УДК 631.67.03

Критерии пригодности сточных вод на орошение сельхозкультур

Маматов С., Умаров Х., Мацура М. (САНИИРИ)

Сточные воды разнообразны по составу и содержанию химических элементов, органических веществ, микроорганизмов.

Качество сточных вод, используемых для орошения, регламентируется по химическим, бактериологическим и паразитологическим показателям. Сточные воды, содержащие микроэлементы, в т.ч. тяжелые металлы, в количествах, не превышающих предельно-допустимые концентрации для хозяйственно-питьевого водопользования, могут использоваться для орошения без ограничений.

В целом используемые на орошение сточные воды, должны отвечать агромелиоративным требованиям, предъявляемым к поливной воде, в целях получения высоких урожаев возделываемых культур, хорошего качества продукции, а также повышения плодородия почвы и улучшения её мелиоративного состояния.

О пригодности сточных вод для орошения судят по химическому анализу воды с учётом климатических особенностей района и почвенно-мелиоративных условий орошаемого участка.

Пригодными для орошения следует считать те стоки, орошение которыми не оказывают отрицательного влияния на мелиоративное состояние орошаемого участка и на плодородие почв, не снижает урожай сельскохозяйственных культур и качество выращенной продукции, в почве не накапливаются токсичные вещества. Орошение сточными водами не должно вызывать засоления, осолонцевания почвы, угнетения роста и развития растений, снижения урожайности возделываемой культуры.

Пригодность воды для орошения зависит от вида растений, типа почв, их дренированности, соотношения катионов и анионов в воде.

Засоление почвы при орошении сточными водами предупреждают гидромелиоративными и агрономическими приёмами. Подбор культур определяется санитарными требованиями к получаемой продукции, режимом подачи и составом сточных вод, почвенно-мелиоративными условиями, а также сложившейся специализацией и направлением сельскохозяйственного производства.

При использовании сточных вод на орошение, обработка почв и уход за посевами должны быть направлены на поддержание оптимального водно-воздушного режима, улучшение водно-физических свойств и повышение плодородия почвы. Это способствует созданию более благоприятных ветеринарно-санитарных условий при выращивании сельскохозяйственных культур.

Однако опыты показывают, что в процессе использования сточных вод возможны и отрицательные последствия, отражающиеся, в частности, на качестве грунтовых вод. Для предупреждения загрязнения грунтовых вод необходимо строгое соблюдение режима орошения, техники полива, эксплуатационных требований, а также наличие дренажа.

Таким образом, при планировании использования сточных вод на орошение можно руководствоваться следующими группами критериев:

А) мелиоративные критерии, согласно которых не допускается ухудшение мелиоративного состояния орошаемого участка;

Б) агрохимические критерии, согласно которых не допускается снижение плодородия и ухудшение качеств почв орошаемого участка;

В) агроэкономические критерии, согласно которых не допускается снижение урожайности возделываемых культур;

Г) природоохранные критерии, согласно которых не допускается загрязнение окружающей среды, в частности грунтовых и поверхностных вод;

Д) санитарные критерии, согласно которых обеспечивается безопасные условия труда сельскохозяйственных работников, занимающихся выращиванием культур на орошаемом участке.

В мелиоративном отношении степень пригодности сточных вод на орошение той территории, где планируется использование, зависит от следующих основных факторов:

– опасность засоления почвогрунтов;
– опасность вторичного осолонцевания;
– токсичность отдельных ионов и другие.

Качество используемой для полива сточной воды в первую очередь характеризуется следующими показателями:

– суммой растворенных в воде ионов солей;
– количеством ионов натрия;
– количеством ионов хлора;
– количеством солей магния;
– наличием соды;
– химическим составом растворенных солей.

На основе общего содержания солей и долевого участия в них химических компонентов, качество сточной воды оценивается из условия опасности засоления и осолонцевания, а также токсичностью содержащихся в ней отдельных ионов.

Высокое содержание солей в оросительной воде приводит к повышению минерализации почвенного раствора.

Наиболее важным мелиоративным критерием оценки пригодности сточной воды на орошение должна являться опасность появления вторичного засоления почвогрунтов.

