткий химический справочник*. – Л.: Химия. – 1977.

12. Romanovski V. et al. Gypsum binder with increased water resistance derived from membrane water desalination waste // *Engineering Reports*. – 2025. – Vol. 7. – №. 1. – P. e13028. <https://doi.org/10.1002/eng2.13028>.

13. Romanovski V. et al. Comparative analysis of the disinfection efficiency of steel and polymer surfaces with aqueous solutions of ozone and sodium hypochlorite // Water. – 2024. – Т. 16. – №. 5. – С. 793.

14. Kamarou M. et al. High-strength gypsum binder with improved water-resistance coefficient derived from industrial wastes // Waste Management & Research. – 2025. – Vol. 43. – №. 2. – P. 213-224. <https://doi.org/10.1177/0734242X241240042>.

15. Kamarou M. et al. High strength anhydrite cement based on lime mud from water treatment process: one step synthesis in water environment, characterization and technological parameters // Engineering Reports. – 2025. – Vol. 7. – №. 1. – P. e13054. <https://doi.org/10.1002/eng2.13054>.

УДК 504.4

Оценка антропогенного воздействия на водные ресурсы реки Вилия

Светлова Я.С., Супрон П.А.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Колобаев А.Н., д.т.н., профессор

В статье проведена оценка антропогенного воздействия на поверхностные водные ресурсы реки Вилия с учётом трёх основных влияющих факторов: функционированием Вилейско-Минской водной системы, эксплуатацией Белорусской атомной электростанцией и водоснабжением города Вилейка.

Оценка антропогенного воздействия на поверхностные водные ресурсы (речной сток) осуществляется сравнительно просто. Для этого необходимо располагать данными о безвозвратном водопотреблении и потерях воды, т.е. данными о разности объёмов забираемой и сбрасываемой воды и данными о разности между испарением с водной поверхности водохранилищ и испарением с поверхности суши, затопленной водохранилищами. Учитываются также объём сработки или наполнения водохранилищ за рассматриваемый период и ущерб речному стоку вследствие заборов воды из подземных источников, гидравлически связанных с речными.

Антропогенное преобразование реки Вилия вызвано тремя основными факторами воздействия: строительством и функционированием Вилейского водохранилища и Вилейско-Минской водной системы, строительством и

вводом в эксплуатацию в 2020 г. Белорусской атомной электростанции (БАЭС) и водоснабжение города Вилейка.

Естественный водный режим реки Вилия существенно изменился после строительства и ввода в эксплуатацию в 1976 г. Вилейского водохранилища и Вилейско-Минской водной системы (ВМВС), по которой осуществляется переброска воды из Вилии в реку Свислочь для водоснабжения населения и промышленности города Минска, а также водного благоустройства, рекреационных и других целей в бассейне реки Свислочи. В маловодные месяцы речной сток в трансграничном створе (на границе с Литвой) увеличился, а в многоводные периоды – уменьшился (в результате регулирования попусков воды из Вилейского водохранилища), что выгодно соседнему государству, так как условия водопользования на территории Литвы улучшились, а вероятность затоплений и подтоплений снизилась.

Проектная производительность ВМВС составляет 380 млн м³ в год. Однако фактический объем подачи воды по ВМВС за все время её существования не превышал 240 млн м³ в год. В последние 10 лет объем перекачиваемой по каналу воды существенно сократился и в среднем за год составляет около 100 млн м³, из них меньше половины использовалось на хозяйственно-питьевые нужды, а остальная – на водоснабжение промышленных предприятий и обводнение водных объектов г. Минска [1]. С 2025 г. Минск полностью переходит на питьевое водоснабжение из подземных источников. Следовательно, объем подачи воды по ВМВС уменьшится, но не на величину сокращения подачи воды на питьевое водоснабжение, а в меньшем размере.

Ввод в эксплуатацию Белорусской АЭС в 2020 г. привёл к небольшим негативным изменениям водного режима реки Вилии, которые вполне могут быть компенсированы водохозяйственными мероприятиями. Водопотребление и водоотведение на Белорусской АЭС в 2020-2023 гг. осуществлялось в соответствии с лимитами, установленными в разрешении на специальное водопользование (таблица 1), и не превышало проектных и разрешённых значений.

Таблица 1
Объёмы водопотребления и водоотведения Белорусской АЭС

Наименование показателя	Лимиты водопользования, установленные в соответствии с разрешением на спецводопользование, тыс. м ³ /год
1. Объем изъятый (добытой) и полученной воды, всего	70 682

2. Объем воды, использованной на собственные нужды, всего	34 392
3 Объем воды, переданной другим организациям	36 254
4 Объем сточных вод, сброшенных в поверхностный водный объект	31 781

Объёмы водопотребления и водоотведения на Белорусской АЭС за 2020-2023 гг. представлены в таблице 1 [2, с. 26], а сведения об использовании воды на хозяйственно-питьевые нужды города Вилейка в таблице 2 [3, с. 58].

