



ТОО «Казахский научно-исследовательский
институт водного хозяйства»

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ



2025



УДК 631.674:631.445.1

Методика оценки влияния качества используемых водных ресурсов на мелиоративное состояние орошаемых земель

Тараз, 2025, 24 с., 8 таблиц.

Авторы: Балгабаев Н.Н., Аманбаева Б.Ш., PhD, с.н.с.; Шайдуллина Е.Г., н.с.; Джайсамбекова Р.А., зав. отделом «МиЭОТ»; Басманов А.В., с.н.с.

Адрес: 080003, РК, Жамбылская область, г. Тараз, ул. Колбасшы Койгельды, 12, КазНИИВХ

Тел.: 8 (7262) 4255540,

Факс: 8(7262) 425540

E-mail: IWRE.Nauka@yandex.kz

Методика оценки влияния качества используемых водных ресурсов на мелиоративное состояние орошаемых земель разработана на основе материалов КазНИИВХ, РГУ «Южно-Казахстанская ГГМЭ», РГУ «Кызылординская ГГМЭ». Предназначена для работников аграрного сектора и водохозяйственных организаций.

Методика рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Казахского НИИ водного хозяйства (протокол № 7 от 1 октября 2025 года).

© КазНИИВХ, 2025

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И АКТУАЛЬНОСТЬ

В Республике Казахстан с каждым годом усиливаются процессы деградации и опустынивания, снижается плодородие почвы, наблюдается снижение урожайности культур и ухудшение мелиоративного состояния орошаемых земель, связанное с изменением климатических и хозяйственных факторов.

Изменение мелиоративного состояния орошаемых земель также предопределяется качеством оросительной воды, которая, как известно ухудшается из года в год. Источником загрязнения оросительной воды являются коллекторно-дренажные и сбросные воды. Кроме того, при орошении высокоминерализованной оросительной водой на орошаемые земли поступают токсичные соли и наблюдается деградация орошаемых земель, особенно на юге Казахстана, где находятся основные площади орошаемых земель.

Документ устанавливает критерии качества используемых водных ресурсов на мелиоративное состояние орошаемых земель, с целью сохранения и повышения плодородия, а также предотвращения процессов засоления, осолонцевания, содообразования и слитизации почв.

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Методика оценки влияния качества используемых водных ресурсов на мелиоративное состояние орошаемых земель предназначены для применения на гидромелиоративных системах Южного Казахстана, где функционирует комплекс взаимодействующих инженерных сооружений и технических средств, обеспечивающих регулирование и поддержание оптимального мелиоративного режима.

Методика регламентируют требования по оценке качества используемых водных ресурсов с учётом мелиоративного и технического состояния орошаемых земель.

Настоящие методика регламентируют использование водных ресурсов исключительно для целей орошения и не применяются к системам питьевого водоснабжения и ограниченно к категории сточных вод.

2 НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Для применения методики необходимо руководствоваться законодательными актами и следующей нормативно-технической документацией:

Водный кодекс Республики Казахстан: Кодекс РК от 9 апреля 2025 г. № 178-VIII ЗРК (в ред. и доп. по сост. на 15.09.2025). – Астана: Офиц. изд., 2025.

Кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI «Экологический кодекс Республики Казахстан» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 13.08.2025 г.)

Кодекс Республики Казахстан «О недрах и недропользовании»: Кодекс РК от 27 декабря 2017 г. № 125-VI ЗРК (в ред. и доп. по сост. на 10.06.2025). – Астана Офиц. изд., 2017.

Земельный кодекс Республики Казахстан: Кодекс РК от 20 июня 2003 г. № 442 (с изменениями и дополнениями по состоянию на 15.09.2025). – Астана: Офиц. изд., 2003.

Комплексный план развития водной отрасли Республики Казахстан на 2024 – 2028 годы // Утвержден постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 августа 2024 года № 694.

ГОСТ 2.601-2006. «Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы».

ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности».

ВСН 33-2.2.12-87. «Мелиоративные системы и сооружения. Насосные станции. Нормы проектирования».

ВСН 33-2.1.05-90. «Гидромелиоративные системы и сооружения. Гидрогеологические и инженерно-геологические изыскания».

СП РК 3.04-101-2013. «Гидротехнические сооружения».

СН РК 4.01-03-2011. «Водоотведение. Наружные сети и сооружения» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 07.11.2019 г.).

3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей методике применяются следующие термины с соответствующими определениями:

Антропогенное воздействие на водные ресурсы – воздействие на водные ресурсы в результате производственно-хозяйственной деятельности человека

Баланс (водный, солевой, пищевой и др.) – количественные показатели элементов прихода и расхода воды, солей, органоминеральных соединений и питательных элементов для ограниченной территории за определенное время.

Деградация почв – процесс снижения или потери продуктивности земель, разрушения агрономической структуры, уплотнения почв и их слитизации.

Засоление почв - повышение содержания в почве легкорастворимых солей, обусловленное переносом их грунтовыми и поверхностными водами (засоление первичное) или вызванное нерациональным орошением (засоление вторичное).

