ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 16075-1— 2023

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Часть 1

Основные положения проекта по повторному использованию воды для орошения

(ISO 16075-1:2020, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 409 «Охрана окружающей природной среды»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 октября 2023 г. № 1097-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 16075-1:2020 «Руководящие указания по использованию очищенных сточных вод для оросительных систем. Часть 1. Основные положения проекта по повторному использованию воды для орошения» (ISO 16075-1:2020 «Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 1: The basis of a reuse project for irrigation», IDT).

Международный стандарт разработан подкомитетом ПК 1 «Использование очищенных сточных вод для орошения» Технического комитета ИСО/ТК 282 «Повторное использование воды» Международной организации по стандартизации (ИСО).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 Некоторые элементы настоящего стандарта могут являться объектами патентных прав

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2020
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 2
3 Термины, определения и сокращения 2
3.1 Термины и определения 2
3.2 Сокращения 6
4 Повышение качества и использование ОСВ 6
4.1 Общие положения 6
4.2 Повышение качества ОСВ для орошения 6
4.3 Применение агрономических и мелиоративных технологий, адекватных качеству ОСВ 6
5 Оценка факторов, влияющих на состав проектов орошения с использованием ОСВ: качество воды, климат и почва 7
5.1 Общие положения 7
5.2 Качество воды 7
5.3 Климат 9
5.4 Почва 11
6 Оценка воздействия на общественное здоровье, почву, сельскохозяйственные культуры и источники воды при использовании ОСВ для орошения 13
6.1 Воздействие на общественное здоровье 13
6.2 Воздействие на почву и сельскохозяйственные культуры 13
6.3 Влияние на источники воды 18
Приложение А (справочное) Примеры средств повышения качества ОСВ 21
Приложение В (справочное) Примеры климатических и почвенных критериев 22
Приложение С (справочное) Примеры максимальных уровней содержания питательных веществ и солености в ОСВ для орошения 23
Приложение D (справочное) Примеры групп чувствительности грунтовых вод 27
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам 29
Библиография 30

Введение

Увеличивающийся дефицит пресных вод для хозяйственного использования и усиление мер по контролю за загрязнением водных ресурсов — основная причина преимуществ применения очищенных бытовых и промышленных сточных вод в качестве источника снабжения водооборотных систем, особенно в сравнении с такими альтернативами, как опреснение или разработка новых источников воды, включая строительство перегораживающих дамб водохранилищ на реках. Повторное использование воды позволяет осуществлять водооборот на городских, селитебных и сельских территориях за счет использования «свежей» воды (подпитки) из очищенных бытовых сточных вод, при этом достигается цель — уменьшение сброса сточных вод с измененным в процессе производственного цикла минеральным составом в окружающую среду.

Основой формируемой концепции повторного использования воды является удовлетворение требований водопользователей по ее качеству, предполагающее производство регенерированной воды, свойства которой должны отвечать производственным водопотребностям и прочим хозяйственным нуждам конечных потребителей. Цели и режимы повторного применения воды определяют степень необходимой очистки сточных вод, а также предъявляют требования по надежности и функциональности технологических процессов регенерации воды.

Очищенные сточные воды (ОСВ), которые после процесса очистки называют регенерированной водой или рециркуляционной водой, могут использоваться для различных хозяйственных нужд непитьевого водоснабжения. Преобладающими способами использования ОСВ являются орошение сельскохозяйственных культур, орошение объектов ландшафтной архитектуры, использование технической воды на оборотных системах промышленного и энергетического производства, а также для маганизирования (пополнения запасов) грунтовых вод. После появления современных методов глубокой очистки наметилась тенденция использования ОСВ для решения задач благоустройства муниципальных территорий, для рекреационных и природоохранных целей, а также в случаях острого дефицита в пресных источниках их непосредственное использование в качестве питьевой воды.

На современном этапе в общей структуре водопользования сельскохозяйственное орошение является крупнейшим потребителем ОСВ, что является дополнительным фактором обеспечения продовольственной безопасности. Другим основным видом потребления ОСВ, характеризующимся быстрым распространением, является орошение объектов ландшафтной архитектуры и благоустройство муниципальных территорий. Это направление использования ОСВ призвано сыграть ключевую роль в развитии экосистем городов будущего, включая экономию энергетических и природных ресурсов, создание благоприятных условий для жизни и восстановление объектов окружающей среды.

Пригодность очищенных сточных вод для перечисленных видов повторного использования зависит от согласованности объема имеющихся в наличии ОСВ и общей водопотребности для орошения культур в течение вегетации, а также от качества воды и специфических требований по ее использованию. Необходимо учитывать способ утилизации или аккумуляции ОСВ в межвегетационный или межполивной период, когда орошение не требуется. Повторное использование воды для орошения несет определенные риски для здоровья и окружающей среды, в зависимости от качества воды, метода применения воды для орошения, характеристик грунта, климатических условий и агротехники.

Наряду с перечисленным повторное использование ОСВ для орошения несет определенные риски для общественного здоровья населения и состояния параметров окружающей среды в зависимости от употребляемого качества воды. Уровень рисков кроме качества ОСВ определяется особенностями культивируемых растений, методом орошения и уровнем агротехники, физическими и химическими характеристиками почвы, наличием грунтовых вод в подстилающих горизонтах, особенностями климатических условий региона и некоторыми другими аспектами.

Для успешного развития программ и проектов повторного использования ОСВ приоритетными элементами являются охрана общественного здоровья, полное исключение неблагоприятного воздействия на сельскохозяйственные угодья, объекты ландшафтной архитектуры городских территорий и окружающей среды. Для предотвращения потенциального неблагоприятного влияния разработаны руководящие принципы и рекомендации по использованию ОСВ для орошения, составляющие основу настоящего стандарта.

Основными факторами, определяющими пригодность ОСВ для повторного использования, являются содержание патогенов среди органических объектов, соленость, содержание соды, удельная ионная токсичность, концентрация тяжелых металлов, прочих химических элементов и питательных веществ. Действующие нормы и правила определяют пороговые значения качества воды в зависи-

мости от предельно допустимых концентраций растворенных токсичных веществ. Кроме того, нормативные документы устанавливают разрешенные способы водопользования, гарантирующие защиту общественного здоровья и охрану окружающей среды с учетом региональных природно-климатических особенностей.

Агрономические ограничения по использованию ОСВ определяются качеством и составом растворенных загрязняющих веществ и примесей. ОСВ в отличие от пресных вод, предоставляемых для бытовых и промышленных нужд, содержат более высокие концентрации неорганических взвесей, примесей и растворенных веществ (общее содержание водорастворимых солей, щелочей, тяжелых металлов), которые могут нанести ущерб почве и орошаемым культурам. Некоторые растворенные соли невозможно убрать обычными доступными методами очистки сточных вод. В проблемных ситуациях для предотвращения или минимизации потенциального вредного воздействия необходимо применять многоуровневые методы очистки, дополненные эффективными технологиями управления процессами водоподачи и водораспределения, адаптированными агрономическими практиками и агротехническими приемами.

Присутствие в составе ОСВ питательных элементов плодородия оказывает благоприятное воздействие на продуктивность почвенных горизонтов и способствует экономии на фертилизации угодий (внесении удобрений). Следует учитывать, что количество питательных веществ, таких как фосфор (P), калий (K), азот (N), поступающих с ОСВ в оросительный сезон, не всегда соответствует потребностям выращиваемых культур, при этом доступность питательных веществ зависит от их химической формы и концентрации в растворе. Нормирование питательных веществ определяют методы и способы использования ОСВ для орошения, установленные в руководящих положениях стандарта.

Настоящий стандарт повторного использования вод для орошения также содержит руководящие указания и рекомендации по охране здоровья населения, защите почвенного плодородия, соблюдению оптимального гидрологического режима почвенных и грунтовых вод, защите окружающей среды. В стандарте установлены положения и рекомендации по проведению надлежащих эксплуатационных мероприятий, применяемым методам контроля, порядку проведения технического обслуживания водохозяйственных объектов и сооружений, посредством которых орошают сельскохозяйственные культуры, сады и зоны ландшафтной архитектуры с использованием ОСВ. Качество и количество подаваемой ОСВ должно отвечать потенциальным целям использования как с точки зрения охраны общественного здоровья, так и с точки зрения установленных для конкретного региона норм орошения и соблюдения требований агрономической практики для культур. Объем и режим подачи ОСВ устанавливают с учетом наличия альтернативных водных источников, он должен соответствовать уровню водопотребления орошаемых культур, водно-физическим и химическим свойствам почвы, природно-климатическим условиям.

В настоящем стандарте обобщенно рассмотрены факторы, влияющие на условия применимости методов и видов повторного использования ОСВ для орошения культур и ландшафтных зон на объектах независимо от их размера, местоположения и сложности. Настоящий стандарт сохраняет свою актуальность к предполагаемому использованию очищенных сточных вод в рамках конкретного проекта, даже если такое использование изменится в течение срока службы; или в результате изменений в самом проекте или в случае изменения законодательства для целевого использования очищенных сточных вод на данном объекте.

Ключевые факторы безопасности для общественного здоровья и окружающей среды, надежности и безвредности проектов повторного использования ОСВ для орошения следующие:

- обеспечение установленного уровня контроля качества ОСВ, гарантирующего функционирование оросительной системы в соответствии с производственным назначением и планом эксплуатационных мероприятий;
- разработка технологических регламентов и инструкций по эксплуатации и техническому обслуживанию водохозяйственных систем, гарантирующих их надежное, безвредное и долгосрочное функционирование;
- обеспечение совместимости качества используемой ОСВ, метода распределения воды, водно-физических и химических характеристик почв, видов и сортов культур, гарантирующей создание оптимальных условий для формирования урожая без негативных воздействий на почву;
- обеспечение адекватности качества ОСВ и методов их использования для хозяйственных нужд с целью предотвращения или минимизации возможного загрязнения грунтовых вод или поверхностных водных источников.

Настоящий стандарт не является ограничением для разработки специализированных стандартов или методик, адаптированных к условиям конкретных регионов, географических зон или организаций. При опубликовании вновь разработанных документов рекомендуется делать ссылку на настоящий стандарт для обеспечения единообразия подходов пользователей к проблеме повторного использования очищенных сточных вод.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РУКОВОДЯЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Часть 1

Основные положения проекта по повторному использованию воды для орошения

Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects. Part 1. The basis of a reuse project for irrigation

Дата введения — 2024—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт содержит руководящие указания и рекомендации по разработке и реализации проектов, предусматривающих повторное использование очищенных сточных вод (ОСВ) для орошения с учетом параметров климата и почвы.

Цель настоящего стандарта заключается в упорядочении аспектов при создании проектов повторного использования ОСВ посредством установления терминов, положений и указаний для всеобщего и многократного использования в отношении реально существующих и потенциальных задач на различных этапах. Этапы проектирования, как правило, включают проведение изыскательских и проектных работ, разработку конструкций водопроводящих и очистных сооружений, подбор поливного оборудования, разработку технологии полива различных культур и порядка проведения эксплуатационных мероприятий при следующих видах использования:

- орошении сельскохозяйственных культур[1)];
- орошении городских садов, приусадебных участков и зон и объектов ландшафтной архитектуры, включая общественные парки, спортивные площадки, поля для игры в гольф, зоны рекреации, кладбища и тому подобное.

Настоящий стандарт содержит руководящие указания, рекомендации и положения для специалистов, профессионального и экспертного сообщества, представителей местных органов власти, принимающих участие в проектировании, строительстве и эксплуатации водохозяйственных систем с использованием ОСВ для орошения. При осуществлении деятельности, связанной с использование ОСВ, кроме руководящих указаний и рекомендаций стандарта может потребоваться дополнительная нормативно-техническая литература.

Руководящие указания и рекомендации относятся к наиболее распространенным и общепризнанным стандартам качества сточных вод. Настоящий стандарт не предназначен для целей сертификации.

Настоящий стандарт устанавливает параметры качества ОСВ. Эти параметры включают следующее:

- агрономические параметры: оптимального содержания питательных веществ — азота, фосфора и калия; коэффициенты засоления по общему содержанию солей, по концентрации хлора, бора и натрия; концентрации тяжелых металлов;
- присутствие патогенов.

Каждый из этих параметров может оказывать потенциальное негативное воздействие на сельскохозяйственные культуры, почву, поверхностные и грунтовые воды и состояние общественного здоровья

[1)] К видам использования также относится орошение защитных лесных насаждений, лесосырьевых и иных лесных плантаций.

Издание официальное

населения. В настоящем стандарте рассмотрены положения и указания, предотвращающие возможность попадания дополнительных загрязнителей в сточные воды в процессе их обработки, очистки и последующего удаления токсичного осадка.

Вызывающие особое опасение такие загрязнители, как остаточные продукты фармацевтического производства или средств личной гигиены, не входят в область применения настоящего стандарта. Основная причина — слабая изученность проблемы и отсутствие достоверных данных о наличии неблагоприятного воздействия на здоровье человека или окружающую среду в процессе орошения культур с использованием ОСВ фармацевтического производства.

Проекты повторного использования ОСВ для орошения должны быть разработаны в строгом соблюдении санитарных требований и ограничений по качеству ОСВ для предотвращения распространения заболеваний, вызванных содержащимися в воде патогенами.

Организациям, участвующим в проектах использования ОСВ для целей орошения, рекомендуется использовать руководящие принципы стандарта для обеспечения установленной последовательности разрабатываемых этапов проектирования и строительства водохозяйственных систем.