Таблица 2

Среднее количество воды, затраченное на водоснабжение
г. Вилейка, млн м³/год

Год	Водоснабжение г. Вилейка
2015	20,8
2016	20,7
2017	20,7
2018	21,0
2019	21,1
2020	21,0
2021	21,0
2022	20,9
2023	20,9

Безвозвратное водопотребление Белорусской АЭС определено как разность между объёмами забора воды и суммами сброса сточных вод и передачи свежей воды другим водопользователям. Безвозвратное водопотребление для бассейна реки в целом определено по разности между объёмами изъятия воды из реки и сброса сточных вод в реку, плюс сокращение речного стока вследствие забора воды из подземных источников, гидравлически связанных с речными водами, а потери воды при регулировании речного стока – расчётами согласно [4, с. 17] с использованием данных ГВК о площадях Вилейского водохранилища за 2020 – 2023 гг. [5, с. 16]. Результаты оценки суммарного антропогенного воздействия на поверхностные водные ресурсы реки Вилии представлены в таблицах 3, 4.

После ввода в эксплуатацию Белорусской атомной электростанции при реализации планируемых водохозяйственных мероприятий условия водопользования в бассейне Вилии на территории Литвы практически не

ухудшатся [6, с. 30]. Возможное уменьшение расходов и уровней воды в пограничном створе вполне может быть компенсировано специальными попусками воды из Вилейского и других (относительно небольших) водохранилищ, а также регулированием сброса сточных БАЭС, что в совокупности позволит сохранить уровни воды в реке, обеспечивающие беспрепятственное передвижение на пограничных плавучих средствах, и снизить негативные последствия теплового загрязнения.

Таблица 3

Безвозвратное водопотребление и потери воды по отношению к речному стоку

Годы	Безвозвратное водопотребление и потери воды млн м ³		Отношение безвозвратного водопотребления и потерь воды к речному стоку 95%-ой обеспеченности в процентах
	всего	в том числе подача воды по ВМВС в бассейн Свислочи	
2006	156	133	10,1
2007	174	153	11,2
2008	156	137	10,1
2009	149	131	9,6
2010	129	116	8,3
2011	131	115	8,5
2012	121	104	7,8
2013	123	110	8,0
2014	127	114	8,2
2015	122	110	7,9
2016	125	105	8,1
2017	120	103	7,8
2018	117	95	7,6
2019	122	94	7,9
2020	117	90	7,6
2021	115	86	7,4
2022	110	85	7,1
2023	105	83	6,8

Таблица 4

Безвозвратное водопотребление, потери воды при регулировании речного стока (дополнительное испарение с поверхности водохранилищ) и подача в р. Свислочь по ВМВС

Составляющие	Объёмы воды, млн м ³ /год			
	по данным за 1985-2017 гг.		по данным за 2018-2023 гг.	
	мин.	макс.	мин.	макс.
Всего	134	260	105	122
безвозвр. потр.	16	95	14	17
доп. исп. с вдхр	8	12	8	10
по ВМВС	110	153	83	95

В начале 2000-х гг. Минск столкнулся с необходимостью улучшения качества питьевого водоснабжения. Был разработан проект, а затем началось бурение новых скважин для доступа к подземным водам. Построены насосные станции и системы распределения воды, чтобы обеспечить доставку артезианской воды к потребителям. В январе 2025 г. Минск полностью переведён на артезианскую воду, в результате чего по ВМВС будет подаваться меньше воды, т.е. только на водоснабжение промышленных предприятий и на обводнение реки Свислочь. Артезианские источники обеспечат население Минска более чистой и безопасной питьевой водой, что положительно скажется на здоровье граждан. Переход на артезианские источники позволяет уменьшить объёмы забора воды из реки Вилии и способствовать восстановлению природной флоры и фауны. Улучшение качества воды положительно скажется на рыболовстве и других водных видах деятельности. Однако необходимо учитывать возможные изменения климата и их влияние на водные ресурсы и экосистему в целом. При условии грамотного управления водными ресурсами и их охраны переход на артезианские источники в Минске может иметь долгосрочные положительные последствия как для города, так и для реки Вилии.

Литература

1. Вилейско-Минская водная система [Электронный ресурс] / Вилейско-минская водная система. – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://minskvodokanal.by/about/activities/vileika-minsk-water-system/>.

2. ОТЧЕТ по результатам радиационно-экологического мониторинга в районе размещения Белорусской атомной электростанции 2023 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://belaes.by/ru/otchet-po-rezultatam-ekologicheskogo-monitoringa-v-zone-nablyudeniya-belorusskoj-aes.html>.