Для того чтобы предупредить опасность засоления почвогрунтов необходимо оценить пригодность воды на орошение по формуле:

$$K_{о.з} = \frac{0{,}03 * M}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \qquad (1)$$

где, М – минерализация воды, мг/дм^3;

Если $К_{о.з} < 4$, вода пригодна для орошения любых почв,

Если $К_{о.з} = 4 \div 5$ вода пригодна для орошения супесчаных почв;

Если $К_{о.з} = 5 \div 6$ вода пригодна для орошения песчаных почв;

Другим путем оценки качества сточной воды является установление степени опасности осолонцевания по натриевому адсорбционному отношению (SAR):

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)/2}} \qquad (2)$$

При значениях SAR: <10- опасность осолонцевания малая;

10÷18-средняя опасность осолонцевания;

18÷26-высокая опасность осолонцевания;

>26-очень высокая опасность осолонцевания.

При оценке пригодности воды по опасности засоления, наряду с качеством воды, следует обязательно учесть условия использования - режим и технику орошения, почвенно-мелиоративные условия и степень дренированности территорий.

Оценку пригодности сточной воды на орошение по натриевому осолонцеванию можно проводит по зависимости:

$$K_{Na} = \frac{Na^{+} + Ca^{2+} + Mg^{2+}}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \qquad (3)$$

где, если $К_{Na} > 4$, возможно осолонцевание при орошении средних и тяжелых суглинков;

если $К_{Na} > 3 \div 5$, осолонцевание возможно при орошении легких суглинков и супесей.

Оросительная вода с повышенным содержанием солей натрия может вызвать солонцеватость тяжелых почв, если в поглощающем комплексе орошаемой почвы недостаточно содержание солей кальция.

Следующим критерием пригодности сточной воды для орошения является отсутствие в ней опасности магниевого осолонцевания почвы, которая определяется как:

$$K_{Mg} = \frac{Mg^{2+} * 100\%}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \qquad (4.4)$$

где при K_{Mg}> 50 % проявляется магниевое осолонцеваниеОдним из важных критериев пригодности сточной воды для орошения в условиях Узбекистана является отсутствие в воде опасности хлоридного засоления, которая определяется по формуле:

$$K_{Cl} = Cl^{-} + 0{,}5 * SO_4^{2-} \qquad (4.5)$$

где, при K_{Cl} = 3÷7 ммоль/дм^3 можно орошать почвы с низкой водопроницаемостью;
при K_{Cl} = 15÷20 можно орошать почвы только с хорошей
водопроницаемостьюПригодность сточных вод для орошения по химическому составу
наряду с концентрацией растворенных минеральных веществ, соотношением одно- и двухвалентных катионов, следует оценивать показателем активной реакции среды (pH), содержанием основных питательных веществ (азот, фосфор, калий), микроэлементов, специфических веществ.

При определении пригодности сточных вод по химическому составу необходимо учитывать природные условия участка, режим орошения и биологические особенности выращиваемых культур.

Активность ионов водорода сточных вод должна находиться в пределах 6,0 - 8,5 дифференцированно с учетом pH почвы:

< 6,0 – pH оросительной воды 6,5 - 8,5;

> 8,0 – pH оросительной воды 6,0 - 7,5.

Поступление токсичных солей с оросительной (сточной) водой не должно приводить к превышению критического содержания водорастворимых солей в почве для сульфатного и хлоридного типов засоления, то есть 0,1 % в почве при годовом засолении, 0,25 % при сезонном засолении.

С учетом гранулометрического состава орошаемых почв предельная концентрация суммы солей в сточных водах не должна превышать:

при тяжело- и среднесуглинистом составе почв - 1 г/л (15 мг экв/л),

легкосуглинистом - 2 г/л (30 мг экв/л),

супесчаном и песчаном - 3 г/л (45 мг экв/л).

Пригодность воды для орошения на основе оценки солевого состава поливной воды с учетом оросительной нормы, используемых растениями атмосферных осадков, гранулометрического состава и водно-физических свойств почв (по величине наименьшей влагоемкости 50-сантиметрового слоя почвы) можно также определить по зависимости:

$$\frac{CHB_{50}M}{K_{2000}(M + P)} \le 1 \qquad (4.6)$$

где С - суммарное содержание токсичных солей без учета сульфата кальция и солей, содержащих ионы K^+, NH_4^+ и PO_4^{3-}, мг-экв/л;

HB_{50} - наименьшая влагоемкость почвы слоя 0-50 см, мм;

M - среднемноголетняя средневзвешенная по севообороту оросительная норма, мм;

K_{2000} = 2000 - коэффициент, учитывающий HB_{50} тяжелосуглинистых почв (200 мм) и допустимую концентрацию суммы токсичных солей 10 мг-экв/л (0,7 г/л) в аридных условиях, мм·мг-экв/л;

P - среднемноголетние годовые осадки, используемые растениями, мм.