Руководящие принципы стандарта обеспечивают рациональный базис для гидрологического, экологического и агрономического обоснования проектных разработок, а также проведения мероприятий по эксплуатации, мониторингу и техническому обслуживанию оросительной системы, использующей очищенные сточные воды.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий стандарт [для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного стандарта, для недатированных — последнее издание (включая все изменения)]:

ISO 20670:2018, Water reuse — Vocabulary (Повторное использование воды. Словарь)

3 Термины, определения и сокращения

В настоящем стандарте применены термины по ИСО 20670, а также следующие термины с соответствующими определениями.

ИСО и МЭК ведут терминологические базы данных для использования в области стандартизации по следующим адресам:

- платформа онлайн-просмотра ИСО: доступна на gost.e-ecolog.ru ;
- Электропедия МЭК: доступна на gost.e-ecolog.ru .

3.1 Термины и определения

3.1.1 **дополнительная дезинфекция** (additional disinfection): Комплекс мероприятий, направленных на гарантированное уничтожение возбудителей инфекционных заболеваний и разрушение токсинов на стадии повторного использования ОСВ для повышения их качества непосредственно перед орошением, которые могут быть выполнены в дополнение к ранее произведенной дезинфекции на установке по очистке сточных вод и(или) непосредственно в водохранилище (3.1.26).

Примечание 1 — Определение термина «дезинфекция» см. в ИСО 20670:2018, 3.21.

Примечание 2 — Определение термина «повторное использование воды» см. в ИСО 20670:2018, 3.84.

3.1.2 **консольная дождевальная установка** (boom sprinkler): Передвижная дождевальная установка (3.1.17), состоящая из двух симметрично расположенных несущих ферм (консолей) с напорным трубопроводом с дождевальными (3.1.37) насадками, распределенными по всей длине и обеспечивающими равномерное водораспыление; на обоих концах консолей размещены среднеструйные аппараты для увеличения площади полива.

Примечание 1 — Аппараты работают по принципу реактивного действия (аналогично гидравлическому турникету), которое обеспечивает вращение сопла с заданной скоростью.

3.1.3 **категория А: ОСВ очень высокого качества** (category A: very high quality OCB): Неочищенные сточные воды (3.1.25), прошедшие механическую и биологическую обработку, фильтрацию и дезинфекцию, и имеющее среднее качество: БПК: < 5 мг/л (макс 10 мг/л); ОВВ: < 5 мг/л (макс 10 мг/л); мутность:

< 3 ЕМФ (макс 6 ЕМФ); термостойкие бактерии группы кишечной палочки (95 %процентиль): < 10 no./100 мл (макс 100 no/100 мл).

Примечание 1 — Определение термина «фильтрация» см. в ИСО 20670:2018, 3.27.

Примечание 2 — Определение термина «дезинфекция» см. в ИСО 20670:2018, 3.21.

Примечание 3 — Дополнительную информацию по значениям качества ОСВ см. в ИСО 16075-2:2020, таблица 1.

3.1.4 **категория B: ОСВ высокого качества** (category B: high quality OCB): Неочищенные сточные воды (3.1.25), прошедшие механическую и биологическую обработку, фильтрацию и дезинфекцию, и имеющее среднее качество: БПК: < 10 мг/л (макс 20 мг/л); ОВВ: < 10 мг/л (макс 25 мг/л); термостойкие бактерии группы кишечной палочки (95 %процентиль): < 200 no./100 мл (макс 1000 no/100 мл).

Примечание 1 — Определение термина «фильтрация» см. в ISO 20670:2018, 3.27.

Примечание 2 — Определение термина «дезинфекция» см. в ISO 20670:2018, 3.21.

Примечание 3 — Дополнительную информацию по значениям качества ОСВ см. в ИСО 16075-2:2020, таблица 1.

3.1.5 **категория C: хорошее качество ОСВ** (category C: good quality OCB): Неочищенные сточные воды (3.1.25), прошедшие механическую и биологическую обработку, и имеющее среднее качество: БПК: < 20 мг/л (макс 35 мг/л); ОВВ: < 30 мг/л (макс 50 мг/л); термостойкие бактерии группы кишечной палочки (95 %процентиль): < 1000 no/100 мл (макс 10000 no/100 мл); желудочно-кишечные нематоды < 1 яйца/л.

Примечание 1 — Дополнительную информацию по значениям качества ОСВ см. в ИСО 16075-2:2020, таблица 1.

3.1.6 **категория D: ОСВ среднего качества** (category D: medium quality OCB): Неочищенные сточные воды (3.1.25), прошедшие механическую и биологическую обработку, и имеющее среднее качество: БПК: < 60 мг/л (макс 100 мг/л); ОВВ: < 90 мг/л (макс 140 мг/л); кишечные нематоды < 1 яйца/л (макс 5 яиц/л).

Примечание 1 — Дополнительную информацию по значениям качества ОСВ см. в ИСО 16075-2:2020, таблица 1.

3.1.7 **категория E: ОСВ глубокой очистки** (category E: extensively TWW): Неочищенные сточные воды (3.1.25), прошедшие процедуру естественной биологической очистки с длительным (10—15 сут) временем удерживания, и имеющие средний показатель качества: БПК: < 20 мг/л (макс 35 мг/л); кишечные нематоды < 1 яйца/л (макс 5 яиц/л).

Примечание 1 — Дополнительную информацию по значениям качества ОСВ см. в ИСО 16075-2:2020, таблица 1.

3.1.8 **дождевальная машина с поливом в движении по кругу** (center-pivot and moving lateral irrigation machine): Автоматически управляемая дождевальная машина, состоящая из нескольких самоходных опор, осуществляющих круговое движение вокруг своей оси и поддерживающих напорный трубопровод, по которому поступающая в центральную стационарную опору через гидрант вода расходится радиально от центра к торцам трубы для нанесения на почву через дождевальные насадки или аппараты (3.1.37), равномерно расположенные по всей длине.

3.1.9 **капельница (капельная лента, капельный дозатор)** (emitter, emitting pipe, dripper): Устройство для осуществления капельного орошения, устанавливаемое на поливном трубопроводе (шланге или ленте) и предназначенное для подачи воды непосредственно в прикорневую зону растений в форме капель или непрерывного потока с расходом, не более 15 л/ч, кроме случаев режима «промывания трубопровода».

3.1.10 **параметр окружающей среды** (environmental parameter): Количественно измеримая характеристика фактора (энергетического, водного, биологического, биохимического) окружающей среды.

Примечание 1 — Определение термина «фактор окружающей среды» см. в ИСО 20670:2018, 3.24.

3.1.11 **самотечная оросительная система** (gravity flow irrigation system): Оросительная система, в которой вода подается непосредственно на поверхность почвы, подкомандной источнику воды, на основе использования сил гравитации (3.1.32).

Примечание 1 — Определение термина «оросительная система» см. в ИСО 20670:2018, 3.43.

3.1.12 **встроенный капельный водовыпуск** (emitter): Встроенный капельный водовыпуск или капельница (3.1.9), устанавливаемая между двумя прямолинейными участками поливного трубопровода (шланга или ленты) капельной оросительной системы.

3.1.13 **дальнеструйный дождевальный аппарат** (irrigation gun): Дождевальный ствол, обеспечивающий выброс струи на расстояние более 50 м и представляющий собой дождевальный аппарат секторного или кругового полива (3.1.37).

3.1.14 **дождевальный распылитель [насадка]** (irrigation sprayer): Устройство, осуществляющее распыление воды в виде мелких радиальных или веерообразных струй без вращательного движения компонентов.

3.1.15 **микрооросительная система** (micro-irrigation system): Система, подающая капли воды, мелкие струи или брызги непосредственно в прикорневую зону растений.

Примечание 1 — Поверхностное или внутрипочвенное капельное орошение и микроструйное орошение (3.1.16) являются основными типами этой системы.

3.1.16 **микрораспылительная оросительная система (мелкодисперсное дождевание)** (micro-spray irrigation system): Система, использующая для распыления воды мелкодисперсные дождеватели с миниатюрными спринклерами (3.1.37) (микроспринклеры), расположенные по длине поливных трубопроводов, с расходом воды от 30 л/ч до 150 л/ч, с рабочим давлением от 15 м до 25 м, обеспечивающих площадь смачивания от 2 м^2 до 6 м^2.

3.1.17 **передвижная дождевальная установка** (mobile sprinkling machine): Дождевальная установка, движущаяся в автоматическом режиме по поверхности почвы (3.1.32) при подаче на нее воды.

3.1.18 **линейный капельный водовыпуск** (on-line emitter): Капельница (3.1.9), предназначенная для установки в стенках отводного поливного трубопровода, напрямую или через трубчатые переходники.

3.1.19 **перфорированная трубопроводная система** (perforated pipe system): Труба (рукав или лента) с калиброванными отверстиями-водовыпусками (капельницами) (3.1.9) для полива водой в форме капель или непрерывного потока с расходом не более 15 л/ч в каждой точке выпуска.

3.1.20 **стационарная система** (permanent system): Стационарная трубчатая оросительная система с фиксированной сетью гидрантов или водовыпускных устройств [спринклеров (3.1.37)] на полустационарных или стационарных поливных трубопроводах.

Пример — Портативная стационарная дождевальная система, оросительная система с закрытой сетью.

3.1.21 **портативная оросительная система (переносная система полива)** (portable system): Система, у которой все или некоторые части и элементы могут быть перемещаемыми.

3.1.22 **напорная оросительная система** (pressurized irrigation system): Трубопроводная оросительная сеть, распределяющая воду под давлением.

3.1.23 **процесс** (process): Совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих операций, которые преобразуют входные параметры в выходные.

Примечание 1 — Входные параметры одного процесса, как правило, являются выходными параметрами других процессов.

Примечание 2 — Процессы в организации обычно являются планомерными и выполняются в управляемых условиях с целью повышения эффективности организации.

3.1.24 **продукт** (product): Законченный результат некоторой трудовой деятельности, в виде товара или услуги.

Примечание 1 — Сюда же относят взаимосвязанные и(или) взаимодействующие товары или услуги.

3.1.25 **необработанные сточные воды** (raw wastewater): Сточные воды, которые не подвергались никакому виду очистки или обработки.

Примечание 1 — Определение термина «сточные воды» см. в ИСО 20670:2018, 3.80.

3.1.26 **водохранилище (пруд-накопитель или резервуар)** (reservoir): Водохранилище, предназначенное для хранения временно неиспользуемых ОСВ, размеры и объем которого определяют в зависимости от баланса потребности в воде для орошения и производительностью установки по очистке воды.

Примечание 1 — Ниже приводится описание различных типов водохранилищ, используемых для хранения временно неиспользуемых ОСВ:

a) открытые водоемы, которые обычно используют для кратковременного хранения воды (3.1.39) на срок от одних суток до двух недель;

b) закрытые резервуары для краткосрочного хранения воды с целью ограничения разрастания бактерий и предотвращения попадания внешних загрязнителей, на срок от 0,5 суток до одной недели;

c) поверхностные водоемы для долгосрочного или сезонного хранения ОСВ, для накопления запасов воды в периоды, когда выработка установок по очистке воды превышает спрос на воду для орошения, а также для удовлетворения потребностей в оросительной воде, когда спрос превышает производительность очистных установок. Время нахождения воды в водоемах варьируется в зависимости от времени года и специфических потребностей;

d) водопроницаемые и водоносные горизонты для долгосрочного хранения, по сути, это неглубокий искусственный пруд, предназначенный для просачивания сточных вод через проницаемые почвы в подземный водоносный горизонт (3.1.32) (метод инфильтрационных бассейнов). Время нахождения воды варьируется в зависимости от объемов производства ОСВ и потребностей в воде для орошения. Хранение в водоносном слое не следует путать с пополнением водоносного слоя для потенциального использования в качестве питьевой воды.

3.1.27 **вращающийся спринклер-ороситель — дождевальная насадка** (rotating sprinkler): Устройство распределения воды по окружности или по сектору круга посредством собственного вращательного движения вокруг вертикальной оси.

3.1.28 **самодвижущаяся дождевальная установка** (self-moved system): Устройство, в котором фронтальное движение трубопровода с водовыпускными устройствами осуществляется центральными ведущими колесами и перемещается как одно целое.

Примечание 1 — Вращающиеся спринклеры-оросители (3.1.27) размещают на фронтальном трубопроводе (на колесном ходу).

3.1.29 **шланговый дождевальный аппарат** (self-propelled gun traveller): Среднеструйный дождевальный аппарат (3.1.37), устанавливаемый на тележке или салазках и прикрепляемый к концу гибкого шланга/рукава с наматывающим устройством в виде барабана.

3.1.30 **полустационарная оросительная система** (semi-permanent system): Система, аналогичная полупортативной системе (3.1.31), но с переносными трубопроводами и стационарной насосной станцией, магистральными и вспомогательными линиями.

3.1.31 **полупортативная система** (semi-portable system): Система, аналогичная портативной системе (3.1.21), за исключением того, что источник воды и насосная станция являются стационарными.

3.1.32 **почва** (soil): Слой рыхлого материала, состоящий из выветренных частиц, мертвой и живой органической материи, воздушного пространства и почвенного раствора (3.1.33).

3.1.33 **почвенный раствор** (soil solution): Жидкая фаза почвы (3.1.32) и ее растворы.

3.1.34 **стационарная система орошения** (solid-set system): Временная стационарная сеть, в которой трубопроводы расположены в поле в течение всего оросительного сезона.

3.1.35 **стационарная дождевальная система** (stationary sprinkler system): Оросительная сеть, оборудованная стационарными спринклерами-дождевателями (3.1.37).

3.1.36 **распыление** (spray): Размельчение сосредоточенной струи воды на мелкие капли с использованием спринклера-дождевателя (3.1.37).