3. ГИАЦ НСМОС. Экологический бюллетень за 2016-2023 гг.: – Режим доступа: <https://www.nsmos.by/environmental-monitoring/monitoring-poverkhnostnykh-vod>.

4. Колобаев А.Н. Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы по дисциплине «Управление водными ресурсами» для студентов очной формы обучения специальности «Экологический менеджмент и аудит в промышленности» / А.Н. Колобаев. – Минск: БНТУ, 2021 – 48 с.

5. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2016 – 2023 гг.). Мн., Минприроды Республики Беларусь. 2016-2023 гг.

6. Асмаловский Н.А., Колобаев А.Н. Возможные изменения водного режима Вилии после ввода в эксплуатацию Белорусской АЭС. Природные ресурсы. 2018;(1):23-31.

Миграция тяжелых металлов в дезинфицирующих растворах из нержавеющей сталей применяемых в системах водоснабжения

Каравацкая К.С., Марушевский В.О.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Комаров М.А., ст. преподаватель

В целях борьбы с эпидемиями вирусов, как, например, во время эпидемии коронавируса 2019 г., при которой хлорсодержащие дезинфицирующие средства являются наиболее широко используемыми в мире дезинфицирующими средствами и одними из многих рекомендуемых ВОЗ, происходит масштабная обработка поверхностей, а во многих случаях сопровождающаяся использованием растворов с высокими концентрациями хлорсодержащих дезинфицирующих веществ [1-4]. Это приводит в первую очередь к высокой коррозии металлических поверхностей, приводящее к разрушению поверхности или конструкции, а также вымыванию тяжелых металлов в окружающую среду, что наиболее опасно в объектах водоснабжения, питания и медицинских учреждениях [5-6].

При оценке коррозионного поведения учитывали соответствующее время обработки, необходимое для дезинфекции поверхности гипохлоритами (30 мин) и концентрацию активного хлора 2 мас.%. Основными элементами вымытыми из исследуемых сталей были $Fe > Cr > Ni > Mn$ с одинаковой тенденцией для всех хлорсодержащих растворов. В воде и в воде насыщенной озоном значения концентрации всех тяжелых металлов не превышают пределов обнаружения прибора. Суммарное вымывание металлов закономерно уменьшается в ряду $AISI\ 304 > AISI\ 316 > AISI\ 321$. Максимальное вымывание металлов наблюдалось для растворов $Ca(ClO)_2$. В растворах $Ca(ClO)_2$ общее выделение металлов для стали 304 было в 4,1 раза выше по сравнению со сталью 316 и в 4,9 раза по сравнению со сталью 321. Максимальное выделение молибдена наблюдалось для стали 316 в растворе $Ca(ClO)_2$. Для $AISI\ 304$ стали использование $NaClO$ привело к вымыванию в 2,2 раза меньшего количества ионов, и в 3,7 раза меньше при использовании хлорамина Б. Для стали $AISI\ 316$ при использовании раствора хлорамина вымылось в 2,5 раза больше элементов, чем при использовании $NaClO$. Для стали 321 использование хлорной извести, хлорамина и гипохлорита натрия дало практически одинаковые результаты. Для них полученные значения до 15 раз ниже, чем при использовании гипохлорита кальция. Наименьшее

количество вымытых элементов было в растворе хлорной извести для всех исследуемых типов сталей, что видно из рисунка 1.

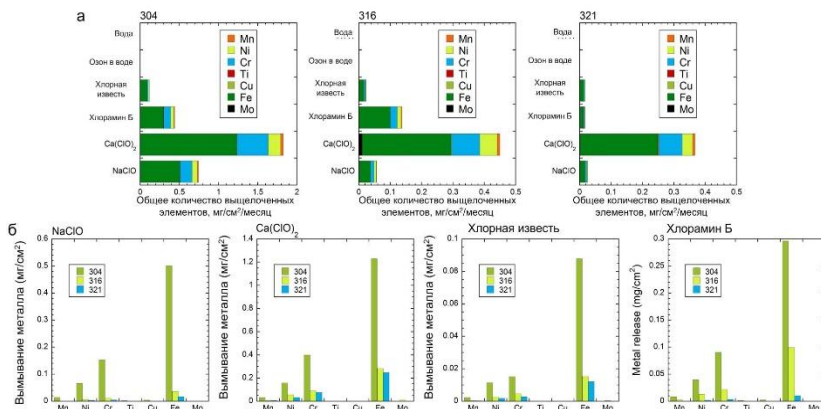


Рис. 1. Выделение металлов

a общее выделение металлов (мг/см²/месяц); *б* выделение металлов (мг/см²/месяц)

Анализируя показатели шероховатости также становятся заметны различия при использовании воды и растворенного в воде озона. Наиболее существенны эти различия для стали 304. Значение средней шероховатости для стали 304 в растворенном в воде озоне более чем в 5 раз выше, чем в воде. Для сталей 316 и 321 изменения в параметрах шероховатости в растворенном в воде озоне незначительны, в сравнении с исходными значениями.