Инфильтрация – процесс просачивания воды по порам в условиях неполного насыщения почв или грунта.

Коллекторно-дренажные воды - воды, профильтровавшиеся из каналов и поливных участков в дренажную сеть и стекающие по ней за пределы оросительной системы. Включают в себя ирригационный и

естественный сток. Характеризуются показателем и коэффициентом дренажного стока.

Корнеобитаемый слой – верхний метровый слой почвы, где распространяется основная масса корневой системы растений.

Мелиоративный режим – совокупность требований к управляемым факторам почвообразования, обеспечивающего получение оптимальных урожаев сельскохозяйственных культур при проведении комплексных мелиоративных мероприятий.

Мелиоративная обстановка – интегральный показатель, характеризующий состояние орошаемого массива, гидромелиоративной системы, агроучастка, севооборотного массива или поля, т. е. определенного объекта.

Минерализация вод – насыщение вод минеральными веществами (солями): пресные воды содержат до 1 г/л растворимых веществ, солоноватые - 1-5 г/л, соленые – свыше 5 г/л

Оросительный период - часть вегетационного периода от начала первого полива до окончания последнего полива сельскохозяйственной культуры.

Оросительная сеть - гидромелиоративная сеть для подвода воды от водоисточника к поливному участку.

Оросительная система - гидромелиоративная система для орошения земель.

Орошаемые земли - земли, пригодные для сельскохозяйственного использования, на которых имеется постоянная или временная оросительная сеть, связанная с источником орошения, водные ресурсы которого обеспечивают полив этих земель.

Промывки земель – мелиоративный прием по удалению избытка солей из пахотного и подпахотного горизонтов почвы промывными водами.

Солевой режим почвы – изменение во времени (годовом или многолетнем цикле) содержания солей и их качественного состава.

Солонцеватость почв - качество почв, обусловленное повышенным содержанием натрия (Na^+) и магния (Mg^{2+}) или последствиями пребывания в почвенно-поглощающем комплексе (ППК).

Физико-химические свойства почв – совокупность почвенных соединений, способных к реакциям обменного поглощения (почвенно-поглощающего комплекса).

Щелочность почв - качество почв, суммарное содержание ионов CO_3^{2-} и HCO_3^- , определяемое количеством ионов H^+ , способных нейтрализовать щелочность и выражаемое условными величинами рН.

4 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОРОСИТЕЛЬНЫХ ВОД

Качество оросительной воды воздействует, прежде всего, на систему «почвенный раствор - почвенный поглощающий комплекс» и через эту систему практически на все составляющие мелиоративного режима почв:

водный, солевой, пищевой, воздушный, тепловой и микробиологический. В сочетании с режимом орошения и комплексом агротехнических мероприятий качество оросительной воды может рассматриваться как один из основных факторов управления мелиоративным режимом почв, создания оптимальных условий для развития сельскохозяйственных культур и увеличения биологической продуктивности орошаемых земель [1]. Для обеспечения комплексной оценки качества воды для орошения следует учитывать агрономические, технические и экологические критерии:

1.1. Агрономические критерии должны определять качество воды для орошения по ее воздействию на:

- 1) урожайность сельскохозяйственных культур по валовому сбору и интенсивности развития;
- 2) качество сельскохозяйственной продукции, в особенности на формирование ее полноценности, доброкачественности и сохранности;
- 3) почвы — с целью сохранения и повышения плодородия и предотвращения процессов засоления, осолонцевания, содообразования, слитизации и нарушения биологического режима.

1.2. Технические критерии должны определять качество воды для орошения по воздействию на сохранность и эффективность эксплуатации гидромелиоративных систем и их составных частей.

1.3. Экологические критерии должны определять качество воды для орошения с учетом необходимости обеспечения безопасной санитарно-гигиенической обстановки на данной территории и охраны окружающей среды [2].

5 ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

5.1 Оценка качества используемых оросительных вод по общей минерализации

Минерализация - сумма всех растворимых в воде веществ - ионов, биологически активных элементов (исключая газы), выражается в граммах на 1 л воды. По показателю общей минерализации (М) различают: слабоминерализованные (1-2 г/л), малой (2-5 г/л), средней (5-15 г/л), высокой (15-30 г/л) минерализации, рассольные минеральные воды (35-150 г/л) и крепкорассольные (150 г/л и выше).

Пригодность воды на орошение необходимо оценивать комплексно, но в то же время индивидуально для каждого региона. Первичную оценку воды можно осуществлять по общему содержанию растворенных в ней солей [3] (таблица 1).

Таблица 1 – Оценка воды по общей минерализации

Вода	Общая минерализация, г/л
Пресная	До 1
Слабосоленоватая	1-3

Продолжение таблицы 1

Среднесолоноватая	3-10
Соленая	10-35
Рассол	>35

По преобладающим ионам минеральные воды делятся на хлоридные (Cl⁻), гидрокарбонатные (HCO³⁻), сульфатные (SO⁴⁻), натриевые (Na⁺), кальциевые (Ca²⁺), магниевые (Mg²⁺) в различных сочетаниях анионов и катионов: хлоридно-натриевые, гидрокарбонатно-натриевые, хлоридно-кальциевые, гидрокарбонатные натриево-кальциево-магниевые и т.д.