3.1.37 **спринклер-дождеватель** (sprinkler): Водораспределительное устройство, выпускаемое серийно в большом диапазоне размеров и типов, например, дождевальный аппарат с кулачком-рефлектором или дефлектором, нерегулируемая насадка, распылитель, дальнеструйный дождевальный аппарат (3.1.13).

3.1.38 **спринклерная [дождевальная] оросительная система** (sprinkler irrigation system): Оросительная система, состоящая из напорных трубопроводов, гидрантов и спринклеров-дождевателей (3.1.37).

Примечание 1 — Определение термина «оросительная система» см. в ИСО 20670:2018, 3.43.

3.1.39 **хранение** (storage): Содержание в течение короткого или длительного срока временно неиспользованных ОСВ до момента их использования в оросительной системе.

Примечание 1 — Определение термина «оросительная система» см. в ИСО 20670:2018, 3.43.

3.1.40 **передвижная оросительная установка** (travelling irrigation machine): Оросительная установка, предназначенная для последовательного орошения полей за счет перемещения вдоль поля.

3.2 Сокращения

OCB — очищенные сточные воды;
BOD — биохимическая потребность в кислороде;
COD — химическая потребность в кислороде;
EC — электрическая проводимость;
ESP — содержание обменного натрия, %;
FDS — растворенные твердые вещества, мг/л;
LF — фракция выщелачивания;
LR — промывная норма;
NPW — непитьевая вода;
NTU — нефелометрическая единица мутности;
PET — потенциальная эватранспирация (суммарное испарение), измеряемая по методу Пенмана;
SAR — относительный показатель адсорбции натрия;
TDS — общее количество растворенных твердых веществ;
UV — ультрафиолет;
WW — сточные воды;
WWTP — установка очистки сточных вод.

4 Повышение качества и использование OCB

4.1 Общие положения

Химический состав сточных вод изначально определяют химическим составом (фоном) пресных воды в источнике. Пресную (фоновую) воду, используемую в быту, в офисных помещениях, в торговом обороте (хозяйственно-питьевое водоснабжение) и в промышленности (производственное водоснабжение) забирают из разных источников (грунтовые воды, реки, озера, деминерализация морской или жесткой воды). Водорастворимые химические вещества, которые целенаправленно или случайным образом добавляют в фоновую воду в процессе ее бытового или производственного использования, удаляют специальными методами очистки стоков в зависимости от типа загрязнения.

Для предотвращения неблагоприятного воздействия растворенных в OCB солей, щелочей и других примесей на качество урожая орошаемых культур, состояние почвы и других компонентов окружающей среды, применяют методы, перечисленные в 4.2 и 4.3 (см. приложение А, таблица А.1).

4.2 Повышение качества OCB для орошения

Качество OCB для орошения повышают, применяя следующие методы:

a) осуществляют подачу OCB с перемешиванием в определенных пропорциях с водой более высокого качества (с низким содержанием солей) или деминерализованной водой из системы хозяйственно-бытового водоснабжения;

b) обеспечивают снижение в OCB содержания до допустимой концентрации или полного удаления токсичных солей, поступающих в сточные воды при проникновении в канализационную систему минерализованной воды, стиральных порошков и другой бытовой химии и(или) из точечных (стационарных) источников загрязнения, таких как промышленные предприятия, использующие большие объемы воды и сбрасывающие большие количества солей, образующихся в результате технологических процессов.

4.3 Применение агрономических и мелиоративных технологий, адекватных качеству OCB

Адекватные агрономические и мелиоративные технологии предполагают использование следующих мероприятий:

a) выбор устойчивых (адаптированных) к солям посевных и лесных культур, при обязательном осуществлении контроля качества посевов и саженцев;

b) известкование и дренирование почвенных горизонтов на орошаемых угодьях;

c) осуществление контроля агрегатного состава почв;
d) корректировку применения доз удобрений;
e) корректировку режима орошения и выбор соответствующей технологии полива.

Если соответствующим источником фоновой воды является деминерализованная вода, необходимо контролировать концентрацию бора, особенно если при деминерализации не применялись специальные процедуры удаления бора. На этапе доочистки воды следует добавить кальций и магний. В любом случае орошаемые культуры должны быть адаптированы к количеству и концентрации растворенных солей в ОСВ.

5 Оценка факторов, влияющих на состав проектов орошения с использованием ОСВ: качество воды, климат и почва

5.1 Общие положения

При оценке преимуществ использования ОСВ для орошения следует обратить особое внимание на риски для общественного здоровья, включая безопасность и самочувствие персонала, а также возможные негативные воздействия на орошаемые культуры и состояние почвенного покрова. Необходимо провести тщательный анализ на предмет оценки состояния и наличия необходимой инфраструктуры, включая планирование производственных объектов, выбор рабочей площадки, систему сбора и очистки сбросных вод, порядок использования ОСВ, транспортировку ОСВ до места хранения, доставку до конечного потребителя и утилизацию отходов.

Факторы, имеющие первоочередное значение при разработке универсальных инструкций по успешному использованию ОСВ, — это безопасность для общественного здоровья, исключение вредоносных влияний на сельскохозяйственные культуры и минимизация потенциального негативного воздействия на компоненты окружающей среды. Для предотвращения негативных факторов необходимо действовать сообразно признанным на международном уровне нормативам и руководящим указаниям по применению ОСВ для орошения в различных хозяйственных условиях.

Присутствие питательных элементов (азота, фосфора и калия) в составе ОСВ является позитивным фактором, полезным с точки зрения потенциальной экономии при использовании обычных удобрениях для угодий.

5.2 Качество воды

5.2.1 Компоненты сточных вод

Химическое качество сточных вод — это результат взаимодействия исходного химического состава фоновой воды (воды, подаваемой для удовлетворения бытовых, промышленных и сельскохозяйственных нужд) и химического состава добавок и примесей, привнесенных в процессе использования воды в быту или на производстве. В процессе использования воды в нее добавляют разнообразные вещества, которые в итоге определяют состав сточных вод, а также их физические, химические и биологические характеристики. Согласно основной классификации веществ химические компоненты сточных вод делятся на органические и неорганические.

Органические вещества включают гормоны, фармацевтические препараты, средства личной гигиены, белки, углеводы, горюче-смазочные материалы, поверхностно-активные вещества, включая пестициды, микропластик, гуминовые вещества и другие химикаты бытового и сельскохозяйственного назначения.

Неорганические вещества могут содержать хлориды, бор, азот, фосфор (некоторые соединения азота и фосфора также относят к органическим веществам), калий, сера и другие химические элементы, включая тяжелые металлы (например, цинк, марганец, медь, ртуть, серебро, хром, никель, свинец, кадмий) и фтор.

В сточных водах содержится большое количество биологических объектов и организмов, появляющихся в результате попадания продуктов жизнедеятельности в систему сбора и удаления сточных вод.

Для оценки компонентов сточных вод необходимо знать характеристики промышленных стоков, попадающих в канализационную систему, то есть необходимо учитывать специфические параметры производственных процессов для определения компонентов, способных негативно повлиять на качество сточных вод, используемых повторно для целей орошения посевов.

5.2.2 Питательные вещества

5.2.2.1 Общие положения

ОСВ могут содержать питательные вещества и другие химические элементы, концентрации которых намного превышают обычное содержание таких веществ в пресной воде. ОСВ содержат макроэлементы (элементы, потребляемые растениями в больших количествах — кг/га), в основном азот и фосфор. Содержание калия в ОСВ обычно ниже агрономических требований.

Содержание питательных веществ в ОСВ, предназначенных для орошения сельскохозяйственных культур, может рассматриваться как дополнительный ресурс для уменьшения вносимых доз обычных химических удобрений, что является безусловной выгодой для пользователя. Но для оценки следует провести анализ и дать ответы на три главных вопроса в отношении эффективности замены обычных удобрений для растений химическими веществами, содержащимися в ОСВ (то есть, оценить удобряющую способность ОСВ).

- Количество: Достаточно ли количества питательных веществ в ОСВ для удовлетворения потребностей растений?

- Доступность: Могут ли содержащиеся в ОСВ питательные вещества поглощаться растениями точно так же, как и питательные вещества, поступающие с обычными удобрениями?

- Временной фактор: Насколько может быть скоординирована скорость подачи питательных веществ в сезон вызревания (вегетации) растений с их реальными потребностями?

Количество азота, фосфора и калия, поступающих с ОСВ, определяют методом умножения их концентраций в воде на объем оросительной воды, подаваемой для растений. Так как качество оросительной воды определяется климатическими условиями и потребностями сельскохозяйственных растений, количество поступающих питательных веществ напрямую соотносится с концентрацией питательных веществ в ОСВ, используемых для определенных культур и регионов.

5.2.2.2 Азот

Поступающий с ОСВ азот добавляют к азоту почвы, он вступает в азотный цикл почвы. ОСВ могут содержать органический азот, аммоний (NH_4+) и соли азотной кислоты (NO_3–). В результате процесса нитрификации содержащиеся в почве органический азот и аммоний превращаются в соли азотной кислоты — нитраты. Таким образом, большая часть содержащегося в ОСВ азота становится доступной для растений и может заменить азот, поступающий с обычными удобрениями. Растения поглощают только часть азота (в зависимости от климатических условий, почвы, вида сельскохозяйственных растений и типов азотных соединений), поступающего в почву с промышленными удобрениями, органическими остатками и ОСВ. Нитраты (NO_3–) могут быть утрачены в результате промывания почв, особенно имеющих преимущественно песчаный агрегатный состав. При высокой концентрации ионов водорода (pH), в известковых почвах (с высоким содержанием $CaCO_3$), во время орошения некоторое количество аммония, растворенного в ОСВ и осажденного на поверхности почвы, превращается в аммиак (газ NH_3) и испаряется в атмосферу.

Орошение ОСВ может привести к тому, что типы азотистых соединений и частота их поступления не будут совпадать с потребностями культивируемых сельскохозяйственных растений. При использовании пресной воды сельхозпроизводители вносят необходимые количества удобрений в период роста орошаемых культур, но в дальнейшем, на поздних стадиях развития и созревания обычно прекращают подачу азотных удобрений. При работе с ОСВ пользователь не может контролировать и дифференцировать количество азота, поступающего к растениям на разных этапах роста. В данном случае количество азота определяют по его концентрации в ОСВ (в зависимости от источника ОСВ и уровня очистки) и объему применяемой нормы орошения.

Необходимо также учитывать, что высокая концентрация азота может снизить неблагоприятное влияние минерализации воды на урожай сельскохозяйственных культур, прежде всего зерновых.

Некоторые азотистые соединения легко растворяются в воде и могут вымываться и попадать в грунтовые воды или удаляться вместе с поверхностными стоками, и тем самым негативно влиять на качество воды в водоприемниках.

5.2.2.3 Фосфор

Количество фосфора, поступающего с ОСВ, обычно выше того количества, которое поглощают большинство сельскохозяйственных зерновых культур. В условиях высокого содержания ионов водорода (pH) подвижность фосфора в почве ограничена, и он имеет тенденцию к накоплению в верхних слоях почвы в зависимости от ее свойств (например, от содержания pH в почве). В случае с фосфором значимость временного фактора для его попадания в почвы с щелочной средой не столь велика. Тем

не менее, в кислотных почвах, в которых pH фактор ниже 7, подвижность фосфора увеличивается, и в некоторых случаях определение срока внесения фосфора может быть столь же важным, как для азота.

5.2.2.4 Калий

Подвижность калия в почве ограничена и по своему значению ниже подвижности фосфора. Увеличение концентрации калия может снизить неблагоприятное воздействие минерализации воды на урожай сельскохозяйственных культур, но в меньшей степени по сравнению с азотом.

5.2.3 Минерализация

ОСВ содержат более высокие концентрации растворенных неорганических веществ, чем фоновая вода: общее содержание солей, соединения натрия, хлора и бора могут нанести значительный ущерб почве и урожаю.

Основными параметрами при определении качества ОСВ с точки зрения ее минерального состава, являются следующие:

- общее содержание солей, детерминирующее (определяющее) осмотический эффект;
- концентрация хлоридов, бора и натрия, обусловливающее токсичность для растений;
- коэффициент адсорбции натрия (SAR), влияющий на скорость водопроницаемости почвы.

5.2.4 Прочие химические вещества

Типичными химическими веществами, присутствующими в низких концентрациях в промышленных и городских стоках, тем не менее, влияющими на качество воды для орошения с использованием ОСВ, являются соединения фтора, кремния, ванадия, хрома, марганца, железа, кобальта, никеля, меди, цинка, селена, молибдена, стронция, йода, бора и кадмия. Представленная группа веществ включает металлы с относительно высоким удельным весом: железо, хром, ртуть, молибден, свинец, стронций, медь, цинк, марганец, никель, кадмий и кобальт. Наличие этих элементов в воде отличает ее свойства, увеличивая уровень токсичности.

Не зависимо от того, что очистные сооружения сточных вод (ОСВ) не предназначены для очистки от перечисленных металлов, они эффективно переводятся из жидкой фазы в твердую (осадок). Эти элементы адсорбируются органическими и неорганическими веществами или образуют осадок с низкой растворимостью из-за высокого уровня pH, жесткости и щелочности воды.

5.2.5 Микроорганизмы

В источниках сточных вод для проекта повторного использования, которые образуются в результате жизнедеятельности человека или сельскохозяйственной деятельности (растениеводства и животноводства), могут содержаться микроорганизмы: бактерии, вирусы, гельминты и простейшие животные организмы, некоторые из которых являются патогенами. Очистные сооружения могут снизить концентрацию микроорганизмов, но не могут полностью их уничтожить. Остаточная концентрация микроорганизмов зависит от степени очистки сточных вод.