Исследование показывает, что с точки зрения коррозии обработка озоном предпочтительнее обработки дезинфицирующими средствами, содержащими хлор. Мы основываем это утверждение на следующих наблюдениях:

- 1) при обработке озоном наблюдается более низкая скорость коррозии по сравнению с хлорсодержащими растворами дезинфицирующих средств,
- 2) отсутствует риск вымывания тяжелых металлов в раствор после обработки поверхностей дезинфекцией.

Результаты этого исследования ограничены его граничными условиями, т.е. он действителен только при комнатной температуре и используемой концентрации активного хлора 2 мас. %.

В настоящее время имеется относительно немного исследований, связанных с коррозией нержавеющей стали в растворах гипохлоритов и растворенного озона в средах, имеющих отношение к дезинфекции

поверхностей. Наше исследование согласуется с выводами исследования нержавеющей стали в растворе озона, показывая ингибирование коррозии за счет образования защитной поверхностной оксидной пленки [7]. Основные результаты этого исследования близки к результатам для углеродистой стали при поверхностной дезинфекции очистных сооружений с гораздо более низкими концентрациями активного хлора [8].

С экологической точки зрения обработка озоном имеет преимущество перед обработкой хлорсодержащими реагентами. Хотя озон относится к тем же классам опасности, что и гипохлорит натрия, в отношении водных организмов, его преимущество заключается в том, что он может быть получен непосредственно на месте в закрытой системе и что его период полураспада составляет в среднем 20 минут. Это приводит к значительно меньшему воздействию на окружающую среду при обработке озоном по сравнению с обработками хлорсодержащими дезинфицирующими средствами, при использовании которых образуется огромное количество сточных вод, требующих очистки.

Наибольшее воздействие гипохлорита кальция, хлорной извести и хлорамина Б на окружающую среду среди дезинфицирующих средств для поверхностей можно в основном объяснить их значительным воздействием на окружающую среду на этапе их производства.

Производство гипохлорита натрия оказывает значительно меньшее воздействие на окружающую среду в сравнении с другими хлорсодержащими дезинфицирующими веществами на этапе производства, так как включает только стадию электролиза из раствора хлорида натрия.

Напротив, растворы озона в воде можно приготовить на месте. Для генерации озона необходим только воздух в качестве сырья. Озон генерируется и вводится в воду непосредственно во время обработки. В этих исследованиях было показано, что озон оказывает меньшее воздействие и с точки зрения разрушения материалов и с точки зрения воздействия на окружающую среду.

Литература

1. Поспелов А.В. Коррозия углеродистых сталей в дезинфицирующих растворах / А.В. Поспелов, И.В. Мацукевич, А.А. Касач, М.А. Комаров, С.Н. Рожко // Вестник Полоцкого государственного университета Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2022. – № 14. – С. 89-93. <https://doi.org/10/52928/2070-1683-2022-32-14-89-93>

2. Поспелов А.В. Коррозия нержавеющей стали в дезинфицирующих растворах / А.В. Поспелов, И.В. Мацукевич, А.А. Касач, М.А. Комаров // Вестник Полоцкого государственного университета Серия F. Строительство.

Прикладные науки. – 2023. – № 1 (33). – С. 90-93.
<https://doi.org/10.52928/2070-1683-2023-33-1-90-93>

3. Комаров М.А. Оценка воздействия на окружающую среду дезинфицирующих веществ / М.А. Комаров, А.В. Поспелов, Н.Г. Короб, А.Н. Хотько // Вестник Полоцкого государственного университета Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – № 1 (36). – С. 87–93.
<https://doi.org/10.52928/2070-1683-2024-36-1-87-93>

4. Поспелов А.В. Сравнительный анализ эффективности дезинфекции поверхностей в водных растворах озона и гипохлорита натрия / А.В. Поспелов, М.А. Комаров, Н.Г. Короб, А.Н. Хотько // Вестник Полоцкого государственного университета Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – № 1 (36). – С. 94–99.
<https://doi.org/10.52928/2070-1683-2024-36-1-94-99>

5. Поспелов А.В., Короб Н.Г., Хотько А.Н. Анализ технических аспектов дезинфекции поверхностей водными растворами озона и гипохлорита натрия // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – №. 2. – С. 87–95.
<https://doi.org/10.52928/2070-1683-2024-37-2-87-95>

6. Romanovski V. et al. Comparative analysis of the disinfection efficiency of steel and polymer surfaces with aqueous solutions of ozone and sodium hypochlorite // Water. – 2024. – Vol. 16. – №. 5. – P. 793.
<https://doi.org/10.3390/w16050793>.