Допустимое содержание биогенных элементов (азота, фосфора и калия) в сточной воде при использовании её на орошение определяется в зависимости от величины внесения их с оросительной нормой и не должно превышать выноса этих элементов планируемым урожаем с учетом всех видов потерь.

При орошении по дефициту водопотребления допустимая концентрация азота, фосфора и калия в поливной воде определяется по формуле:

$$C_{NPK} = \frac{100B}{Mk} \qquad (7)$$

где M - среднемноголетняя средневзвешенная по севообороту оросительная норма, мм;

B - средневзвешенная по севообороту величина выноса урожаем азота, фосфора или калия, кг/га;

k - коэффициент, учитывающий усвоение элементов питания урожаем: на почвах с низкой обеспеченностью - для азота 0,5, фосфора и калия 0,8; со средней обеспеченностью - для азота 0,6, фосфора и калия 0,85; с высокой обеспеченностью - для азота 0,8, фосфора и калия 0,9.

Вынос биогенных веществ из почвы планируемым урожаем, сроки поливов и внесения удобрений принимаются по данным сельскохозяйственных и агрохимических учреждений.

Таким образом, допустимые значения содержания химических элементов в сточных водах при их регулярном использовании на орошение и условия их использования в зависимости от типа почв орошаемого участка в целом можно представит нижеследующим образом, как представлена в таблице 1.

Таблица 1 Предлагаемые допустимые уровни содержания загрязняющих веществ в сточных водах, используемых на орошение и условия их использования

Показатели	Допустимое содержание	Рекомендации по использованию сточных вод
pH	6,0-8,5	На всех видах почв
(Na + K)/[(Ca + Mg)]/2, мг-экв/л	8	На всех видах почв
	10	На средних и легких почвах
	12	На легких по механическому составу почвах
Na + K + Ca + Mg, мг-экв/л	20	На всех видах почв
	<45	На средних и легких по механическому составу почвах при проведении одного промывного полива в год
	≤45	На средних и легких почвах. Все поливы или каждый второй должны быть промывными
	>45	На легких хорошо дренируемых почвах. Все поливы должны быть промывными
Mg:Ca	< 1,0	На всех видах почв
Азот общий N, мг/л	50-100	На всех видах почв. Орошение ведется с учетом водопотребления культур
Фосфор P, мг/л	10-30	
Калий K, мг/л	15-20	Недостаток макроэлемента восполняется минеральными удобрениями, исходя из потребности сельскохозяйственных культур

Санитарно-гигиеническая и ветеринарно-санитарная оценка качества сточных вод, используемых для орошения, проводится по микробиологическим и паразитологическим показателям.

Таблица 2 Микробиологические и паразитологические показатели качества сточных вод, используемых для орошения

Показатели качества сточной воды	Допустимое содержание в 1 л
Число ЛПК (лактозоположительные кишечные палочки)	< 10000
Патогенные микроорганизмы (по эпидпоказателям)	отсутствие
Жизнеспособные цисты кишечных простейших (дизентирийная амеба, лямблии)	1
Жизнеспособные яйца гельминтов (аскориды, власоглава, острицы, токсакар, фасциолы, тенниид, карликового цепня)	1

Успешность использования сточных вод на орошение не представляется возможным без должной организации мониторинга изменения показателей состояния как, сточной (оросительной) воды, так и почв орошаемого участка, урожая возделываемых сельхозкультур, грунтовых, дренажных и сбросных вод.

Базовую структуру такого мониторинга можно представить нижеследующим образом (таблица 3).