Полный контроль концентраций всех микроорганизмов в ОСВ практически невозможен. По этой причине следует регулярно контролировать концентрацию микробиологических показателей — проводить мониторинг. В настоящем стандарте предлагаемыми показателями или индикаторами являются концентрации термоустойчивых форм кишечной палочки, к которым относятся фекальные формы кишечной палочки и кишечная палочка Escherichia coli (E. coli).

Барьеры, которые в настоящее время используются для удаления патогенов, являются эффективным способом обеспечения общественного здоровья и безопасности от распространения инфекций.

Разработка каждого проекта повторного использования ОСВ должна гарантировать защиту населения, персонала и потребителей, находящихся в контакте с ОСВ, а также безопасность для потребления сельскохозяйственной продукции. Руководящие указания ИСО 16075 содержат описание метода, сочетающего концепцию микробиологических индикаторов и барьеров (ИСО 16075-2), а также протоколы мониторинга (ИСО 16075-4).

5.3 Климат

ОСВ в большинстве случаев является резервным, но в некоторых случаях основным или единственным источником воды для орошения угодий агропромышленных предприятий и производств в засушливом (аридном) и полузасушливом (семиаридном) климате [1]. Настоящие руководящие указания и положения имеют в своей основе научные знания, полученные при работе в засушливом и полузасушливом климате [1], [2]. Следует учитывать, что на динамику баланса химических элементов и микроорганизмов (питательных веществ, тяжелых металлов, микробов и химикатов) в почвах, орошаемых ОСВ, значительное влияние оказывают водно-физические параметры почвы, водопотребность возде-

лываемых культур, количество атмосферных осадков и суммарное испарение почвенной влаги (эвапотранспирация). Осадки и эвапотранспирация (суммарное испарение) варьируются в зависимости от изменения климата. Климатические условия напрямую влияют на санитарное состояние водоемов и изменение параметров окружающей среды. По этой причине параметры режима орошения, техники полива и методы их контроля следует устанавливать в соответствии с климатическими условиями.

Классификация климата на основании показателя засушливости *AI* приведена в таблице В.1, см. [3]. Показатель засушливости *AI* определяют как отношение количества атмосферных осадков к потенциальному объему эвапотранспирации в соответствии с формулой

$$AI = \frac{P}{PET}, \quad (1)$$

где P — количество атмосферных осадков;

PET — значение потенциальной эвапотранспирации, определенное методом Пенмана.

Потенциальный объем испарения (суммарное испарение) зависит от видов сельскохозяйственных культур и двух простых формул, применяемых для его определения, см. формулы (2) и (3):

$$ET_p = E_p + T_p, \quad (2)$$

где E_p — потенциальный объем испарения влаги с поверхности почвы, мм/д;

T_p — потенциальное испарение растениями, мм/д.

$$ET_p = kc \cdot ET_{ref}, \quad (3)$$

где ET_p — потенциальная скорость эвапотранспирации, мм/д;

kc — коэффициент водопотребления культуры;

ET_{ref} — эталонная скорость эвапотранспирации, мм/д.

Примечание — Существуют более сложные формулы, учитывающие различные параметры, выведенные из первоначальных уравнений Пенманом, Монтейтом [16], Феддесом, Смитом [17] и другими.

Негативное влияние солей и тяжелых металлов на почвы и культуры, зафиксированное в настоящих руководящих указаниях, в основном касается засушливых и полузасушливых регионов, имеющих показатель засушливости *AI* от 0,05 до 0,50. В таком климате потенциальная эвапотранспирация превосходит испарение во много раз (создается выпотной режим в почве), поэтому предотвращение накопления солей и тяжелых металлов, привнесенных с оросительной водой, является важной задачей проектов использования ОСВ.

Совершенно противоположные процессы происходят в климатических зонах, в которых количество атмосферных осадков превышает значение эвапотранспирации ($AI > 1{,}0$), и по этой причине почвы в этой зоне являются устойчивыми к накоплению солей и тяжелых металлов. Объясняется явление тем, что за счет гравитации вода в почве движется по направлению вниз (создавая промывной режим) и выщелачивает соли. Тем не менее, следует учитывать, что в регионах, где присутствуют близко залегающие грунтовые воды, выщелачивание растворимых солей, питательных веществ и тяжелых металлов из верхних слоев почвы вызывает загрязнение грунтовых вод.

Следует принимать во внимание, что количество и интенсивность атмосферных осадков в вегетационный период влияют на принятие критериев и установление порядка проведения мониторинга веществ при орошении ОСВ, контролируемых по программе охраны общественного здоровья и окружающей среды.

В связи с зональной неравномерностью выпадения атмосферных осадков засушливые сезоны могут случаться в регионах, обычно считающихся влажными. Следовательно, руководящие указания и рекомендации следует разрабатывать и внедрять индивидуально для каждого региона после изучения климатических и региональных особенностей.

5.4 Почва

5.4.1 Общие положения

Риски с повторным использованием ОСВ в основном определяют свойствами почв орошаемых участков и качественным составом воды. Чувствительность почвы — это характерное свойство каждого вида почвы, не зависящее от качества воды. Чувствительность (sensitivity), согласно Терцаги, определяется как отношение водопрочности образца почвы с ненарушенной структурой к водопрочности пасты этой же почвы при равной влажности. Природные свойства почвы определяются процессом ее формирования, поэтому каждый вид почвы имеет естественную чувствительность к качеству воды.

Пригодность участка для орошения определяют на основании анализа физических, химических и биологических характеристик почвы, с обязательным учетом топографических (рельефных), геологических и гидрогеологических, гидрологических, климатических, зональных особенностей и условий, требований по агротехнике выращиваемых сельскохозяйственных культур, экономических целей пользователя.

Участок классифицируют как пригодный для применения ОСВ, если он обладает приемлемыми в заданных диапазонах почвенными, гидрогеологическими, климатическими и рельефными характеристиками, позволяющими осуществлять эффективное использование ОСВ без нанесения интеркуррентного (дополнительного, усложняющего) ущерба подстилающим слоям грунта или расположенным ниже грунтовым водам.

Природные условия участка должны эффективно ограничивать любое вредоносное распространение ОСВ вследствие выщелачивания, миграции грунтовых вод, поверхностных и склоновых стоков или эрозионного смыва (сноса) в результате воздействия распыляемой оросительной воды при дождевании или струй бороздкового полива.

Основные характеристики почвы, определяющие ее чувствительность к качеству воды, следующие: гранулометрический состав, уровень содержания ионов (pH), концентрация органических веществ, объемная плотность, коэффициент фильтрации и способность к удержанию воды. Многие почвенные показатели взаимозависимы, поэтому значение параметров почвенных характеристик определяют в корреляции нескольких факторов.

Наиболее важные сельскохозяйственные риски для почвы, связанные с использованием ОСВ для орошения, перечислены в таблице В.2.

5.4.2 Активация неорганических адсорбируемых загрязнителей

Риск мобильности тяжелых металлов в почвах возрастает по мере уменьшения значений pH фактора ниже 7. Если почва содержит высокие концентрации органических веществ и глинистых фракций (обуславливающих буферность почвы), то мобильность тяжелых металлов снижается. Но следует учитывать, что тяжелые металлы могут накапливаться в верхнем слое почвы при высоких значениях pH фактора.

5.4.3 Размокание верхнего почвенного слоя

Чувствительность верхнего слоя почвы к размоканию зависит от ее гранулометрического состава. Почвы с высоким содержанием илистых частиц более чувствительны к эффектам размокания и «запечатывания» пористого пространства в верхнем слое, что приводит к снижению водопроницаемости на фоне высокой интенсивности водоподачи при дождевании, создавая угрозу эрозионного смыва.

Для стабилизации структуры почвы большое значение имеет количество содержащегося в ней органического вещества. Высокое содержание органического вещества оказывает положительный эффект на устойчивость к смыву поверхностного слоя почвы. Следует также учитывать и другие параметры, влияющие на эрозионную устойчивость такие, как минералогический состав глинистых фракций, наличие оксидов/гидроксидов, солей угольной кислоты и т. д.

Естественную чувствительность почвы к размоканию не следует путать с потенциальной чувствительностью к дефляции (распылению) из-за высокого относительного показателя адсорбции натрия (SAR), формирующегося в почве в результате высокой концентрации солей и высокого значения SAR в ОСВ. Почва с высоким содержанием глинистых фракций имеет тенденцию к увеличенному показателю адсорбции натрия.

5.4.4 Засоление почв

Засоление — это процесс накопления солей в почвах, характеризующихся низким коэффициентом выщелачивания. Значение коэффициента выщелачивания зависит от водоудерживающей способности почвы, ее влагопроводности, количества атмосферных осадков и качества применяемых оросительных вод, а также от интенсивности суммарного испарения или эвапотранспирации. При одних и тех

же значениях атмосферных осадков и эвапотранспирации количество воды, которое будет уходить в горизонты ниже корнеобитаемого слоя, в песчанистых почвах больше, чем в глинистых почвах.

Предотвращение накопления солей в глинистых и низководопроницаемых почвах — более сложная задача. Водоотведение (степень дренированности) — это еще один важный фактор, влияющий на интенсивность процесса засоления или рассоления, так как оптимум заключается в том, что вредоносные растворенные соли должны удаляться из корнеобитаемого слоя почвы [4], [5].

5.4.5 Активация и накопление бора

Перемещение бора в почвах и его доступность для поглощения растениями зависят от концентрации бора в почвенных растворах. Определяющими факторами наличия бора в почвенном растворе заключаются в следующем:

a) растворимый бор попадает в почвенные воды с оросительной водой;

b) реакции адсорбции-десорбции происходят на поверхности твердой фазы почвы.

При условии подачи одного и того же количества воды с равными концентрациями бора степень адсорбции бора будет зависеть от характеристик почвы, таких как содержание глинистых фракций и их минералогического состава, наличие оксидов алюминия и железа, а также органических веществ.

Чем выше содержание глинистых фракций, тем больше количество адсорбируемого бора. Адсорбция зависит от типа глинистых минералов: например, почвы монтмориллонитового состава обладают меньшей адсорбирующей способностью, чем почвы, содержащие каолинитовые глины. Аналогичным образом, чем выше содержание органических веществ, тем большей боро-адсорбирующей способностью обладает почва.

И наоборот, чем выше адсорбция бора, тем ниже его концентрация в почвенном растворе, и следовательно риск прямого токсического воздействия снижается. Соответственно, в почвах, богатых органическими веществами с большим содержанием глинистых фракций, риск прямого токсического воздействия на растения ниже. Если период орошения водой с высоким содержанием бора продолжителен, глинистые фракции и органические вещества в почве могут достичь своего насыщенного состояния, что приводит к борной токсичности в горизонте.

Концентрации хлоридов в оросительной воде и в почвах обычно на несколько порядков выше, чем концентрация бора; при том, что их токсичность для сельскохозяйственных культур на 2—3 порядка выше, чем у бора. Следует учитывать, что диапазон влияния концентрации бора — от его незаменимости до токсичности — чрезвычайно узок.

5.4.6 Загрязнение грунтовых вод

Слабо поглощаемые анионы (в зависимости от электрического заряда глинистых фракций в почве), такие как нитраты и хлориды, вызывают проблемы при выщелачивании, прежде всего связанные с их дальнейшим проникновением в грунтовые воды. Уровень концентрации нитратов и хлоридов в почве в значительной степени зависит от степени (скорости) выщелачивания на участке орошения. Низкая степень выщелачивания приводит к длительным периодам удерживания почвенной воды в корнеобитаемом слое, в этом случае создается потенциальная возможность поглощения части нитратов растениями. При разработке проектов необходимо определять режимы выщелачивания солей в зависимости от характеристик почвы.

5.4.7 Накопление и мобильность фосфора

В удерживании фосфора в почве и его мобильности играют роль несколько факторов. Факторы классифицируют по следующим категориям:

a) характеристики и количество почвенных компонентов (глинистые фракции, органические вещества, оксиды);

b) значение водородного показателя (pH);

c) наличие других ионов;

d) кинетика процессов;

e) насыщение сорбционных (почвенно-поглощающих) комплексов.

Высокое содержание глинистых фракций и гидроксидов приводит к высокой адсорбции и связыванию фосфора, что увеличивает его накопление и снижает мобильность. Почвы каолинитового состава удерживают более высокие концентрации фосфора, чем монтмориллонитовые почвы.

В общем смысле — повышение pH фактора почвы снижает мобильность фосфора. Доступность фосфора достигает своего максимума при значении pH в диапазоне от 6,0 до 6,5. При более низких значениях pH способность к удерживанию снижается за счет реакций с железом и алюминием. При значении pH выше 7,0 ионы кальция и магния, а также присутствие карбонатов приводят к выпадению в осадок добавленного фосфора.

6 Оценка воздействия на общественное здоровье, почву, сельскохозяйственные культуры и источники воды при использовании ОСВ для орошения

6.1 Воздействие на общественное здоровье

Риски для общественного здоровья в результате орошения с использованием содержащих патогены ОСВ могут возникать следующим образом:

a) при загрязнении пищевых и кормовых культур, орошаемых с использованием ОСВ;

b) переносе патогенов по воздуху при орошении методом разбрызгивания ОСВ;

c) прямом контакте персонала и населения с ОСВ.

Некоторые элементы (например, селен), попадающие естественным образом в пищевые и кормовые культуры, оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье человека и животных.

ИСО 16075-2 содержит описание мер защиты общественного здоровья населения и персонала, а также сельскохозяйственных животных при использовании для орошения ОСВ разного качества.