7. aesson P.M., Hedberg Y.S. Comparison of different surface disinfection treatments of drinking water facilities from a corrosion and environmental perspective // Environmental Science and Pollution Research. – 2020. – Vol. 27. – №. 11. – P. 12704–12716.

8. ECHA 2016a Biocidal Products Committee opinions on active substance approval: Active chlorine released from sodium hypochlorite. URL: <https://echa.europa.eu/regulations/biocidal-products-regulation/approval-of-active-substances/bpc-opinions-on-active-substance-approval> (дата обращения: 13.05.2025).

УДК: 504.4.062.2

Обоснование критериев для оценки применимости технических решений «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры в Республике Беларусь

Литвинова А.П.

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Дубенок С.А., к.т.н., доцент

В статье рассмотрены критерии оценки применимости технических решений «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры в условиях Республики Беларусь, учитывая ее природно-климатические особенности.

В зарубежной практике в последние десятилетия широко применяются передовые проектные решения по интеграции дождевой канализации в городскую среду. В странах Европейского союза в настоящее время законодательно определена необходимость применения комплексного подхода к управлению дождевой канализацией с учетом как количества, так и качества поверхностных сточных вод с территорий населенных пунктов, поэтому рекомендуется принимать меры по использованию дождевой канализации, т.е. применять так называемую «синюю» и «сине-зеленую» инфраструктуру.

«Синяя» инфраструктура может включать естественные, специально приспособленные или искусственно созданные формы накопления и использования воды, реализованные в городской черте, которые замедляют сток и обеспечивают временное хранение осадков, выпускают длинноволновое излучение для охлаждения поверхностей и эффективно поглощают коротковолновое излучение посредством испарения [1].

В качестве элементов «синей» инфраструктуры широко применяются такие технические решения, как водоотводные каналы, фильтрующие полосы и дождевые ручьи, а также бассейны удержания, представляющие собой различные инженерные сооружения по сбору дождевых и талых вод с возможностью их последующего использования, инфильтрации или сброса через дождевую канализацию в период отсутствия осадков («мокрые» и «сухие» пруды, инфильтрационные пруды) и т.д.

«Сине-зеленая» инфраструктура – это сочетание синих (водных) и зеленых (озеленение, растительность) компонентов, которые призваны для решения городских и климатических проблем путем их внедрения в городскую среду. Концепция сине-зеленой инфраструктуры используется в

проектах городской среды, где её ключевые «синие» и «зеленые» элементы объединяются и оказывают многофункциональное воздействие на окружающее пространство [2].

В качестве элементов «сине-зеленой» инфраструктуры широко применяются такие технические решения, как биодренажные каналы, растительные каналы, водопроницаемые поверхности, дождевые сады, плантаторы для дождевых вод, коробчатые фильтры для посадки деревьев и др.

Выбор технических решений «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры достаточно широк, однако при реализации проектных решений в каждом конкретном случае могут возникать некоторые ограничения в их использовании.

По результатам изучения применения различных элементов «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры [3-6] сформированы критерии, позволяющие оценить возможности применимости элементов «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры в условиях Республики Беларусь. К основным критериям отнесены следующие:

- климатические условия;
- количество и интенсивность выпадения осадков;
- характеристики почвы и грунтов;
- качество образующихся поверхностных сточных вод;
- экономические факторы;
- законодательные аспекты.

Климатические условия представляют собой режим погоды характерный для данной местности в зависимости от географического положения. Для определения всех особенностей климатических условий необходимы многолетние наблюдения и фиксация различных метеорологических характеристик.

Определение климатических условий и отдельных метеорологических характеристик необходимо прежде всего для упрощения жизни человека, а также для разработки мероприятий по комплексной инженерной защите строящихся объектов, выбора параметров проектных решений и определения гидрометеорологических особенностей их эксплуатации. К основным метеорологическим характеристикам относятся температура воздуха, влажность воздуха, атмосферное давление, скорость и направление ветра, количество и высота облаков, количество осадков. К дополнительным видам метеорологических характеристик относят температуру почв, высоту снежного покрова, продолжительность светлого времени суток. Эти данные помогают выбирать растения и материалы, которые будут наиболее эффективны в конкретных условиях [7].

В целом климат Беларуси характеризуется как умеренно континентальный, довольно мягкий и влажный. При этом, в Беларуси наблюдается устойчивая тенденция к увеличению среднегодовой температуры. По данным Белгидромета средняя температура воздуха в 2019–2023 годы в Беларуси составила +8,3 °С, что выше климатической нормы на 1,1 °С.

Таким образом, для условий страны основные ограничения будут касаться только применения отдельных решений «сине-зеленой» инфраструктуры. В холодных зимних условиях для таких технических решений как: «зеленые» крыши, плантаторы для дождевых вод, фильтрующие колодцы, необходимо выбирать материалы и растения, которые будут устойчивы к морозам, а при проектировании учитывать снеговые нагрузки.

Атмосферные осадки представляют собой выпадение воды, содержащейся в атмосфере, на земную поверхность. Количество осадков определяется на метеостанциях в виде толщины водяного слоя или твердых осадков в миллиметрах. Для вычисления среднегодовых показателей ежегодные данные за несколько лет суммируются и рассчитывается среднее значение. Это позволяет прогнозировать потребности в водных ресурсах и разрабатывать соответствующие решения.

По степени увлажнения почти вся территория Беларуси относится к зоне достаточного увлажнения; только южная и юго-восточная части относятся к зоне неустойчивого увлажнения. В среднем за год на большей части территории Беларуси выпадает 550–750 мм осадков и их режим осадков почти одинаков на всей территории страны. В сезонном распределении на теплую половину года (апрель–октябрь) приходится примерно 70% годовой суммы осадков с максимальным количеством в июле-августе, минимальным – в январе-феврале. Однако, изменение климата приводит к увеличению количества экстремальных осадков, особенно в теплый период года.

Таким образом, при выборе технических решений «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры необходимо предусматривать возможности проектирования систем, способных обеспечить быстрый отвод воды или задержать ее, чтобы избежать риск подтоплений застроенных территорий и размыва почв. Для этого наиболее оптимально использовать бассейны удержания типа «мокрый пруд», бассейны удержания типа «сухой пруд», инфильтрационные пруды, биодренажные каналы, фильтрующие полосы и колодцы, водопроницаемые покрытия (тротуары, парковки). Данные технические решения обеспечивают дренаж, фильтрацию и временное хранение дождевых и талых вод.

В регионах с неустойчивым увлажнением необходимо отдавать предпочтение техническим решениям, позволяющим сохранять и использовать дождевую воду. Надземные и подземные резервуары для хранения дождевой воды, плантаторы для дождевых вод, «зеленые» крыши и дождевой сад позволяют аккумулировать воду для последующего использования, а также способствуют озеленению.

Почва является важнейшим критерием в инженерно-строительных проектах. Физические свойства почвы и фильтрационная способность грунта являются основными факторами для применения различных технических решений «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры.

Под фильтрационной способностью или водопроницаемостью понимают способность почвы впитывать и пропускать воду, поступающую с поверхности, а такие характеристики почвы, такие как состав, структура и уровень плодородия, играют важную роль в выборе растений. Например, глинистые почвы могут удерживать воду, но плохо дренируются, что требует особого подхода к выбору растений и систем дренажа. Для определения характеристик почвы проводятся геоботанические исследования и анализы, которые помогают понять, какие виды растений будут наиболее подходящими для конкретных условий.

Для таких технических решений как: бассейны удержания типа «сухой пруд», инфильтрационные пруды, фильтрующие полосы, фильтрующие колодцы, биодренажные каналы, водопроницаемые покрытия (тротуары, пешеходные зоны), водопроницаемые покрытия (парковки, стоянки) требуются грунты с высокой пропускной способностью для эффективного отвода и фильтрации воды (песчаные и супесчаные почвы). В случае, если это глинистые грунты, то потребуются подготовка или замена грунта. Поэтому, рациональнее рассмотреть такие решения как: бассейны удержания типа «мокрый пруд», подземные резервуары для хранения дождевой воды и коробчатый фильтр с посадкой деревьев, которые лучше работают в условиях глинистых или водонепроницаемых грунтов, которые смогут удержать воду и предотвратить ее быстрое просачивание. Однако, в таких почвах важно учитывать риск застоя воды и необходимость дренажа.

Для «зеленых» крыш, дождевого сада, плантатора для дождевых вод, коробчатого фильтра с посадкой деревьев необходимо учитывать состав почвы - она должна быть водопроницаемой и питательной. Также для «зеленых» крыш, дождевого сада и бассейна удержания типа «мокрый пруд» требуется наличие водопроницаемости и способности удерживать влагу для растений, правильно подобрать грунт и удобрение с учетом местных условий.

Качество образующихся поверхностных сточных вод является одним из основных критериев, определяющих возможность их дальнейшего использования.

Мониторинг качества воды включает в себя систематический анализ и оценку физических, химических и биологических свойств воды для определения ее пригодности для различных целей. Основной целью мониторинга качества воды является выявление и измерение наличия и концентрации загрязняющих веществ, и других факторов, которые могут повлиять на качество воды [8].

Бассейны удержания типа «мокрый пруд» и «сухой пруд», инфильтрационные пруды, надземные и подземные резервуары для хранения дождевой воды, фильтрующие колодцы и фильтрующие полосы, биодренажные каналы требуют регулярного мониторинга и фильтрации для того, чтобы предотвратить загрязнение окружающей среды, накопления загрязняющих веществ.

Для дождевого сада, плантатора для дождевых вод, коробчатого фильтра с посадкой деревьев используют растения для поглощения или фильтрации загрязнений из дождевых вод перед их попаданием в почву, поэтому необходимо контролировать качество воды, чтобы растения не погибали из-за загрязнений.

На водонепроницаемых покрытиях (тротуары, пешеходные зоны, парковки, стоянки) может собираться пыль, масла, реагенты, следовательно, требуется контроль качества воды для снижения загрязнений с помощью механического и физического способа очистки перед повторным использованием или сбросом.

Законодательные аспекты представляют собой совокупность норм и требований национального законодательства, позволяющих или ограничивающих применение тех или иных технических решений в части проектирования, строительства и эксплуатации технических решений «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры.

Для всех технических решений «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры в Республике Беларусь отсутствуют отдельные требования и проектные решения, однако существуют требования по сбросу поверхностных сточных вод в окружающую среду посредством систем дождевой канализации и общие требования по их нормированию и очистке, что является обязательным критерием для внедрения технических решений «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры в стране.

Экономические факторы помогают определить, насколько реализация технических решений «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры является экономически целесообразной, доступной и выгодной. Они позволяют

оценить затраты на внедрение и эксплуатацию технических решений, а также определить их окупаемость. Экономические факторы помогают сравнить варианты технических решений и выбрать наиболее подходящий, избегая ненужных затрат, что является важным аспектом при внедрении новых технологий в Беларуси.

Литература

1. Сине-зеленая инфраструктура: роль в управлении развитием территорий [Электронный ресурс] // [elibrary_53814267_65249917.pdf](#) Дата доступа: 04.03.2025.

2. Сине-зеленая инфраструктура городского пространства [Электронный ресурс] // [elibrary_42973714_48675668.pdf](#) Дата доступа: 04.03.2025.

3. Stormwater Best Management Practice, Wet Ponds [Электронный ресурс] // <https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-wet-ponds.pdf> Дата доступа: 04.03.2025.

4. Stormwater Best Management Practices, Dry Detention Ponds [Электронный ресурс] // <https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-11/bmp-dry-detention-ponds.pdf> Дата доступа: 04.03.2025.

5. Flow-Through Planters – GREEN STORMWATER INFRASTRUCTURE [Электронный ресурс] // <https://greenstormwaterinfrastructureblog.wordpress.com/flow-through-planters/> Дата доступа: 04.03.2025.

6. Permeable paving [Электронный ресурс] // https://en.wikipedia.org/wiki/Permeable_paving Дата доступа: 04.03.2025.

7. Климатические условия и отдельные метеорологические характеристики - Комплекс услуг в сфере инженерных изысканий [Электронный ресурс] // <https://sakhtisiz.com/gidromet/klimaticheskiye-usloviya-i-otdelnyye-meteorologicheskiye-kharakteristiki/?ysclid=m8o3rfqbm627224865> Дата доступа: 07.03.2025.

8. What Is the Importance of Water Quality Monitoring? [Электронный ресурс] // <https://wellness.icliniq.com/articles/healthy-living-wellness-and-prevention/water-quality-monitoring-parameters-and-methods-for-assessment#:~:text=The%20main%20objective%20of%20water,that%20may%20affect%20water%20quality> Дата доступа: 06.05.2025.

Рис.1. Карта ветрового режима по метеостанциям Республики Беларусь

Беларусь располагает значительными ресурсами энергии ветра, которые оцениваются в 1600 МВт и годовой выработкой электроэнергии 2,4 млрд. кВтч.

В настоящий момент на территории Беларуси действует 112 ветровых установок, установлены в Гродненской, Минской, Витебской, Могилевской областях. Самая крупная ветроэнергетическая установка в Беларуси действует в посёлке Грабники, Новогрудского района, Гродненской области: её мощность составляет 1,5 МВт. Этот ветряк под Новогрудком до сих пор остается самым большим и мощным в Беларуси. По заверениям специалистов при среднегодовой скорости 6–8 м/с ветроустановки окупаются в среднем в течение пяти лет [1].



Рис.2. Ветроэнергетическая установка в посёлке Грабники Новогрудского района Гродненской области

Ветроэнергетику критикуют за неконкурентоспособность в соотношении с обычными видами энергии. И это так. Но как известно, ни природного газа, ни значительных гидроресурсов на территории Беларуси нет, а это означает, что у ветроэнергетики в Беларуси перспективное будущее, тем более учитывая, что сила ветра не только постоянно возобновляемая (вечная), но и экологически чистая энергия. Источник энергии не нужно добывать и доставлять к месту потребления: он сам поступает к установленным на его пути ветроустановкам. Эта особенность чрезвычайно важна для труднодоступных районов, находящихся на удалении от источников централизованного энергоснабжения. Энергия ветра используется в различных отраслях народного хозяйства. Мы же остановимся на

возможности подъема с помощью ветронасосной установки воды из любых источников (скважин, колодцев, открытых водоемов и т.д.) с глубиной залегания воды до 300 метров.