Таблица 3 Организация мониторинга при использовании сточных вод на орошение (рекомендуемые показатели и сроки их контроля)

N п/п	Показатели	Сточная вода	Почва	Урожай с/х культур	Грунтовая вода из скважин	Дренаж-ные воды	Поверхно стный сброс
1	Расход	во время поливов			До и после поливов	До и после поливов	во время поливов
2	pH	-"-	2 раза в год	-	-"-	-"-	1 раз в сезон
3	ХПК	-"-	-	-	-"-	-"-	-"-
4	Минерализация	-"-	2 раза в год	-	-"-	-"-	во время поливов
5	Азот общий	-"-	2 раза в год	-	-"-	-"-	-"-
6	Нитраты	-"-	2 раза в год	при сборе	-"-	-"-	-"-
7	Уровень грунтовых вод	-	-	-	1 раз в месяц	-	-
8	Минерализация грунтовых вод	-	-	-	2 раза в год	-	-
9	Нефтепродукты	во время поливов	2 раза в год		до и после поливов	2 раза в год	во время поливов
10	Колиформы общие	во время поливов	-	-	-"-	-"-	-"-

Предлагаемая структура мониторинга является необязательным для всех случаев, то есть его можно совершенствовать исходя из конкретных условий.

Таким образом, при использовании сточных вод на орошение необходимо придерживаться агромелиоративных и санитарно-экологических критериев пригодности сточной воды на орошение. При этом возможные изменения мелиоративных условий

орошаемого участка и плодородности орошаемых почв должен быть сведен к минимуму, а распространение различных инфекционных заболеваний должен быть исключен. А также использования сточных вод должен приносит дополнительный доход и сокращать воздействия сточных вод на окружающую, в частности на водную среду. Учет всех этих факторов сделает использование сточных вод на орошение успешным.

Использованная литература

1. Алекин О.А. – Основы гидрохимии. Гидрометеоиздат, Л.: 1970, 443 с.
2. Алёшина Н.И., Макарычев С.В. Использование городских сточных вод для орошения многолетних трав. /Вестник Алтайского государственного аграрного университета 10 (36), 2007, стр. 23-28.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Москва. Изд-во МГУ, 1962.
4. Гигиена сельского водоснабжения в Узбекской ССР. /Ильинский И.И. – Т.: Медицина, 1989. – 110 с.
5. Додолина, В.Т. К вопросу методики оценки пригодности сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1983. 56 с.
6. Коммунальные сточные воды и перспективы их использования в сельском хозяйстве Западной Сибири /А.В.Шуравин, Р.П.Воробьева, А.С.Давыдов и др. //Вода: экология и технол.: Тез. докл. 4-го Международ. конгр. – М.: 2000. – стр. 595-596.
7. Лев В.Т., Артукметов З.А. Сточные воды и орошение.-Т.: Мехнат, 1990.-112 с.
8. Маматов С.А. Современные тенденции изменения качества воды реки Сырдарья. Сборник научных трудов САНИИРИ, Ташкент, 2006, стр.251-258.
9. Маматов С.А., Умаров Х.У. Использование сточных вод на орошение. //Проблемы и задачи целевого и эффективного использования водных ресурсов фермерскими хозяйствами. Материалы республиканской научно-практической конференции. САНИИРИ, Ташкент, 2009, с. 28-31
10. Маматов С.А., Умаров Х.У. Использование сточных вод на орошение один из путей смягчения дефицита оросительной воды в условиях Узбекистана. //САНИИРИ на пути к интегрированному управлению водными ресурсами. Сборник научных трудов. САНИИРИ, Ташкент, 2010, с. 55-59.
11. Стандарт качества воды «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством воды» O'z DSt 950:2000, Ташкент, 2000.
12. Серикбаев Б.С., Серикбаева Э.Б. “Эффективность орошения сельхозкультур дождевыми и подземными водами”. Ташкент: «Фан» АНУз. 2006.
13. Экологическое обоснование использования городских сточных вод в орошаемом земледелии Алтайского края. /Давыдов А.С., Воробьева Р.П., Тиньгаев А.В. //Роль мелиорации и водного хозяйства в реализации национальных проектов: Материалы международной научно-практической конференции. – М.: 2008.
14. Door J., Ben-Josef N. Monitoring effluent quality in the hypertrophic wastewater reservoirs using remote sensing. – Appropr. waste Manag. Technol. Dev. Countries: Technol Pap. Present // 3rd Int. conf., Nagpur, Febr., 25-26, 1995, T 1. – Bombey, 1995. – p. 199-207.
15. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater, WHO/UNEP (Руководящие положения по безопасному использованию сточных вод и отходов жизнедеятельности человека, ВОЗ/ЮНЕП). Geneva. http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuww/en/index.html.
16. Shirokova Y., Mamatov S., Dermoyan T. The problems of pollution water-sources in the Republic of Uzbekistan. // 2nd International Toxic Algae Control Symposium. 2002. Tsukuba, Japan, p. 20-22.