6.2 Воздействие на почву и сельскохозяйственные культуры

6.2.1 Воздействие питательных веществ

Необходимо определить максимальные уровни азота, фосфора и калия в ОСВ для орошения с целью предотвращения возникновения их повышенных концентраций, способных нанести ущерб сельскохозяйственным культурам или окружающей среде (см. пример в таблице С.1). Концентрации азота и фосфора регулируют и контролируют в климатических зонах, где потребление воды растениями значительно отличается (выше или ниже) из-за различий в эвапотранспирации. Тем не менее, следует учитывать, что несмотря на расхождение в климате и количествах потребляемой воды, не существует различий в потреблении питательных веществ сельскохозяйственными растениями одного вида из расчета на единицу площади.

План внесения удобрений должен учитывать количество питательных веществ в ОСВ для орошения.

6.2.2 Влияние солености воды

6.2.2.1 Влияние концентрации солей в почвенном растворе на сельскохозяйственные культуры

Одним из вероятных последствий высоких концентраций солей в ОСВ является избыток солей в почвенном растворе, изменяющий его полезные свойства, в частности, снижается осмотический потенциал. Снижение осмотического потенциала раствора за пределами клеток корней растений сокращает разрыв между водным потенциалом в почве и в растении, и в результате, доступность воды для растения уменьшается, что в конечном счете неблагоприятно сказывается на развитии растений. Соотношение осмотического потенциала ψ_0, электропроводности EC, общего количества анионов и катионов, а также зольной части остатка, выражают следующим образом

$$\psi_0(\text{atm}) = \text{EC}\left(\frac{dS}{m}\right)\cdot(-0{,}36)\cdot$$

Общая концентрация катионов (мэкв/л) = общая концентрация анионов (мэкв/л) = EC (дСм/м) × × 10 зольных частей остатка (мг/л (при 550 °С) = EC (дСм/м) × 640.

Общее количество растворенных твердых веществ в ОСВ включает неорганические и органические растворенные твердые вещества. Органика оказывает очень незначительное или даже нулевое стимулирующее воздействие на электрическую проводимость, но является частью массы твердых веществ. Поэтому отношение, выраженное этим уравнением, будет неточным в случае использования значения общего количества растворенных солей (TDS). Соотношение между растворенными твердыми веществами и электропроводностью в ОСВ более точно выражает значение зольного (то есть, нелетучего) остатка, а именно твердого вещества, измеряемого после обжига растворенной фракции при температуре 550 °С.

Сельскохозяйственные культуры сильно различаются по своей устойчивости к концентрациям солей, растворенных в почвенном растворе непосредственно в корнеобитаемом слое почвы. Засоленность почвы не наносит ущерба сельскохозяйственным культурам до тех пор, пока ее значение не превысит определенный порог (толерантность растений — комплекс защитных механизмов растений, позволяющий им сохранять удовлетворительную урожайность и качество продукции при определенном

пороге засоленности). При превышении порогового значения засоленности почвы урожайность снижается по линейной функции солености до момента гибели растения, когда урожайность падает до нуля.

6.2.2.2 Влияние соленой воды на листовую поверхность растений при дождевании

Надкроновое дождевание может оказать токсическое воздействие на листовую поверхность растений при использовании соленой воды, после которого возникает ожог листьев, приводящий к дефолиации. Максимальная электрическая проводимость воды для надкронового дождевания зависит от устойчивости листьев растений к уровню солености воды (см. пример в таблице С.2).

Токсичность соленой воды для растений возникает из-за избытка ионов натрия или ионов хлоридов, поглощенных через листья, на которые попадает вода при надкроновом дождевании. Таблица С.3 содержит информацию по устойчивости некоторых растений к концентрациям нитратов и хлоридов при использовании надкронового дождевания. Чувствительность растений к соленой оросительной воде обуславливается прямым накоплением солей через листья.

6.2.2.3 Воздействие соединений натрия на почвенные характеристики

Косвенный ущерб, вызванный осолонцеванием почвы, обуславливается повреждением структуры (в сторону сокращения объема) порового пространства и нарушением свойств водопроводимости и водопроницаемости почвы, что проявляется в недостаточной скорости проникновения атмосферных осадков или оросительной воды в почву, снижении скорости впитывания, приводящее к увеличению поверхностного стока воды и провоцирование процессов эрозии почвы, потери плодородия — это наиболее часто встречающиеся негативные проявления, прямой ущерб от которых превышает наносимый растениям вред в результате засоления.

Основными факторами, негативно влияющими на структуру почвы, являются поглощаемые ионы и концентрации электролитов. При изучении связи между катионным составом почвенного раствора и его гидравлическими свойствами традиционно используют такое понятие, как относительная концентрация натрия, кальция и магния (являющихся наиболее распространенными катионами в оросительной воде и в почве), а не абсолютная концентрация натрия.

Разрушительное воздействие поглощенного натрия и положительное влияние кальция и магния на кондиции плодородия почвы хорошо изучены.

Солонцеватые почвы — это почвы, в которых процент обменного натрия превышает 15 %, а их электрическая проводимость ниже 4 дСм/м. Согласно этому определению значение процента обменного натрия (ESP) составляет 15 % и считается «критической пороговой величиной». Когда значение ESP выше этого критического порога, почва может демонстрировать свойства солонцеватой почвы, что выражается в значительном разбухании и даже диспергировании глинистых фракций, понижении водопроводимости, плохом насыщение почвенных слоев воздухом, возникновении трудности с оттоком воды и проблем с междурядной обработкой. В соответствии с принятой методикой «относительный коэффициент адсорбции натрия» определяют следующим образом

$$\mathrm{SAR} = \frac{\left(\mathrm{Na}^{+}\right)}{\sqrt{\frac{\left(\mathrm{Ca}^{2+} + \mathrm{Mg}^{2+}\right)}{2}}}. \qquad (4)$$

При вычислении по формуле (4) используют значения концентраций натрия, кальция и магния [(Na^+) = концентрации натрия, мэкв/л; $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ = концентрации кальция + магния, мэкв/л] в насыщенном почвенном экстракте; на этом основании можно прогнозировать проблемы, которые будут возникать в связи с повышением солености почвы (высокое содержание натрия) из-за воздействия оросительной воды. Формулу (4) также следует использовать для прогнозирования рисков осолонцевания почвы оросительной водой и для определения уровня поглощаемого почвой натрия. Соотношение между значениями ESP и SAR выражено формулой

$$\mathrm{ESP} = 100\frac{-0{,}0126 + 0{,}0475\,\mathrm{SAR}}{1 + \left(-0{,}0126 + 0{,}01475\,\mathrm{SAR}\right)}. \qquad (5)$$

На уровнях, превышающих «критическое пороговое значение» и обозначенных выше, водопроводимость почвы изменяется в зависимости от растворов с различными уровнями SAR. Экспериментально было определено пороговое значение для каждой комбинации электролита и значения SAR. В итоге «пороговое значение» формулируется как уровень SAR при заданной концентрации солей, который

вызывает значительное снижение водопроницаемости почвы. Другими словами, пороговое значение не является постоянным и следовательно может быть ниже 15 [мэкв/л]$^{1/2}$.

На взаимосвязь между SAR и концентрацией солей также могут влиять свойства почвы, главным образом, — минеральный состав глинистых фракций и содержание органических веществ.

Типичные значения SAR и концентрации электролита (измеренные по электрической проводимости), используемые для определения вероятности возникновения проблем с водопроводимостью через почву, перечислены в таблице С.4.

6.2.3 Токсичность некоторых ионов

6.2.3.1 Общие положения

Кроме эффекта общей концентрации соли (осмотический эффект), некоторые ионы в почвенном растворе могут представлять угрозу или непосредственно наносить повреждения сельскохозяйственным культурам, орошаемых с использованием ОСВ. Адсорбция и накопление токсичных ионов растениями приводит к снижению урожайности, вплоть до завядания посевов.

6.2.3.2 Влияние хлоридов

Хлорид является важным питательным элементом для растений, балансирует ионные заряды и регулирует осмотические процессы. Кроме того, он выполняет роль противоположно заряженного иона при переносе катионов в растениях, способствует гидратации клеток и регулирует тургорное давление в них. Хлориды попадают в растение из нескольких источников: из почвы, с дождевой водой, при орошении и удобрении и непосредственно из загрязненного воздуха. В нормальных условиях выращивания сельскохозяйственных культур хлоридная токсичность наблюдается намного чаще, чем недостаток хлоридов, что также имеет место в случае орошения с использованием ОСВ.

Устойчивость растений к хлоридам в значительной степени варьирует. В частности деревья обычно являются чувствительными к избытку хлоридов. Устойчивость сельскохозяйственных культур к хлоридам варьирует в зависимости от видов и сортов растений, а также от уровня развития корневой системы растений одного вида. Различия между корневыми системами, как правило, отражают их способность предотвращать или препятствовать движению хлоридов от корней к листьям с последующим накоплением в них.

6.2.3.3 Влияние бора

Бор является важным элементом для нормального роста растений. Он участвует в целом ряде жизненных процессов растений: деления и роста клеток, кислотного метаболизма ядра, метаболизма и переноса сахаров, регулирующих процессы фотосинтеза и дыхания. Его присутствие жизненно важно для гормональной системы, и он является составным элементом клеточных мембран. В ОСВ, используемых для орошения, бор является одним из широко распространенных элементов. В избыточных количествах бор токсичен для растений, вызывая хлороз верхушек растений, а на поздних стадиях развития растений является причиной опадения листьев и гибели растений.

6.2.3.4 Влияние натрия

Повышенные концентрации натрия в ОСВ могут напрямую влиять на растения с точки зрения токсичности. Токсичность натрия в основном влияет на фруктовые деревья (авокадо, цитрусовые и лиственные косточковые деревья: сливу, персик, абрикос), когда концентрация превышает 120 мг/л [14]. В незасоленных насыщенных натрием почвах у травянистых растений может возникнуть дефицит кальция и магния. Основным эффектом натрия в ОСВ является его негативное влияние на структуру почвы, и косвенно — на аэрацию почвы и подвижность воды в ней.

Значения максимальных уровней коэффициентов засоленности используемых для орошения ОСВ, указанные в таблице С.5, получены на основании практического опыта Израиля.

6.2.4 Влияние прочих химических элементов, входящих в состав ОСВ

Прочие химические элементы, входящие в состав ОСВ, нельзя вносить бесконтрольно во избежание их недопустимой концентрации в почве, так как в последствии их будет трудно удалить и предотвратить следующие негативные явления:

- высокую вероятность достижения токсичных уровней концентрации для растений;
- чрезмерное поглощение токсичных веществ растениями;
- накопление токсичных уровней прочих химических элементов ОСВ в тканях растений (достижение критических уровней, которые принято считать опасными для здоровья человека или животных);
- перемещение прочих химических элементов в грунтовую воду.

Средние арифметические и максимальные значения прочих химических элементов перечислены в таблице С.6.

В некоторых случаях значения прочих химических элементов более значительны (более низкие максимальные значения) в почвах с кислой средой (pH ниже 7) из-за высокой доступности тяжелых металлов.

6.2.5 Технологии управления воздействий на почву и сельскохозяйственные культуры

6.2.5.1 Управление надкроновым дождеванием

Для усиления устойчивости сельскохозяйственных культур при осуществлении надкронового дождевания выполняют следующие действия:

a) выбирают высокоустойчивые сорта;

b) выполняют орошение в ночное время;

c) выполняют орошение в периоды низких температур и в безветренную погоду;

d) увеличивают скорость вращения дождевальных насадок;

e) увеличивают норму полива (но удерживают ее ниже скорости инфильтрации или впитывания почвой);

f) снижают межполивной период и поливные нормы;

g) меняют систему орошения на ту, при которой вода не касается листьев, то есть, на микроорошение и тому подобное;

h) оптимизируют размер водяных капель (снижают степень сноса распыла).

6.2.5.2 Технологии управления, направленные на предотвращение ущерба от накопления солей в почве

6.2.5.2.1 Общие положения

Для предотвращения ущерба от засоления почвы необходимо применять соответствующие агротехнические и мелиоративные технологии управления. Некоторые из перечисленных методов используют для контроля засоления в корневой зоне сельскохозяйственных культур. Общепринятые технологии борьбы с засолением почвы включают агротехнические и инженерно-мелиоративные мероприятия [4].

6.2.5.2.2 Методы управления

Для безопасного применения ОСВ для орошения методы управления должны включать следующее:

- отбор видов или сортов сельскохозяйственных культур, способных обеспечить удовлетворительную урожайность при существующих или прогнозируемых условиях засоления или осолонцевания;

- специальные процедуры посадки, которые сводят к минимуму или компенсируют накопление соли вблизи семян;

- орошение для поддержания относительно высокого уровня влажности почвы и достижения периодической промывки почвы;

- использование подготовки почвы для повышения равномерности распределения воды и повышения водопроницаемости почвы, выщелачивания и удаление солености.

При выборе технологий управления основными определяющими факторами являются виды и сорт выращиваемых культур, метод орошения и способ полива, качество воды, используемой для орошения, режимы орошения и климатические условия, а также свойства почвы.

6.2.5.2.3 Выбор видов и сортов сельскохозяйственных культур

Если засоление почвы невозможно удержать в допустимых пределах за счет выщелачивания, посевные культуры необходимо выбирать так, чтобы они обеспечивали удовлетворительную урожайность в существующих условиях. При выборе культур особое внимание уделяют их устойчивости к солям в период развития всходов, потому что низкая урожайность часто является результатом неспособности обеспечить хороший травостой. Некоторые виды растений, обладающие устойчивостью к солям на поздних стадиях роста, являются очень солечувствительными в начале своего развития.