Химизм засоления воды устанавливается по соотношению анионов [3]. Наиболее широко применяемый способ определения типа засоления основан на величинах отношений одним анионов к другим (таблица 2).

Таблица 2 – Типы засоления по анионному составу

Тип засоления	Условные обозначение	Анионы, мг-экв		
		Cl- SO ²⁻ ₄	HCO ³ ₂ ² Cl-	HCO ³ ₂ ² SO ²⁻ ₄
Хлоридный	х	>3	-	-
Сульфатно-хлоридный	сх	4-1	-	-
Хлоридно-сульфатный	хе	1-0,25	-	-
Сульфатный	с	<0,25	-	-
Содовый	сд	-	>3	-
Содово-хлоридный	сдх	-	4-1	-
Хлоридно-содовый	хсд	-	1-0,25	-
Сульфатно-содовый	ссд	-	-	1-0,25
Содово-сульфатный	сдс	-	-	4-1

По наличию газов минеральные воды делятся на углекислые (CO₂)- не менее 0,5 г/л углекислого газа, азотные (N²) - не менее 18 г/л азота, сероводородные (сульфидные) (H₂S) - не менее 10 г/л свободного сероводорода.

По содержанию микроэлементов различают: железистые воды (Fe) - не менее 20мг/л железа, мышьяковистые (As) - не менее 0,7 мг/л мышьяка, кремнистые (Si) - не менее 50 мг/л кремнистой кислоты, бромистые (Br) - не менее 25мг/л брома, йодистые (I) - не менее 5 мг/л йода (часто йодобромные).

Общую минерализацию воды принято измерять солемером, однако более обширные измерения можно провести при помощи карманных приборов TDS Meter - TDS Meter EZ.

Минеральное наполнение природных вод очень разное. Есть пресные воды с минерализацией менее 1 г/дм³ и рассолы с концентрацией солей более 50 г/дм³.

Атмосферные осадки слабо минерализованы, общая минерализация дождя и снега колеблется в пределах от 10 до 30 мг/дм³. Зимой солей в осадках больше, чем в летние месяцы. Снежинка благодаря своей структуре способна захватить из воздуха большее количество примесей. В тундре и над тайгой осадки чище, так как атмосфера не загрязнена, а над пыльными пустынями и степями минерализация осадков резко возрастает. На побережьях дождь содержит больше хлоридов, чем в глубине континента, где преобладают сульфаты в виде диоксида серы.

В природных водах преобладают катионы Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} и анионы HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- . По главному аниону воды подразделяют на три класса – гидрокарбонатный, хлоридный, сульфатный.

По преобладающему катиону определяется группа вод: магниевая; натриевая; кальциевая.

Химизм засоления по анионному составу дополняется сведениями по составу катионов (таблица 3). Это особенно важно для выявления содового засоления и прогнозирования возможности осолонцевания почв при орошении и промывках [4]. Доминирующее положение среди катионов натрия при орошении или промывках приводит к осолонцеванию почв.

Таблица 3 – Химизм засоления по катионному составу.

Тип засоления	Условные обозначение	Катионы, мг-экв		
		Ca^{2+} Mg^{2+}	Na^+ Mg^{2+}	Na^+ Ca^{2+}
Кальциевый	к	>3	-	-
Магниево-кальциевый	мк	4-1	-	-
Кальциево-магниевый	км	1-0,25	-	-
Магниевый	м	<0,25	-	-
Натриевый	н	-	>3	-
Магниево-натриевый	мн	-	4-1	-
Натриево-магниевый	нм	-	1-0,25	-
Кальциево-натриевый	кн	-	-	4-1
Натриево-кальциевый	нк	-	-	1-0,25

Природные воды различного происхождения обычно имеют различный солевой состав и относятся соответственно к разным классам и группам (таблица 4).

Таблица 4 - Класс и группы природных вод

Наименование вод	Класс	Группа
подземные	сульфатный	магниевая
речные	гидрокарбонатный	кальциевая
морские, океанические	хлоридный	натриевая

Свой негативный вклад в изменение минерализации природных вод вносят промышленные сточные воды, а также городские «ливневки». Резко возрастает приток солей в реки ранней весной, когда тает снег, смешанный с противогололедным реагентом. В стоках с улиц городов показатель минерализации колеблется от 400 до 800 мг/дм³.

Под общим солесодержанием или минерализацией понимают количество находящихся в воде растворенных веществ, часть которых представлена хлоридами, сульфатами, бикарбонатами, а часть – органикой. Растворенные в воде газы при расчете общего солесодержания не учитываются.

В зарубежных литературных источниках минерализацию или показатель общего количества растворенных частиц обозначают TDS (Total Dissolved Solids).

Общую минерализацию выражают в мг/дм³ или г/дм³, а также измеряют в промилле – ‰ (1‰ соответствует 1 грамму в 1 литре). Еще результаты анализа могут быть выражены в единицах ppm от английского parts per million (частей на миллион).

Принято считать, что 1 мг/дм³ приблизительно соответствует 1 ppm.