Ветронасос — это устройство, которое преобразует энергию ветра в механическую энергию, которая затем используется для привода специально разработанного насоса. Большим плюсом подобного устройства является то, что оно не требует электропитания и работает в автономном необслуживаемом режиме.

Установка может применяться в индивидуальных хозяйствах, садово-огородных кооперативах, на отгонных пастбищах, в системах микроорошения (капельного полива), расположенных в районах со среднегодовыми скоростями ветра от 3 м/с и выше.

Среди преимуществ ветряных насосов можно отметить долгий срок службы (до 50 лет), защиту от разрушения при штормовом ветре, большие объемы выкачиваемой воды, работу при малых скоростях ветра. Мощности насоса достаточно

для подъема воды с глубоких скважин (до 300 м) и для транспортировки на большие расстояния (до 10 километров). Производительность ветронасосов может достигать от 25 до 12000 м³ воды в сутки в зависимости от скорости ветра и высоты подъема воды.

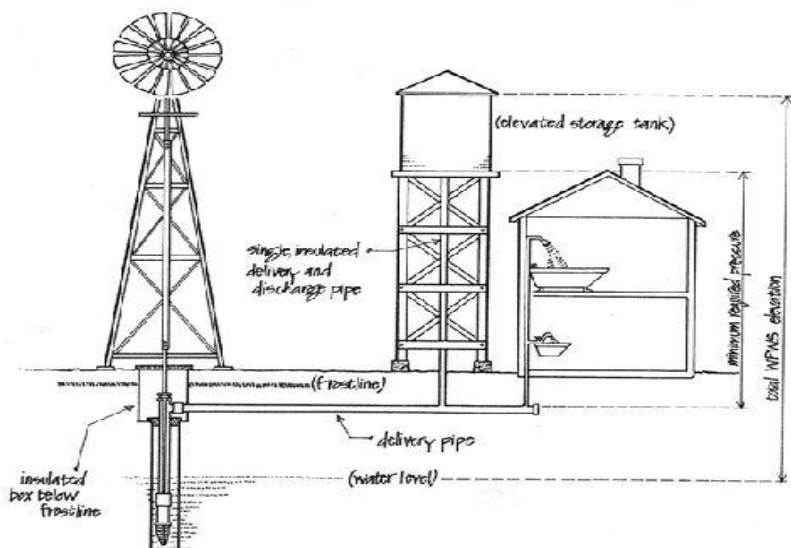


Рис.2. Ветряной насос

Особенно важна возможность использования ветроустановок в труднодоступных и удаленных районах, находящихся на удалении от источников централизованного энергоснабжения. Эффективно применение ветроустановок для водоснабжения сельских населенных пунктов, фермерских хозяйств, для обводнения пастбищ и др.

Сегодня энергия ветра в Беларуси остается недоиспользуемой, несмотря на ее значительный потенциал. Вместе с солнечной энергией энергия ветра является наиболее важным сектором возобновляемой энергетики в Беларуси. Ветрогенератор включается в работу уже на минимальной скорости ветра 3-5 м/с. Ветровой режим Беларуси позволяет почти повсеместно использовать ветроустановки.

В качестве примера в таблице приведена средняя многолетняя скорость ветра (м/с) по метеостанции Пинск.

Средняя многолетняя годовая скорость ветра, м/с

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
5,9	5,7	5,5	4,9	4,6	4,8	4,7	4,6	4,9	5,3	5,5	6,0	5,2

Литература

1. Ветроэнергетика Беларуси: состояние и перспективы развития. – Минск. -2022.
2. Мешик, О.П. Оценка гелиоэнергетических ресурсов климата Беларуси / О.П. Мешик, М.В. Борушко, В.А. Морозова // Вестник БрГТУ. – 2020. – № 2(120) : Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 93–99.
3. Государственный кадастр возобновляемых источников энергии / МинприродыРесп. Беларусь. – Минск - 2022.
4. Витченко, А.Н. Современное состояние и тенденции изменения климата города Минска / А.Н. Витченко, И.А. Телеш // Современная экология: образование, наука, практика. Материалы международной научно-практической конференции (г. Воронеж, 4–6 октября 2017 г.) / Под общей редакцией проф. В.И. Федотова и проф. С.А. Куролапа. – Воронеж- -2017. – Том 1. – С. 411–418.
5. Порядок оценки ветроэнергетического потенциала при размещении ветроэнергетических установок на территории Республики Беларусь : ТКП 17.10-39-2012 (02120). – Республиканский гидрометеорологический центр, 2012. – 15 с.