Проекты использования ОСВ можно разрабатывать с учетом особенностей выращивания существующих на участке орошения сельскохозяйственных культур. Если культуры однолетние, их сорта можно менять в зависимости от качества оросительной воды. В случае наличия на участке многолетних культур, таких как фруктовые деревья, внесение изменений может быть более сложным и сопряжено с высокими экономическими затратами. Если проект с использованием ОСВ разрабатывают для новых площадей орошения, необходимо предусматривать виды культур, наиболее подходящих для данного качества воды.

6.2.5.2.4 Специальные процедуры посева

Во многих случаях неспособность получить удовлетворительный рост пропашных культур, орошаемых по бороздам, на умеренно засоленных почвах является серьезной проблемой из-за того, что скорость прорастания семян снижается из-за чрезмерного засоления. Проблемы прорастания обычно

происходят из-за накопления растворимой соли на приподнятых грядках, которые «увлажняются» восходящими капиллярными токами при поливе по бороздам, где происходит интенсивное испарение.

Следует внести изменения в технологию орошения и форму грядки, чтобы уменьшить накопление солей вблизи семян. Тенденция накопления солей вблизи семян во время полива наиболее выражена на однорядных грядках с круглым верхом. Достаточное количество соли для предотвращения прорастания может сконцентрироваться в зоне посева, даже если среднее содержание соли в почве умеренно низкое. Посадка в борозды или котловины наиболее приемлема с точки зрения контроля засоления, но часто неблагоприятна для всходов многих пропашных культур из-за проблем, связанных с образованием корки и плохой аэрации почв в русле борозд.

6.2.5.2.5 Методы орошения

При орошении неизбежно возникает некоторое засоление почвы и воды, так как содержащаяся в оросительной воде соль остается в почве, в то время как чистая вода возвращается в атмосферу через испарение и транспирацию растений. Следовательно, для обеспечения эффекта выщелачивания и предотвращения избыточного накопления соли необходимо подавать воду в количестве, превышающем объем эвапотранспирации, создавая в корнеобитаемом слое почвы слабопромывной режим.

Для предотвращения избыточного накопления соли в корнеобитаемой зоне при орошении с использованием ОСВ необходимо в течение продолжительного времени предусматривать подачу дополнительного количество воды (оросительной или атмосферной), превышающее объем эвапотранспирации (ET), при этом поступающая вода должна проходить через корнеобитаемую зону в предельно минимальном количестве. Это количество еще называют «промывной нормой» (LR), то есть объемом промывной воды (LF), которая должна проходить через корнеобитаемую зону почвы с целью поддержания допустимого уровня засоления.

На полях, орошаемых в стационарных условиях при традиционном управлении орошением, концентрация соли в почвенной влаге практически одинакова у поверхности почвы и не зависит от объема промывной нормы (LF), а именно от количества промывной воды, которая фактически проходит через корнеобитаемую зону. В то же время степень засоленности увеличивается по глубине корнеобитаемого слоя по мере снижения объема поступающей промывной воды (LF). Аналогичным образом, среднее значение засоления корнеобитаемой зоны возрастает по мере снижения объема промывной нормы (LF); урожайность снижается при превышении допустимых уровней засоленности почвы.

Описание методов вычисления промывной нормы, а также прогнозирования потерь урожайности из-за влияния солей содержится в документах, перечисленных в разделе «Библиография». В тот момент, когда концентрация солей в корнеобитаемом слое почвы в результате орошения ОСВ достигает максимального уровня засоленности, допустимого для конкретной системы земледелия или конкретной культуры, в это же время, с определенным лагом, объем солей, который дополнительно поступил с оросительной водой, должен быть удален из корнеобитаемой зоны. Этот процесс называют «поддержанием солевого баланса».

Усредненный уровень засоленности корнеобитаемого слоя почвы зависит от степени уменьшения почвенной влажности между поливами, а также от количества подаваемой в почву промывной воды. По мере увеличения времени между поливами содержание почвенной влаги снижается, почва высыхает, капиллярно-сорбционный и осмотический потенциалы почвенной воды снижаются, концентрация соли в уменьшающемся объеме почвенной влаги растет. Поглощение влаги растениями и урожайность тесно связаны со средним значением времени нахождения воды и эпюрой ее содержания по всей глубине корнеобитаемого слоя почвы, то есть капиллярно-сорбционным и осмотическим потенциалами почвенной воды.

Вышеприведенное положение подразумевает следующее:

- формы орошения, которые сводят к минимуму нагрузку на почвенный профиль, такие как капельное орошение, могут быть использованы для минимизации вредного воздействия орошения соленой водой;
- промывные нормы воды используют для минимизации (то есть, снижения вредного воздействия) скоплений соли в корнеобитаемой зоне почвы.

Распределение по глубине и степень засоления почвенного профиля зависят от способа полива и от степени выщелачивания. Обычно больше соли удаляется на единицу фильтрата при дождевании, чем при лиманном орошении. Следовательно, соленость воды, подаваемой для дождевания, при всех прочих равных условиях, должна быть немного выше, чем у воды для лиманного или бороздового орошения, при сопоставимых результатах урожайности и при условии предотвращения обгорания листьев.

На распределение солей в почве также влияет форма грядки. При бороздковом поливе соли преимущественно накапливаются в избыточных количествах в определенных местах и формах посевной грядки. Применяемая форма борозд и грядок может быть разнообразной для минимизации данной проблемы. Также, для оптимизации роста растений в условиях засоленности применяют особые технологии посева и поверхностного полива (например, перемежающиеся борозды, регулируемая глубина воды в бороздах и т. д.).

Дождевание — это эффективный способ выщелачивания избытка солей из верхнего слоя почвы, создающее благоприятные условия слабой засоленности верхнего (пахотного) слоя почвы, что является обязательным условием для развития чувствительных к соли растений.

При капельном орошении содержание соли, как правило, самое низкое в почве непосредственно под капельницами и поблизости от них, и максимальное — по периферии контура капельного орошения. Удаление соли, накопившейся в этих зонах орошения, это проблема, которую придется решать в долгосрочной перспективе.

6.2.5.2.6 Комплексное использование воды из разных источников

Очищенные сточные воды можно использовать в комплексе с другой водой для снижения влияния солей. Однако, следует отдавать приоритет повышению качества ОСВ путем снижения содержания солей при формировании стоков, прежде чем приступать к процедурам разбавления, описание которых приведено ниже [5].

Смешивание: Смешивание ОСВ (или соленой воды) и пресной воды может привести к появлению пригодной для орошения воды смешанного состава. Такой порядок предусматривает наличие двух возможных технологий — сетевое смешивание и почвенное смешивание. Сетевое смешивание предусматривает формирование многосоставной смеси в системе подачи оросительной воды. Почвенное смешивание означает подачу воды разного качества попеременно, а в роли смесителя выступает почва.

Циклическое использование: Использование воды с более высокой соленостью (ОСВ) при орошении солеустойчивых культур в севообороте или при орошении чувствительных к соли культур на стадии солеустойчивого роста. Во все остальные периоды роста используется вода с более низкой соленостью.

Предостережение: В обеих стратегиях вероятность того, что ОСВ проникнут в другую водную систему с риском для здоровья, очень высока, особенно если это система подачи питьевой воды или система, присоединенная к сети снабжения питьевой водой. Эти риски можно избежать за счет физического разделения систем питьевой и непитьевой воды. Одним из способов является заполнение отдельного резервуара питьевой водой с последующей перекачкой в систему орошения, использующую ОСВ.

6.3 Влияние на источники воды

6.3.1 Общие положения

Нельзя предусматривать размещение оросительных систем с использованием ОСВ в зонах гидрогеологической уязвимости (то есть, с высоким риском просачивания поверхностных и промывных вод в подстилающие водоносные горизонты) и в зонах расположения поверхностных и грунтовых вод, используемых в качестве источников питьевой воды. Из-за вероятных поломок или протечек в системах транспортировки и распределения ОСВ на орошаемых участках, сточные воды могут достичь водоносных горизонтов или попасть в поверхностные воды и загрязнить их. Загрязняющие сточные воды могут попасть в источники питьевой воды также в процессе нерегулируемого орошения, поэтому нельзя осуществлять бесконтрольный полив в непосредственной близости от скважин (колодцев) питьевой воды и поверхностных водоемов.

Для предотвращения этих рисков трубопроводы подачи ОСВ необходимо располагать на значительном расстоянии от источников питьевой воды (колодцев) во избежание стекания ОСВ в водоносные горизонты или гарантировать, что просочившимся в почву или грунт ОСВ потребуется не менее 200 сут (время, в течение которого произойдет уничтожение патогенных загрязнителей), чтобы достичь горизонтов с водой питьевого качества.

Расстояние от орошаемого участка до источников питьевой воды (колодцев) должно быть таким, чтобы время, необходимое ОСВ для проникновения в скважину (колодец), было не менее 50 сут, потому что только очень малая часть оросительных ОСВ просачивается в почву на глубину водоносных горизонтов. Кроме того, ОСВ подвергаются процессу эффективной фильтрации через водопроницаемые песчаные грунты, во время которой происходит уничтожение большинства патогенов. Надлежащие методики защиты источников питьевой воды описаны в ИСО 16075-3:2021, 6.6.

Влияние присутствующих в ОСВ концентраций питательных веществ на источники воды представляет следующие риски:

a) выщелачивание фосфора в кислых почвах, а также азота во всех других видах почв, проникновение в грунтовые воды;

b) проникновение поверхностного стока фосфора из верхнего слоя почвы с высоким pH в поверхностные водоемы.

Эти риски снижаются при удалении азота и фосфора из сточных вод.

В связи с возрастающим недостатком пресной воды для сельскохозяйственных нужд возникает необходимость использования источников воды более низкого химического и биологического качества. Основным источником такой воды является регенерированная вода (то есть, ОСВ). Критерии, соблюдение которых позволит применять ОСВ для орошения сельскохозяйственных культур при одновременном снижении до минимума факторов риска для природных источников воды, перечислены в 6.3.2—6.3.3.

6.3.2 Принципы защиты источников воды

a) Некоторые из трудностей, с которыми сталкиваются специалисты, занимающиеся вопросами почвоведения и гидрологии, связаны с неоднородностью и вариативностью природных систем. Достаточно сложно с требуемой достоверностью произвести типизацию локального почвенного профиля, и еще сложнее типизировать неоднородность почвенных условий поля и сравнить одно поле с другим. Необходимо выполнять индивидуальные исследования специфических ОСВ и испытания систем их подачи с целью мониторинга источников воды для предотвращения их загрязнения. В данной части настоящего стандарта содержатся основные минимальные требования по орошению с использованием ОСВ. Во всех случаях проектирования необходимо проводить тщательные исследования гидрологических и гидрогеологических условий в месте расположения участка орошения с использованием ОСВ.

b) Целью настоящего стандарта является обеспечение максимальной степени защиты естественных источников воды с использованием эффективных, практичных и доступных методов использования ОСВ.

c) В настоящем стандарте предложены способы уменьшения и предотвращения загрязнения воды, предназначенной для питьевых целей, в отношении всех типов загрязняющих веществ, перечисленных выше.

Параметры качества воды следует выражать через значения максимальных концентраций веществ, чтобы: предотвратить или минимизировать вред для почвы, растений и источников воды (поверхностных или грунтовых); устранить риски для общественного здоровья.

Параметры качества воды классифицируют следующим образом:

- агрономические параметры: питательные вещества (азот, фосфор и калий) и коэффициент засоления (общее содержание соли, концентрации хлоридов, бора и натрия);
- параметры общественного здоровья: содержание микробов, химических веществ (например, тяжелых металлов).

Приведенные параметры определяют неблагоприятный эффект каждого фактора, вероятность предотвращения влияния загрязнителей в период формирования очищенных водных стоков и возможность их удаления в процессе очистки.

В настоящем стандарте содержатся ориентировочные значения концентраций наиболее репрезентативных загрязнителей каждой из четырех групп (питательные вещества, тяжелые металлы, соли и органические микрозагрязнители) и параметров избыточного засоления (EC и TDS).

Практически невозможно создать стандарт, который включал бы примеры пороговых значений всех потенциальных загрязнителей, которые могут присутствовать в сточной воде. Поэтому пользователям следует установить уровни содержания для ряда репрезентативных элементов из четырех групп загрязнителей, в сочетании с определением уровня очистки. Соблюдение установленных пороговых значений в большинстве случаев гарантирует защиту природных водных источников (систем). В то же время, эти уровни могут быть скорректированы с учетом специфики местных условий.

В случаях, когда сброс ОСВ разрешен нормативными актами (например, разрешение на сброс ОСВ в водоприемник), физические барьеры не требуются.

Поверхностный сток имеет скорость течения на несколько порядков выше, чем подземные течения. В результате поверхностный сток ОСВ создает потенциальную прямую угрозу природным источникам воды. Следовательно, цель должна состоять в уменьшении прямого стока ОСВ в коллекторно-дренажную сеть во время дождя. Таким образом классификация факторов опасности для поверхностных источников воды имеет в своей основе оценку количества ОСВ, стекающих непосредственно или в виде

инфильтрата в коллекторно-дренажную сеть. Существует различие между ситуациями, когда система орошения настолько хорошо отрегулирована (в которой режим орошения соответствует характеристикам почвенного покрова и профиля), что в период орошения не предполагают никаких поверхностных стоков (сбросов в водоприемник), и соответственно менее эффективными системами орошения. Тем не менее, даже в безупречно спроектированных системах существует риск возникновения стока. По этой причине оросительные системы, не допускающие поверхностные стоки, также не исключают вероятность того, что сток будет иметь место при орошении, но его объем не будет превышать 5 % объема оросительной воды.