Для расчета величины минерализации, как правило, суммируют содержания диссоциированных в воде ионов, но это лишь часть всех веществ, имеющих в воде. Не учитывается «органика» летучей природы, которая тоже может находиться в растворе. Поэтому понятия «минерализация» и «сумма ионов» не являются синонимами. Но подавляющая часть веществ, растворенных в воде, находится в диссоциированном состоянии (главные ионы). Следовательно, подсчет суммы ионов дает достаточно полное представление о минерализации воды.

5.2 Оценка качество используемых оросительных вод и состава солей (ионный состав, концентрация основных ионов)

Качество поливной воды зависит от ее химического состава. Концентрация минеральных компонентов в воде изменяется в зависимости от количества растворимых в воде ионов. Эти растворимые компоненты называются растворимыми солями. Если растворимых солей много, они могут быть вредными для растений. Наиболее распространенными растворимыми солями являются катионы: натрия (Na), кальция (Ca), магния (Mg) и калия (K), а также анионы: карбонат (CO₃), бикарбонат (HCO₃), хлорид (Cl), сульфат (SO₄) и нитрат (NO₃). Общий уровень растворимой соли определяется по показателю электропроводности [5,6]. Поскольку катионы заряжены положительно, а анионы заряжены отрицательно, они будут производить электрический ток.

Состояние орошаемых земель во многом зависит от минерализации и качественного состава солей поверхностных и грунтовых вод. Поэтому эколого-мелиоративная оценка орошаемых территорий требует установления, прежде всего, степени и химизма засоления воды и сравнения их с ПДК (предельно-допустимыми концентрациями).

Пригодность воды на орошение сельскохозяйственных культур оценивается по следующим показателям:

- опасности засоления почв;
- опасности осолонцевания почв;
- токсичности отдельных ионов.

Для характеристики качества поливной воды определяются:

- общее содержание солей;
- количественные показатели анионов;
- количественные показатели катионов;
- различные соотношения ионов;
- наличие соды;
- токсичные и нетоксичные соли.

В орошаемом земледелии необходимо уделять особое внимание солям, которые определяют плодородие почв и образуются при соединении ионов: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} . Перечисленные ионы образуют следующие соли: хлориды - NaCl , MgCl_2 , CaCl_2 , сульфаты - Na_2SO_4 , MgSO_4 , CaSO_4 ; бикарбонаты - NaHCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, соду - Na_2CO_3 .

По характеру влияния солей на рост и развитие сельскохозяйственных культур они делятся на вредные (токсичные) и безвредные (нетоксичные). Л.П. Розов [7] в состав вредных солей включает хлориды, сульфаты, карбонаты, бикарбонаты натрия и магния. Соли кальция, за исключением хлористого кальция (CaCl_2), относят к безвредным. Степень их токсичности прямо пропорциональна растворимости. В.А. Ковда [8] по степени вредности располагает соли в следующей последовательности:



По преобладающему аниону (в эквивалентах) в химическом составе природные воды делятся на три класса: гидрокарбонатные и карбонатные ($\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$), сульфатные (SO_4^{2-}) и хлоридные (Cl^-). Каждый из этих классов делится на три группы по преобладающему катиону: кальциевую, магниевую и натриевую.

Химизм засоления воды устанавливается по соотношению ионов среди анионов и может дополняться таким же соотношением ионов катионной части [9]. Это особенно важно для выявления содового засоления и прогнозирования возможности осолонцевания почв при орошении и промывках. Доминирующее положение среди катионов натрия при орошении или промывках приводит к осолонцеванию почв.

5.3 Оценка оросительных вод по степени опасности засоления почвы

Для оценки опасности воды по степени засоления почв рекомендуется классификация, в основу которой положены общая концентрация солей [10]. Качество оросительной воды зависит не только от общей минерализации и

содержания аниона хлора, но и во многом предопределяется отношением ионов хлора к сульфатам ($\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$). От этого зависят темпы накопления солей в почвогрунтах, размеры оросительных или промывных норм и условия их применения [11] (таблица 5).

Таблица 5 – Классификация качества воды и условия применения

Группа по качеству	Градация качества воды	Содержание солей, г/л при отношении $\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$						Условия применения
		до 0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0	1,0-1,2	
1	Хорошее	$\frac{<1,0}{<0,05}$	$\frac{<0,8}{<0,1}$	$\frac{<0,6}{<0,1}$	$\frac{<0,4}{<0,1}$	$\frac{<0,3}{<0,1}$	$\frac{<0,2}{<0,1}$	Можно использовать много лет без специальных мероприятий по предупреждению накопления солей
2	Удовлетворительное	$\frac{1,0-2,5}{0,05-0,2}$	$\frac{0,8-2,0}{0,1-0,25}$	$\frac{0,6-1,5}{0,1-0,3}$	$\frac{0,4-1,0}{0,1-0,3}$	$\frac{0,3-1,0}{0,1-0,3}$	$\frac{0,2-0,6}{0,1-0,3}$	Необходимо использовать при высокой дренированности (искусственной или естественной) территории ежегодными профилактическими поливами, предупреждающими постепенное накопление солей
3	Слабодовлетворительное	$\frac{2,5-6,0}{0,2-0,5}$	$\frac{2,0-5,0}{0,25-0,8}$	$\frac{1,5-4,0}{0,3-0,9}$	$\frac{1,0-3,5}{0,25-1,0}$	$\frac{1,0-3,0}{0,3-1,1}$	$\frac{0,6-2,5}{0,3-1,1}$	Можно использовать при весьма высокой дренированности территории с ежегодными промывками и преимущественно на легких почвах
4	Плохое	$\frac{>6,0}{>0,5}$	$\frac{>5,0}{>0,8}$	$\frac{>4,0}{>0,9}$	$\frac{>3,5}{>1,0}$	$\frac{>3,0}{>1,1}$	$\frac{>2,5}{>1,1}$	Практически не пригодны для орошения, но в исключительных случаях (на легких почвах с дренажем) в пределах, не превышающих нормы солеустойчивости и с учетом фазы развития растений, можно использовать в конце вегетации

Примечание: числитель – общая минерализация воды, г/л; знаменатель – содержание хлора, соответствующее данной минерализации, г/л.

5.4 Оценка оросительной воды по опасности осолонцевания почвы

Осолонцевание почвы – это процесс внедрения в почвенный поглощающий комплекс (ППК) натрия. Чем больше натрия среди других обменных катионов ППК, тем выше солонцеватость почвы. Отрицательное действие солонцеватости заключается в том, что органоминеральная масса почвы, содержащая натрий, становится более гидрофильной, т.е. способной в большем количестве связывать воду. При этом увеличивается набухание почвы во влажном состоянии, а при усыхании – образуются глыбы и крупные трещины. Почвенные коллоиды становятся более растворимыми, более подвижными [12]. Оценку оросительной воды по опасности осолонцевания почвы устанавливают по общему содержанию солей и натриевому показателю, который рассчитывается по формуле: где, Na, Ca, Mg – содержание ионов в оросительной воде в мг-экв/л. Класс воды по степени опасности осолонцевания почв определяется по натриевому показателю (PNa) и минерализации воды.

Высокое содержание катионов натрия в минерализованной воде при использовании её на орошение вызывает осолонцевание почвы, что негативно сказывается на развитие сельскохозяйственных культур. Для

оценки влияния качества воды на осолонцевание почвы разработаны различные методы.

Распространенной формулой для определения пределов использования минерализованных вод на орошение по ирригационному коэффициенту является зависимость, разработанная И.Н. Антиповым-Каратаевым и Г.М. Кадером [13]:

$$K = \frac{Ca + Mg}{Na + 0,23C}; \quad (1)$$

где: С - минерализация воды, г/л;

Ca, Mg, Na - содержание катионов в воде, мг-экв.

При $K > 1$ осолонцевания почвы не происходит, $K < 1$ вода считается непригодной для орошения.

На процессы осолонцевания почв влияет и бикарбонат натрия в оросительной воде, который осаждая катионы кальция и в несколько меньшей степени магния, нарушает катионное равновесие и увеличивает опасность натриевого засоления. Оценка проводится по величине ОКН (остаточного карбоната натрия), определяемого по разности между щелочностью и суммой ионов кальция и магния [14]:

$$\text{ОКН} = (\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}); \quad (2)$$

При $\text{ОКН} > 2,5$ мг-экв/л - вода для орошения не пригодна;

$\text{ОКН} = 1,25-2,5$ мг-экв/л - ограниченно пригодна;

$\text{ОКН} < 1,25$ мг-экв/л - пригодна.

5.5 Оценка качества используемых оросительных вод по опасности осолонцевания на основе расчета натриевого равновесия (коэффициента SAR)

За рубежом оценку оросительной воды по опасности осолонцевания проводят на основе расчета натриевого равновесия (SAR). где $[\text{Na}^+]$, $[\text{Mg}^{2+}]$, $[\text{Ca}^{2+}]$ – содержание соответствующих катионов в оросительной воде в мг-экв./л Данная формула основана на том положении, что при превышении концентрации натрия над двухвалентными катионами возникает опасность вытеснения им кальция из поглощающего комплекса и замена на натрий. При этом может произойти осолонцевание почвы с резким ухудшением ее водно-физических свойств [15].

Для оценки качества оросительной воды по опасности осолонцевания почв определяют натриевое адсорбционное отношение (SAR):

$$\text{SAR} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}; \quad (3)$$

Если $SAR < 10$ - опасность осолонцевания почв малая;
 $SAR = 10-18$ - средняя;
 $SAR = 18-26$ - высокая;
 $SAR > 26$ - очень высокая.

Для оценки качества воды в США предложено определять натриевое адсорбционное отношение (SAR^*), учитывая дополнительный эффект от наличия в почве кальция:

$$SAR^* = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} [1 + (8,4 - pH_c)]; \quad (4)$$

где 8,4 – приблизительный pH безнатриевой почвы в зависимости от содержания карбоната кальция ($CaCO_3$);

$$pH_c = (pK_2 - pK_c) + (Ca + Mg) + pAl_k; \quad (5)$$

K_2 , K_c - вторая константа распада H_2CO_3 с константой растворимости $CaCO_3$ соответственно;

$(Ca + Mg)$ и $(CO_3 + HCO_3)$ – грамм-молекулярная концентрация соответствующих ионов;

p - относится к отрицательному логарифму.

Если $SAR^* < 6$ - осолонцевания почвы не происходит;

$SAR^* = 6-9$ - возможно накопление катионов натрия в ППК (почвенно поглощающем комплексе);

$SAR^* > 9$ - происходит осолонцевание.

5.6 Оценка качества используемых оросительных вод по опасности магниевое осолонцевания почв

Повышенное содержание катионов магния в оросительной воде оказывает вредное влияние на химические свойства почв [15]. Оценка влияния магния осуществляется определением процентного содержания магния от его отношения к сумме катионов кальция и магния:

$$Mg^* = 100 \frac{Mg}{Ca + Mg}, \quad (6)$$

Определенный по данной формуле магний оказывает вредное влияние на почву, если его процентное содержание выше 50%.

5.7 Оценка качества используемых оросительных вод по опасности содообразования

Важная характеристика качества оросительных вод – щелочность. Щелочность – это способность жидкости (воды) нейтрализовать кислоты, отражающая содержание в ней веществ, способных взаимодействовать с

ионами водорода (H^+), таких как гидроксиды (OH^-), карбонаты (CO_3^{2-}) и гидрокарбонаты (HCO_3^-). Это понятие отличается от водородного показателя pH, который указывает на кислотность или щелочность среды, но не на ее способность поглощать кислоты.

По значениям водородного показателя (pH) оценивается щелочность воды (таблица 6).

Таблица 6 – Оценка щелочности

Вода	pH
Нейтральная	6,5-7,9
Слабощелочная	8,0-8,5
Сильнощелочная	8,6-9,0
Очень сильно щелочная	>9,0

В результате осаждения кальция и магния в щелочной среде соотношение катионов изменяется в пользу натрия, усиливается осолонцовывающее влияние поливной воды [1].

Опасность содового засоления почв оценивается по содержанию в воде нормальной соды - Na_2CO_3 .

Если $Na_2CO_3 < 0,3$ мг-экв/л - вода безопасна для орошения;

$Na_2CO_3 = 0,3-0,6$ мг-экв/л - пригодна для орошения;

$Na_2CO_3 > 0,6$ мг-экв/л – непригодна для орошения без внесения мелиорантов.

По сумме анионов в соотношении ($Cl^- + \frac{1}{2} SO_4^{2-}$) воду рекомендуется применять на почвах с различной водопроницаемостью:

3 - 7 мг-экв/л - низкой;

3 - 15 мг-экв/л - средней;

5 - 20 мг-экв/л - хорошей.

5.8 Общая оценка оросительных вод по содержанию токсичных солей

По характеру и степени воздействия оросительной воды на почвы выделено 4 класса качества оросительной воды, отражающие опасность развития процессов общего засоления и натриевого и магниевого осолонцевания и содообразования. По характеристике засоления выделен отдельно 5 класс воды. Применение оросительной воды I класса не имеет ограничений, использование воды II, III, IV классов обусловлено ограничениями, количество которых возрастает к IV классу, вода V класса не пригодна для орошения.

I класс – Оросительная вода не оказывает неблагоприятные влияния на плодородие и урожайность и качество сельскохозяйственной продукции, поверхностные и подземные воды. Не требуется ограничения состава сельскохозяйственных культур.

II класс – Оросительная вода не оказывает неблагоприятного влияния на качество сельскохозяйственной продукции, поверхностные и подземные воды. При недостаточной дренированности возможно засоление почв; снижение урожайности культур слабой солеустойчивости до 5-10 %.

III класс – Оросительная вода оказывает неблагоприятное влияние на плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур; снижение урожайности культур слабой и средней солеустойчивости до 10-25 %. Без предварительной мелиорации воды и почв неизбежно развитие процессов засоления, натриевого и магниевого осолонцевания и содообразования почв. Необходимо регулирование pH оросительной воды, обогащение кальцием.

IV класс – Оросительная вода оказывает неблагоприятное влияние на плодородие почв, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции; снижение урожайности культур слабой и средней солеустойчивости до 20-50 %. Требуется мелиорация почв и воды.

V класс – вода не пригодна для орошения [1].

6 ПРОВЕДЕНИЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ ВОД

Для проведения оценки влияния качества используемых водных ресурсов на мелиоративное состояние орошаемых земель по данной методике были выбраны почвенно-мелиоративные участки с типичностью почв в п. Мырзакент Мактаральском районе Туркестанской области.

В периоды весна, лето, осень были отобраны пробы воды на химический анализ в п. Мырзакент Мактааральского района, по результатам химической лаборатории «Качества воды» ТОО «КазНИИВХ» были определены ионный состав и качественный состав солей оросительных вод (таблица 7, 8).

Вода в оросительном канале имеет высокую минерализацию, которая значительно колеблется по сезонам, достигая критически высоких значений весной. По совокупности показателей вода является проблемной для орошения и требует строгого контроля режима полива и специальных мелиоративных мероприятий для предотвращения засоления и осолонцевания почв.

На протяжении всего вегетационного периода наблюдается значительное превышение допустимой нормы общей минерализации (1,5 г/л). Особую тревогу вызывает весенний период, когда содержание солей достигает 21,41 г/л, что классифицирует воду как непригодную для полива. В летний и осенний сезоны минерализации остается на высоком уровне (7,74 и 7,52 г/л соответственно), что указывает на устойчивую нагрузку засоления на орошаемые земли.

В весенний и осенний периоды зафиксировано повышенное относительное содержание ионов магния, что при длительном использовании такой воды может способствовать ухудшению физических свойств почвы, делая её более плотной и снижая водопроницаемость.

Таблица 7 – Ионный состав и оценка качества воды оросительного канала п. Мырзакент Мактааральского района

Место отбора	Время отбора	Анионы				Катионы			Показатели						
		CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺⁺ K ⁺	C (сумма солей)	K	SAR	OKH (RSC)	Mg*	pH	
Оросительный канал, п. <u>Мырзакент</u>	весна	0,007 0,240	0,229 3,760	0,094 2,640	0,641 13,36	0,324 16,20	0,012 1,00	0,064 2,801	1,371	21,41	0,95	-13,2	58,0	8,27	
	лето	0,002 0,080	0,205 3,360	0,287 8,080	0,207 4,320	0,124 6,200	0,061 5,00	0,107 4,640	0,993	7,74	1,96	-7,76	44,6	8,03	
	осень	0,010 0,160	0,205 3,36	0,315 8,88	0,131 2,72	0,108 5,40	0,087 7,20	0,058 2,52	0,914	7,52	1,00	-9,08	57,1	8,01	
		Нормы показателей качества воды:													
										<1,5 г/л	K < 1	SAR < 10	RSC < 0	< 50%	6,5 < 8,5

Положительными моментами являются низкий коэффициент адсорбции натрия (SAR), что свидетельствует о минимальном риске осолонцевания почв, и отрицательные значения остаточной карбонатной натрия (ОКН), исключая риск карбонатного засоления. Водородный показатель (рН) находится в пределах установленной нормы.

Использование воды из данного канала для орошения требует применения специальных мелиоративных мероприятий. Необходимо воздерживаться от полива в весенний период, отдавая предпочтение летнему и осеннему сезонам, и выращивать исключительно солеустойчивые культуры. Для предотвращения прогрессирующего засоления земель обязательными являются проведение промывных поливов и наличие эффективной дренажной системы для отвода солей.

Таблица 8 – Качественный состав солей оросительных вод

Место отбора	Время отбора	Нетоксичные соли			Токсичные соли					Сумма солей
		$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	CaSO_4	сумма	Na_2CO_3	MgSO_4	MgCl_2	NaCl	сумма	
Оросительный канал, п. Мырзакент	весна	<u>0,303</u> 22,0	<u>0,858</u> 62,10	<u>1,161</u> 84,10	<u>0,012</u> 0,86	<u>0,055</u> 3,98	<u>0,004</u> 0,28	<u>0,149</u> 10,78	<u>0,220</u> 15,90	<u>1,381</u> 100
	лето	<u>0,232</u> 24,45	<u>0,196</u> 20,65	<u>0,428</u> 45,10	<u>0,001</u> 0,11	<u>0,089</u> 9,38	<u>0,166</u> 17,49	<u>0,265</u> 27,92	<u>0,521</u> 54,90	<u>0,949</u> 100
	осень	<u>0,273</u> 30,04	<u>0,141</u> 15,51	<u>0,414</u> 45,55	<u>0,009</u> 0,99	<u>0,049</u> 5,39	<u>0,339</u> 37,29	<u>0,098</u> 10,78	<u>0,495</u> 54,45	<u>0,909</u> 100

Опасность содового засоления почв оценивается по содержанию в воде нормальной соды - Na_2CO_3 . В оросительной воде п.Мырзакент во всех трех отборах воды присутствует Na_2CO_3 , но не значительных количествах, $\text{Na}_2\text{CO}_3 < 0,3$ мг-экв/л - вода безопасна для орошения.

Качества используемых вод в оросительной системе Мактааральского района, показали, что вода пригодна для орошения, но требует строгого контроля. Основной риск связан не с засолением или натриевой опасностью, а с высоким содержанием магния, которое может приводить к уплотнению почвы и ухудшению ее структуры[16-21]. Ключевыми мерами являются регулярное гипсование полей для улучшения физических свойств почвы и обеспечение эффективного дренажа для предотвращения накопления солей. Необходим постоянный мониторинг состояния почв.

Необходимо внедрение специальных мелиоративных мер:

- Обязательное гипсование для улучшения почвенной структуры.
- Обеспечение эффективного дренажа для вымывания солей.
- Ограничение использования для полива чувствительных культур.
- Постоянный мониторинг засоленности и физических свойств почвы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Республике Казахстан с каждым годом усиливаются процессы деградации и опустынивания, снижается плодородие почвы, наблюдается снижение урожайности культур и ухудшение мелиоративного состояния орошаемых земель, связанное с изменением климатических и хозяйственных факторов.

На основе многолетних исследований КазНИИВХ и данных РГУ «Южно-Казахстанская ГГМЭ», РГУ «Кызылординская ГГМЭ» осуществлена оценка водных ресурсов бассейна рек Сырдарья, установлено их влияние на темпы и направленность протекания эколого-мелиоративных процессов, по результатам исследования разработана методика оценки влияния качества используемых водных ресурсов на мелиоративное состояние орошаемых земель.

Данную методику можно использовать для определения влияния качества используемых вод на мелиоративное состояние орошаемых земель юга Казахстана.

Список использованных источников

- 1 Соцкова Л.М., Сирик В.Ф., «Водное хозяйство» Учебное пособие для ВУЗов – Симферополь: Таврический гуманитарно-экологический институт 2011 г. – 252 с., ил
- 2 Текст ГОСТ 17.1.2.03-90 Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения.
- 3 Легостаев В.М. Использование вод повышенной минерализации на орошение. - Ташкент, 1961.
- 4 Рекомендации по оценке качества оросительных и грунтовых вод в бассейне рек Аса-Талас и снижению размеров водоотведения / Тараз: ИЦ «Аква», 2008. – 25 с., 1 рисунок, 18 таблиц.
- 5 Безднина С.Я. Принципы и методы оценки качества воды для орошения // Мелиорация и водное хозяйство, 1989, №8. – С. 23-24.
- 6 Стеблер И. Требование к качеству оросительных вод // Водное хозяйство. – Киев, 1965. №1. – 163 с.
- 7 Розов Л.П. Мелиоративное почвоведение. – М.: Сельхозгиз, 1956. - 440 с.
- 8 Ковда В.А. Проблема использования минерализованных вод. – Сб.научн.тр. ВО Союзводпроект, №53.- М.,1980.
- 9 Кац Д.М. Контроль режима грунтовых вод на орошаемых землях. – М.: Колос,1967. – 183 с.
- 10 Ковда В.А. Проблемы борьбы с опустыниванием и засолением орошаемых почв. – М.: Колос,1984. – 302 с.
- 11 Якубов Х. И., Усманов А.У., Броницкий Н.И. Руководство по использованию дренажных вод на орошение сельскохозяйственных культур и промывки засоленных земель. – Ташкент: САНИИРИ, 1982. – 77 с.
- 12 Мелиоративное земледелие: метод.указания к лабораторным и практическим занятиям для бакалавров по направлениям «Агрономия» и «Садоводство»/ В.П. Василько и др. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 95 с.
- 13 Антипов-Каратаев И.Н., Кадер Г.М. К мелиоративной оценке воды, имеющей щелочную реакцию // Почвоведение, 1961, №3. - С. 53-65.
- 14 Койбаков Б.М. Орошение в северном и центральном Казахстане. - Алматы: Интеллсервис, 2000. – 248 с.
- 15 Зайдельман Ф.Р., Смирнова Л.Ф., Шваров А.П., Никифорова А.С. 3-17 Практикум по курсу «Мелиорация почв». М.: Издательство Московского университета. – 2002. – 52 с.
- 16 Боровский В.М. Генезис и мелиорация почв Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1989. – 230 с.
- 17 Качинский, Н.А. (ред.). Методы исследования физических свойств почв. — М.: Наука, 1973.
- 18 Вышпольский Ф.Ф., Мухамеджанов Х.В. Технология водосбережения и управления почвенно-мелиоративными процессами при орошении. – Тараз, 2005. – 162 с.
- 19 Шабанова, Н.П. Мелиоративное почвоведение. — М.: КолосС, 2008.
- 20 Richards, L.A. (Ed.). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. — USDA Agriculture Handbook No. 60. — Washington: United States Department of Agriculture, 1954.
- 21 Rhoades, J.D., Kandiah, A., Mashali, A.M. The Use of Saline Waters for Crop Production. — FAO Irrigation and Drainage Paper No. 48. — Rome: FAO, 1992.

Содержание

	ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И АКТУАЛЬНОСТЬ	
1	ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	3
2	НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ	3
3	ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	4
4	КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОРОСИТЕЛЬНЫХ ВОД	5
5	ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ	6
5.1	Оценка качества используемых оросительных вод по общей минерализации	6
5.2	Оценка качество используемых оросительных вод и состава солей (ионный состав, концентрация основных ионов)	9
5.3	Оценка оросительных вод по степени опасности засоления почвы	10
5.4	Оценка оросительной воды по опасности осолонцевания почвы	11
5.5	Оценка качества используемых оросительных вод по опасности осолонцевания на основе расчета натриевого равновесия (коэффициента SAR)	12
5.6	Оценка качества используемых оросительных вод по опасности магниевого осолонцевания почв	13
5.7	Оценка качества используемых оросительных вод по опасности содообразования	13
5.8	Общая оценка оросительных вод по содержанию токсичных солей	14
6	ПРОВЕДЕНИЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ ВОД	15
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	18
	Список использованных источников	19

Для заметок

Для заметок