Принятый принцип миграции подземных загрязняющих веществ заключается в том, что они перемещаются в ненасыщенной пористой среде, но не достигают грунтовых вод. Адсорбция загрязняющих веществ, и главным образом солей (катионов) и тяжелых металлов в почве, происходит в основном на активной поверхности глинистых фракций. Время удерживания загрязняющих веществ зависит от структуры почвы и в большей степени от удельного содержания глинистых фракций. Вследствие чего основной показатель, который следует использовать для классификации почв по пригодности к орошению с использованием очищенных сточных вод (ОСВ), это содержание в ней глинистых фракций. Следует учитывать, что содержание глинистых фракций — это апроксимативный показатель. Для определения измеряемого и достоверного параметра следует использовать значение среднего содержания глинистых фракций на глубине до 2 м, как показателя чувствительности участка к загрязнению грунтовых вод.

В приложении D приведены примеры групп чувствительности для защиты грунтовых вод.

6.3.3 Примеры групп чувствительности поверхностных вод

Чувствительность поверхностных вод следует классифицировать в соответствии с величиной непосредственного или через инфильтрат притока оросительной воды в дренажную систему, гидравлически связанную с природными водными объектами.

a) Группа самой высокой чувствительности I к системе, это та, в которой образуется поверхностный сток во время орошения или имеет место накопление воды на поверхности, которые с большой вероятностью будут смываться дождевой водой. Правильная конструкция и эксплуатация оросительной системы должны предотвращать эти ситуации.

Группы чувствительности II, III и IV категорий не предполагают формирование поверхностных стоков во время орошения:

b) Группа чувствительности II включает системы, имеющие эффективную неглубокую подземную дренажную систему (на глубине не более 80 см). В таких системах значительная часть оросительной воды стекает в поверхностные коллекторно-дренажные системы непосредственно сразу же после окончания орошения.

c) Группа чувствительности III включает глубокие дренажные системы (на глубине более 80 см), в которых оросительная вода стекает в поверхностные коллекторно-дренажные системы после того, как задержится в нижних слоях почвы.

d) Группа чувствительности IV, самая низкая, с точки зрения наземной воды, — это система, не предусматривающая подземного дренажа вообще.

Категории II, III и IV имеют в своей основе допущение, что конструкция и эксплуатация систем орошения предотвращают прямой поверхностный сток оросительной воды. Прохождение воды в нижние слои почвы обеспечивает фильтрацию загрязнителей, аналогично критерию риска для грунтовых вод. Существование эффективной системы дренирования снижает содержание влаги в почве, но может приводить к повышенным нагрузкам на подземные воды. В настоящем стандарте не рассматривают проблемы поверхностных стоков во время дождя, при котором происходит вымывание загрязнителей из верхнего слоя почвы.

Примеры уровней риска при определении пороговых значений загрязнителей в ОСВ см. в таблице D.1.

Приложение А
(справочное)

Примеры средств повышения качества ОСВ

Таблица А.1 — Примеры средств повышения качества ОСВ

Параметр	Тип загрязнения	Средства очистки
Органическое вещество (BOD; COD)	Точечный источник	Строгий контроль и мониторинг промышленных сточных вод. Требования по предварительной очистке
Растворенные соли	Рассеянное	Повышение качества фоновой воды за счет использования пресной воды с низким содержанием солей или опресненной воды для бытовых и промышленных нужд
Растворенные соли	Точечный источник	Извлечение чистого солевого раствора (без органических веществ или других загрязнителей)
Растворенные соли (натрий — Na)	Точечный источник	Эффективное использование очищающих материалов, содержащих натрий (например, едкого натра — NaOH), или переход на другие очищающие материалы (например, гидроокись калия — KOH)
Растворенные соли (бор — B)	Рассеянное	Изменение стандартов мыла и моющих средств с целью использования материалов с низким содержанием этих солей. Регионы, испытывающие проблемы с эвтрофикацией, предпочитают чистящие средства с бором, вместо фосфора
Тяжелые металлы	Точечный источник	Строгий контроль и мониторинг промышленных сточных вод. Требования по предварительной очистке
Фармацевтические препараты	Рассеянное	Обращение к пользователям с призывом на регулярной основе осуществлять сбор неиспользованных или просроченных медицинских средств и изделий в специальных точках для централизованной утилизации
Питательные вещества	Точечный источник	Строгий контроль и мониторинг промышленных сточных вод. Требования по предварительной очистке

Приложение В
(справочное)

Примеры климатических и почвенных критериев

Таблица В.1 — Классификация климата по коэффициенту засушливости *AI* [3]

Климат	Значение коэффициента засушливости (AI)	Годовое количество осадков	Межгодовая по количеству осадков изменчивость	Примечания
Сверхзасушливый	AI < 0,05		< 100 %	Годовой дефицит влаги
Засушливый	0,05 < AI < 0,20	< 200 мм	от 50 % до 100 %	
Полузасушливый	0,20 < AI < 0,50	< 800 мм (летом) < 500 мм (зимой)	от 25 % до 50 %	
Сухой субгумидный	0,50 < AI < 0,65	Большое количество сезонных осадков	< 25 %	
Влажный	0,65 < AI < 1,00	Большое количество атмосферных осадков	—	
	1,00 < AI			Годовой избыток влаги
Холодный горный	—	—	—	Слишком холодный для роста зерновых культур

Таблица В.2 — Обзор почвенных рисков (с изменениями по [15])

Риски	Критерии	Параметры, влияющие на поведение почв
Активация неорганических адсорбируемых загрязнителей	Буферность для неорганических адсорбируемых загрязнителей (например, тяжелых металлов)	Структура, органические вещества и pH фактор
Набухание верхнего слоя почвы	Набухание верхнего слоя почвы	Структура и органические вещества
Засоление почв	Засоление почв	Структура, объемная плотность, глубина корнеобитаемой зоны, глубина почвы, влагоемкость поля, насыщенная влагопроводность и скорость выщелачивания
Активация бора	Буферность для бора	Структура, органические вещества и pH фактор
Загрязнение грунтовых вод	Буферность для неадсорбируемых веществ (например, нитратов)	Структура, органические вещества и pH фактор
Накопление и подвижность фосфора	Накопление или выщелачивание фосфора в почвах	Содержание глины, минералов, оксидов, органических веществ и уровень pH

Примечание — Высокая подвижность тяжелых металлов предполагается в кислых почвах, которые широко распространены во влажных зонах.

Приложение С
(справочное)

Примеры максимальных уровней содержания питательных веществ и солености в ОСВ для орошения

Эти уровни были определены для орошаемых полей при нормах орошения от 500 мм до 600 мм (от 5 000 $м^3$/га до 6 000 $м^3$/га) с учетом поглощения азота и фосфора растениями.

Таблица С.1 — Пример максимальных уровней содержания питательных веществ в ОСВ, используемых для орошения

Параметр	Единица измерения	Среднее арифметическое за месяц	Максимальное значение
Аммонийный азот	мг/л	20	30
Общее количество азота	мг/л	25	35
Общее количество фосфора	мг/л	5	7
Примечание — Данная таблица была составлена для орошения в Израиле и соответствует нормативным требованиям, одобренным в апреле 2010 г. парламентом Израиля: Нормативы общественного здоровья (регламент качества ОСВ и правила очистки сточных вод), 2010 г.			

Таблица С.2 — Пример максимальной электрической проводимости оросительной воды согласно толерантности растений при надкроновом дождевании

Толерантность листьев	Максимальная электрическая проводимость оросительной воды, дСм/м
Очень низкая толерантность[a]	0,5
Низкая толерантность	1,0
Умеренная толерантность	2,0
Высокая толерантность	4,0
Очень высокая толерантность	8,0
[a] Включая большинство пород фруктовых деревьев (например, цитрусовые, яблони, груши, сливы, абрикосы, персики и др.), бобовых и клубники.	

Таблица С.3 — Пример относительной толерантности отдельных культур лиственным повреждениям от соленой воды при надкроновом дождевании [14]

Концентрации Na+ или Cl, вызывающие повреждения листьев, мэкв/л			
< 5	От 5 до 10	От 10 до 20	> 20
Миндаль Абрикос Цитрусовые Слива	Виноград Перец Картофель Томат	Люцерна Ячмень Кукуруза Огурец Сафлор Кунжут Сорго	Цветная капуста Хлопок Сахарная свекла Подсолнечник
Примечание — 1 мэкв/л Na^+ = 23 мг/л Na^+, 1 мэкв/л Cl^- = 35,5 мг/л Cl^-.			

Таблица С.4 — Комбинированный эффект электрической проводимости (ECw) оросительной воды и относительный показатель адсорбции натрия (SAR) на вероятность появления проблем с водопроницаемостью (просачиваемостью) [2]

Потенциальные проблемы орошения	Степень ограничений на использование		
	Нет	От легкой, до средней	Высокая
SAR (мэкв/л)$^{1/2}$	Электрическая проводимость оросительной воды, дСм/м		
от 0 до 3	> 0,7	от 0,2 до 0,7	< 0,2
от 3 до 6	> 1,2	от 0,3 до 1,2	< 0,3
от 6 до 12	> 1,9	от 0,5 до 1,9	< 0,5
от 12 до 20	> 2,9	от 1,3 до 2,9	< 1,3
от 20 до 40	> 5,0	от 2,9 до 5,0	< 2,9

Примечание 1 — Проблема просачиваемости воды через почву (в результате набухания и дисперсии глины, а также нарушения агрегатного состояния почвы) зависит не только от значения SAR почвы, что является производным от значения SAR воды, но также от концентрации солей в воде (концентрации электролита). Чем выше значение SAR, тем выше должна быть концентрация электролита, необходимая для поддержания надлежащих условий движения воды в почве. Следовательно, каждое значение SAR в таблице имеет соответствующее значение электропроводности, при котором могут возникать или не возникать проблемы с просачиваемостью воды.

Примечание 2 — В ОСВ с высоким значением SAR, как правило, присутствует достаточно высокая концентрация солей, поддерживающая устойчивую структуру почвы, предотвращающая появление проблем с движением воды в почве. Тем не менее, в дождливые периоды почва, в которой значение SAR достигло равновесного состояния со значением SAR в ОСВ, подвергается воздействию дождевой воды с минимальной концентрацией электролита. В этих условиях значение просачиваемости воды в почву может резко снижаться (ее интенсивность зависит от других свойств почвы), что приводит к возникновению поверхностных стоков и эрозии.

Примечание 3 — В Израиле среднемесячное допустимое значение SAR в ОСВ равно 5 (мэкв/л)$^{1/2}$ при максимальном значении 6,5 (мэкв/л).$^{1/2}$

Таблица С.5 — Примеры максимальных уровней засоления ОСВ для орошения в соответствии с чувствительностью культур (по информации из нормативной документации Израиля по орошению с учетом климата, почвы и методов орошения в Израиле в сочетании с классификацией ФАО)

Параметр	Единица измерения	Чувствительность культур							
		Чувствительные		Умеренно чувствительные		Умеренно толерантные		Толерантные	
		Среднее арифметическое значение за месяц	Максимальное отдельное значение по замеру	Среднее арифметическое значение за месяц	Максимальное отдельное значение по замеру	Среднее арифметическое значение за месяц	Максимальное отдельное значение по замеру	Среднее арифметическое значение за месяц	Максимальное отдельное значение по замеру
Электрическая проводимость [a,b]	дСМ/м	1,4	1,8	2,0	2,6	4,0	5,2	6,0	7,8
Хлориды	мг/л	250	280	400	440	1 000	1 100	1 400	1 500
Бор [c]	мг/л	0,4	0,5	1,0	1,3	2,0	2,6	4,0	5,2
Натрий [d]	мг/л	150	200	—	—	—	—	—	—

Окончание таблицы С.5

Примечание 1 — Данная таблица была составлена для орошения в Израиле и соответствует нормативным требованиям, одобренным в апреле 2010 г. парламентом Израиля: Нормативы общественного здоровья (регламент качества ОСВ и правила очистки сточных вод), 2010 г., и соответствует классификации ФАО [22].

Примечание 2 — Перечисленные в таблице С.5 значения относятся к условиям Израиля, где орошение сельскохозяйственных культур осуществляют с использованием систем принудительного орошения преимущественно капельным методом.

Примечание 3 — Толерантность растений к засолению является реакцией на фактическую концентрацию солей в почвенном растворе. При одном и том же качестве воды концентрация солей, воздействующих на корни растений, также зависит от системы орошения и организации орошения (частоты поливов). Чем меньше содержание воды в почве между орошениями, тем выше будет концентрация солей. Следовательно, в системе капельного орошения с короткими оросительными интервалами, можно использовать воду с более высокой концентрацией солей по сравнению с участками, где те же культуры орошают с использованием дождевальных систем или открытого орошения, где интервалы между поливами более продолжительны и коэффициент использования имеющейся воды в почве относительно выше.

[a] Чувствительность культур к засолению часто выражают по отношению к концентрациям в насыщенной водой почвенной пасте или почвенном растворе. Значения концентраций в оросительной воде с точки зрения электрической проводимости вычисляют по следующему соотношению: электрическая проводимость почвы = 1,5 × электрической проводимости воды, с допущением, что выщелачивающая доля составляет приблизительно 0,20 (20%).

[b] Концентрацию растворенных солей в воде также выражают как растворенный прокаленный остаток (FDS), мг/л (при 550 °С). Связь между электрической проводимостью (EC) и значением FDS выражают следующими формулами:

FDS (мг/л) ≈ EC (дСм/м) × 640 — для значения электрической проводимости (EC) от 0,1 до 5,0, дСм/м,

FDS (мг/л) ≈ EC (дСм/м) × 800 — для значения электрической проводимости (EC) > 5,0, дСм/м.

[c] Концентрация бора в таблице относится к концентрации бора в оросительной воде, однако культуры реагируют на содержание бора в почвенном растворе. Бор — это химический элемент, адсорбируемый глиной и органическими веществами в почве. Следовательно, реакция растений одной культуры на бор в оросительной воде будет разной в почвах с разным содержанием глины. В общих чертах, на одну и ту же концентрацию бора в воде одна и та же сельскохозяйственная культура будет демонстрировать задержку отрицательной реакции в почве с более высоким содержанием глины. Это явление является результатом более высокой адсорбции бора в глинистой почве и, следовательно, более низкой концентрации в почвенном растворе, из которого растения адсорбируют бор.

[d] Основное воздействие натрия, который также адсорбируется глиной, содержащейся в почве, направлено на структуру и свойства почвы.

Таблица С.6 — Примеры средних и максимальных значений прочих химических элементов в ОСВ

Элемент	Среднее арифметическое значение за месяц, мг/л	Максимальное отдельное значение по замеру, мг/л
Алюминий	5	12,5
Бериллий	0,1	0,25
Кадмий	0,01	0,025
Хром	0,1	0,25
Кобальт	0,05	0,125
Медь	0,2	0,5
Цианид	0,1	0,2
Фтор	2,0	3,0
Железо	2	5

Окончание таблицы С.6

Элемент	Среднее арифметическое значение за месяц, мг/л	Максимальное отдельное значение по замеру, мг/л
Свинец	0,1	0,25
Литий	2,5	6,25
Марганец	0,2	0,5
Ртуть	0,002	0,005
Молибден	0,01	0,025
Никель	0,2	0,5
Селен	0,02	0,05
Ванадий	0,1	0,25
Цинк	2	5

Примечание 1 — Исходные данные доработаны по [2].

Примечание 2 — Данная таблица была составлена для орошения в Израиле и соответствует нормативным требованиям, одобренным в апреле 2010 г. парламентом Израиля: Нормативы общественного здоровья (регламент качества ОСВ и правила очистки сточных вод), 2010 г.

Приложение D
(справочное)

Примеры групп чувствительности грунтовых вод

D.1 Общие положения

На основании содержания глинистых фракций в почве были установлены следующие группы чувствительности грунтовых вод. Четвертая группа чувствительности распространяется на случаи отсутствия водоносных слоев под зоной орошения. Содержание глинистых фракций в почве определяют методом (ситового) анализа гранулометрического состава с целью установление наличия частиц глинистых фракций размером менее 2 мкм [1].

D.2 Первая группа чувствительности I

«Высокая» чувствительность характеризуется наличием водоносного слоя (неограниченного водоносного слоя) под зоной орошения, средним содержанием глинистых фракций в верхнем слое почвы толщиной 2 м менее 15 % или наличием подземных вод на глубине менее 5 м.

D.3 Вторая группа чувствительности II

«Средняя» чувствительность характеризуется зонами над водоносным слоем, расположенным на глубине более 5 м от поверхности, средним содержанием глинистых фракций в верхнем слое почвы толщиной 2 м от 15 % до 40 %.

D.4 Третья группа чувствительности III

«Низкая» чувствительность характеризуется зонами над водоносными слоями, расположенными на глубине более 5 м, средним содержанием глинистых фракций в верхнем слое почвы толщиной 2 м, превышающим 40 %.

D.5 Четвертая группа чувствительности IV

«Нулевая» чувствительность характеризуется отсутствием водоносных слоев под зонами орошения и отсутствием гидрологической непрерывности (например, в случае твердого подпочвенного слоя), которые способны переносить воду в ближайший водоносный слой. Очень важно, что при отсутствии четкого знания подземной геологии и гидрологии участок следует рассматривать как имеющий водоносный слой под поверхностью почвы (то есть, четвертую группу по данной классификации можно применять только по результатам проведения тщательного гидрологического анализа).

Содержание глинистых фракций определяют не менее, чем по трем пробам на гектар (на участках с однородной почвой).

Примечание — Группы чувствительности были разработаны в Израиле.

Таблица D.1 — Примеры уровней риска для грунтовых и поверхностных вод для определения порога содержания загрязнителей в ОСВ

Скорость просачивания			Просачивания в грунтовые воды нет	Низкая интенсивность просачивания в грунтовые воды	Средняя интенсивность просачивания в грунтовые воды	Высокая интенсивность просачивания в грунтовые воды
			I	II	III	IV
Чувствительность к грунтовым водам	Неглубокий водоносный слой или отсутствие глинистых фракций в почве	I	1	2	3	3
	Глубокий водоносный слой с наличием глины в почве	II	1	2	2	3
	Глубокий водоносный слой со значительным содержанием глинистых фракций в почве	III	1	1	2	2
	Водоносного слоя нет, гидравлическая непрерывность орошаемой зоны отсутствует	IV	1	1	2	2
Чувствительность к поверхностным водам			3	3	2	1
			IV	III	II	I
			Сильный поверхностный сток	Средний поверхностный сток	Слабый поверхностный сток	Поверхностного стока нет
			Поверхностный сток			

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ISO 20670:2018	—	*

* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта.

Библиография

[1] WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater. Excreta and Greywater, 2006.

[2] AYERS R.S., WESTCOT D.W. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29. Food and Agriculture Organization. United Nations, Rome, 1994.

[3] UNEP World Atlas of Desertification. 1997.

[4] RHOADES J.D., KANDIAH A., MASHALI A.M.1992., The use of saline waters for crop production. FAO irrigation and drainage paper 48.

[5] HOFFMAN G.J., RHOADES J.D., LETEY J. Salinity Management. In: Management of Farm Irrigation Systems. Edted by: G.J. Hoffman, T.A. Howell and K.H. Solomon. The American Society of Agricultural Engineers, Michigan, US, 1990, pp. 667-715.

[6] APHA/AWWA/WEF, 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st edition, Prepared and Published jointly by American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, Washington, DC.

[7] GEE W.G., OR D. 2002. Particle Size Analysis. In Methods of Soil Analysis (J.H. Dane and G. Clark Topp, co-editors). Part 4. Physical Methods. American Society of Agronomy. Soil Science of America Book Series N°5. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin.

[8] NP 4434 2005, Reuse of reclaimed urban wastewater for irrigation. Instituto Portugues da Qualidade. Lisbon (in Portuguese).

[9] Best Management Practices: Irrigation Management. Agriculture and Agri-Food Canada, rev. ed., 2004.

[10] Land classification Procedures Manual, Alberta Agriculture, Food and Rural Development. 2004. Procedures Manual for the Classification of Land for Irrigation in Alberta. Alberta Agriculture, Food and Rural Development, Resource management and Irrigation Division, Irrigation Branch, Lethbridge, Alberta. 77pp + appendices. gost.e-ecolog.ru gov.ab.ca/Sdepartment/deptdocsnsf/all/irr4437/ $file/procedures.pdf ?OpenElement.

[11] Land Classification Standards Document, Alberta Agriculture, Food and Rural Development. 2004. Standards for the Classification of Land for Irrigation in the Province of Alberta. Alberta Agriculture, Food and Rural Development, Resource management and Irrigation Division, Irrigation Branch, Lethbridge, Alberta. 18pp + appendices. http:// www1.agric.gov.ab.ca/Sdepartment/deptdocs.nsf/all/irr4436/$file/ standards.pdf?OpenElement

[12] Alberta Environment Guideline for Municipal Wastewater Irrigation, Alberta Environment. 2000. Guidelines for Municipal Wastewater Irrigation. Alberta Environment, Municipal Program Development Branch, Environmental Sciences Division, Environmental Service. 24pp. http:// environment.gov.ab.ca/info/ library/7268.pdf

[13] Ultraviolet Disinfection Guidelines for Drinking Water and Water Reuse, Third Edition, August 2012. National Water Research Institute in collaboration with The Water Research Foundation.

[14] MAAS E.V. In: Salt tolerance of plants. The Handbook of Plant Science in Agriculture. (CHRISTIE B.R., PRESS C.R.C., eds.). Boca Raton Florida, 1984.

[15] S CHACHT K., GONSTER S., JTJSCHKE E., CHEN Y., TARCHITZKY J., AL-BAKRI J., AL-KARABLIEH E., MARCHNER B., Evaluation of soil sensitivity towards the irrigation with treated wastewater in the Jordan river region. Water. 2011, 3 (4) pp. 1092-1111.

[16] ALLEN Richard G. Pereira, Luis S. Raes, Dirk. Smith, Martin. 1998., Crop evapotranspiration -Guidelines for computing crop water requirements. FAO - irrigation and drainage, paper 56.

[17] BERTHEL R.O, and Izumi, Yutaka. 1989. An evaluation of the Smith-Feddes model. Hanscom AFB, Mass.: Air Force Geophysics Laboratory, United States Air Force.

[18] ASANO T. Wastewater Reclamation and Reuse. Technomic Publishing, 1998.

[19] ASANO T., BURTON F.L., Leverenz H.L., Tsuchihashi R. and Tchobanoglous G. 2007. Water Reuse issues, Technologies, and Applications. Metcalf & Eddy.

[20] EPA Guidelines for Water Reuse, EPA/600/R-12/618 September 2012.

[21] FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Quality Control of Wastewater for Irrigated Crop Production, Water reports 10, by Westcot, D., Rome, 1997.

[22] FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations, Users manual for irrigation with treated wastewater. FAO Regional Office for the Near East, Cairo, Egypt, 2000, 69 p.

[23] FEIGIN A., RAVINA I., SHALHEVET J. Irrigation with Treated Sewage Effluent. Springer-Verlag, 1991.

[24] JUANICO M., DOR I., eds. Hypertrophic Reservoirs for Wastewater Storage and Reuse. Springer, 1999.

[25] L AZAROVA V., BAHRI A., Water Reuse for Irrigation. CRC Press, Boca Raton, FL, 2004.

[26] LEVY G., FINE P., BAR-TAL A. eds. Use of treated sewage water in agriculture: impacts on crops and soil environment. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 2011, pp. 328-50.

[27] RHOADES J.D., KANDIAH A., MASHALI A.M. 1992., The use of saline waters for crop production. FAO irrigation and drainage paper 48.

[28] HOFFMAN G.J., RHOADES J.D., LETEY J. Salinity Management. In: Management of Farm Irrigation Systems, (HOFFMAN G.J., HOWELL T.A., SOLOMON K.H., eds.). The American Society of Agricultural Engineers, Michigan, US, 1990, pp. 667-715.

[29] HO, 2006. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 2 -Wastewater use in agriculture.

[30] WALLENDER W.W., TANJI K.K., eds. 2012. MOP 71 2012-JAN-01 Agricultural Salinity Assessment and Management. American Society of Civil Engineering. Manual of Practice (MOP) 71. Second Edition.

[31] ISO 5667-1, Water quality — Sampling — Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques (Качество воды. Отбор проб. Часть 1. Руководство по составлению программ и методикам отбора проб)

[32] ISO 5667-4, Water quality — Sampling — Part 4: Guidance on sampling from lakes, natural and man-made (Качество воды. Отбор проб. Часть 4. Руководство по отбору проб из естественных и искусственных озер)

[33] ISO 5667-6, Water quality — Sampling — Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams (Качество воды. Отбор проб. Часть 6. Руководство по отбору проб из рек и потоков)

[34] ISO 5667-10, Water quality — Sampling — Part 10: Guidance on sampling of waste waters (Качество воды. Отбор проб. Часть 10. Руководство по отбору проб из сточных вод)

[35] ISO 5667-11, Water quality — Sampling — Part 11: Guidance on sampling of groundwaters (Качество воды. Отбор проб. Часть 11. Руководство по отбору проб грунтовых вод)

[36] ISO 5667-20:2008, Water quality — Sampling — Part 20: Guidance on the use of sampling data for decision making — Compliance with thresholds and classification systems (Качество воды. Отбор проб. Часть 20. Руководство по использованию выборочных данных для принятия решения. Соответствие порогам и классификационным системам)

[37] ISO 5667-22:2010, Water quality — Sampling — Part 22: Guidance on the design and installation of groundwater monitoring points (Качество воды. Отбор проб. Часть 22. Руководство по проектированию и установке пунктов мониторинга подземных вод)

[38] ISO 5667-23:2011, Water quality — Sampling — Part 23: Guidance on passive sampling in surface waters (Качество воды. Отбор проб. Часть 23. Руководство по пассивному отбору проб из поверхностных вод)

[39] ISO 15175:2018, Soil quality — Characterization of soil related to groundwater protection (Качество почвы. Определение характеристик загрязненной почвы, связанных с защитой грунтовых вод)

[40] ISO 16075-2, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 2: Development of the project (Руководящие указания по использованию очищенных сточных вод для оросительных систем. Часть 2. Разработка проекта)

[41] ISO 16075-3, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 3: Components of a reuse project for irrigation (Руководящие указания по использованию очищенных сточных вод для оросительных систем. Часть 3. Составляющие проекта по повторному использованию воды для орошения)

[42] ISO 16075-4, Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects — Part 4: Monitoring (Руководящие указания по использованию очищенных сточных вод для оросительных систем. Часть 4. Мониторинг)

УДК 631.42:006.354

ОКС 13.060.01
13.060.30

Ключевые слова: руководящие указания, использование очищенных сточных вод для оросительных систем, проект по повторному использованию воды для орошения

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 17.10.2023. Подписано в печать 30.10.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 3,95.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru