

$$\omega_{\text{нас}} = 0,55h^{0,33}, \quad (1)$$

$$V^* = K_{\phi} (\omega_{\text{нас}})^c = 3,6(\omega - \text{НВ}/\text{п} - \text{НВ})^{2,5}. \quad (2)$$

Подставив соотношение (1) в зависимость (2), получим уравнение, соответствующее закону просачивания А. Н. Костякова:

$$V^* = 0,80h^{0,8}.$$

Значение K_{ϕ} теоретически равно скорости установившейся инфильтрации при полном заполнении водой пор зоны аэрации, но поскольку под каналами всегда есть заземленный воздух и $\omega_{\text{нас}} < 1,0$ [6], реальная водопроницаемость пород под каналами не может достигать K_{ϕ} . Считаем более надежным в качестве характеристики водопроницаемости пород зоны аэрации использовать коэффициент инфильтрации А. Н. Костякова, равный скорости установившейся инфильтрации при напоре 1,0 м.

Выводы

1 Потери воды из оросительных каналов при напоре более 1,0 м после завершения этапа капиллярного впитывания начинают возрастать вследствие увеличения водопроницаемости породы. Скорость неустановившейся инфильтрации увеличивается до наступления равновесной влажности, определяемой величиной напора.

2 Скорость установившейся инфильтрации подчиняется закону просачивания А. Н. Костякова, отражающему влияние напора на равновесную влажность.

3 Для характеристики водопроницаемости пород зоны аэрации рекомендуем использовать скорость установившейся инфильтрации при напоре 1,0 м (коэффициент инфильтрации).

Список использованных источников

1 Костяков, А. Н. Основы мелиораций / А. Н. Костяков. – М.: Сельхозгиз, 1938. – 732 с.

2 Макарычева, Е. А. О точности определения потерь воды из оросительных каналов / Е. А. Макарычева // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 5. – С. 38–40.

3 Аверьянов, С. Ф. Зависимость водопроницаемости почвогрунтов от содержания в них воздуха / С. Ф. Аверьянов // Доклады АН СССР. – М., 1949. – Т. 69, № 2.

4 Robinson, A. R. Measuring Seepage from Irrigation Canals / A. R. Robinson, C. Roher. – Washington, 1959.

5 Мочалов, И. П. Влияние величины напора на интенсивность фильтрации в условиях слоистой толщи грунтов / И. П. Мочалов, Ю. А. Клинов // Материалы науч.-практ. конф. молодых специалистов водохозяйственных проектных и науч.-исследовательских ин-тов. – М.: ЦБНТИ, 1966. – Т. 1.

6 Денисов, Н. Я. К методике определения водопроницаемости неводоносных грунтов при инфильтрации из шурфов / Н. Я. Денисов. – Ростов н/Д.: Азово-Черноморское изд-во, 1936. – 48 с.

УДК 631.6

С. Уринбаев, Ф. А. Бараев

Ташкентский институт ирригации и мелиорации, Ташкент, Республика Узбекистан

СМЯГЧЕНИЕ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ С ПРИВЛЕЧЕНИЕМ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНЫХ ВОД В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

В статье приведены результаты научных исследований по безопасному привлечению минерализованных вод для орошения подверженных засолению земель, выполненных в Узбекистане. Даны рекомендации по использованию подземных и коллектор-

но-дренажных вод для орошения хлопчатника, бахчевых и других сельскохозяйственных культур в зависимости от гранулометрического состава орошаемых почв.

Ключевые слова: возделывание сельскохозяйственных культур в условиях орошения, подземные и коллекторно-дренажные воды, степень минерализации поливной воды, засоление почв, токсичные соли.

Согласно бассейновым схемам, устанавливающим лимиты водных ресурсов в республиках Центральной Азии, в Узбекистане для орошения может быть использовано 7,8 млрд м³ коллекторно-дренажных вод. По данным НИИИВП (бывшего САНИИРИ – Среднеазиатского научно-исследовательского института ирригации), в республике может быть использовано для нужд орошения 3,4 млрд м³ коллекторно-дренажных (грунтовых) вод. Данный объем устанавливался экспертным путем. Однако научного обоснования этого объема и тем более предложений по технической организации забора коллекторно-дренажных (грунтовых) вод в то время не было; нет и сейчас. В основном грунтовые воды использовались при откачке вертикальным дренажем с помощью небольших передвижных насосных станций, устанавливаемых на коллекторах [1].

Вопрос использования минерализованных грунтовых вод для орошения весьма непрост как с научной, так и с технической точки зрения.

В конце 1980-х гг. водные ресурсы в Республике Узбекистан были практически исчерпаны. Одним из мероприятий водосберегающего комплекса было увеличение объема внутриконтурного использования коллекторно-дренажных вод для орошения. В то время для орошения сельскохозяйственных культур использовалось 1,4 млрд м³ коллекторно-дренажных вод.

При использовании минерализованных грунтовых вод и глубине их залегания менее 3,0 м стабильность водно-солевого режима в зоне аэрации поддерживается регулированием объема водоподачи при условии удовлетворительного технического состояния системы горизонтального или вертикального дренажа, так как при подъеме грунтовых вод увеличивается их испарение и транспирация растениями, что приводит к накоплению солей в почве зоны аэрации. Для создания нисходящих токов воды в зоне аэрации требуется увеличение подачи пресной поливной воды. С поливной водой при минерализации ее 1,0 г/дм³ в период вегетации в грунты вносится около 6–10 т/га солей. Если поливать грунтовыми или смешанными водами с минерализацией 2,0 г/дм³, объем поступления солей увеличится до 12–20 т/га. При неизменности водоподачи через 3–4 года почвы могут перейти из разряда незасоленных или слабозасоленных в средnezасоленные и хуже [2, 3].

При слабом контроле за мелиоративным режимом повторное засоление может возникнуть очень быстро. При использовании минерализованных грунтовых вод степень риска засоления многократно возрастает. И если повторное засоление может произойти относительно быстро, то для рассоления почв потребуются годы и даже десятилетия.

В связи с этим использование минерализованных грунтовых вод (выше 3,5–4,0 г/дм³ по плотному остатку) для орошения возможно только при соблюдении следующих условий:

- обязательное смешение с пресной водой;
- при глубине горизонтального дренажа менее 3,0 м и глубине грунтовых вод 2,0 м и выше – только при специальных расчетах, подтвержденных научно-производственными исследованиями;
- усиленный контроль за водно-солевым режимом с увеличением количества отбора проб грунта и гидрометрических пунктов.

Таким образом, в настоящее время и в ближайшей перспективе от необдуманного и не обоснованного научно использования минерализованных грунтовых вод следу-

ет воздержаться и идти на это только там, где повышение водообеспеченности не может быть достигнуто другими методами, или в местах с пресными грунтовыми водами.

Слабоминерализованные грунтовые воды, безусловно, если это технически возможно и недорого, следует использовать в широких масштабах. Так, например, в южной части Дальверзинской степи Ташкентской области коллекторно-дренажный сток используется почти полностью.

Теперь о технической стороне возможного внутриконтурного использования грунтовых вод в местах их формирования. В 1980-х гг. некоторые ученые рекомендовали в целях улучшения экологического положения повсеместное и полное использование коллекторно-дренажных вод. В то время на орошение использовалось 2,2 млрд м³ подземных вод и 1,4 млрд м³ коллекторно-дренажных вод.

Сейчас в первую очередь необходимо восстанавливать перехватывающие ряды скважин вертикального дренажа. Определение новых «регионов» возможного и полезного использования грунтовых вод, не найденных в то время, когда этим специально занимались все проектные и научно-исследовательские организации в республике, в современных условиях ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель является весьма сложной задачей. Для этого необходимы специальные исследования по каждой области и району.

Наилучшие результаты по внедрению вертикального дренажа были получены в Сырдарьинской, Бухарской и Ферганской областях [4].

С технической и экономической точки зрения наиболее целесообразно устройство насосных станций на межхозяйственных и магистральных коллекторах в местах их пересечения или сближения с относительно крупными оросительными каналами. Однако таких идеальных условий, к сожалению, не много. Были предложения об устройстве насосной станции на Центральном Голодностепском коллекторе (ЦГК) с подачей воды в центральную ветку Южного Голодностепского канала (ЦВ ЮГК). Можно было подать до 20 м³/с, но протяженность напорного трубопровода составила бы около 10 км. Учитывая, что минерализация в ЮГК в июле – сентябре без разбавления достигает 2,0–2,5 г/дм³, подавать в нее еще и коллекторно-дренажную воду с минерализацией до 5,0–6,0 г/дм³ и другими биологическими компонентами явно нецелесообразно со всех точек зрения.

Таким образом, для орошения сельскохозяйственных культур рядом ученых и специалистов рекомендуется учитывать в качестве основного показателя, ограничивающего использование минерализованных вод, повышенное содержание токсичных солей. В зависимости от гранулометрического состава допустимая минерализация поливной воды составит для почв (Глухова):

- легкосуглинистых – 4,0 г/дм³, в т. ч. 2,5–3,0 г/дм³ токсичных солей;
- супесчаных и песчаных – 5,0 г/дм³, в т. ч. 3,5–4,0 г/дм³ токсичных солей.

Необходимо по возможности разбавлять соленые воды до слабой минерализации (до 3,0 г/дм³) добавлением оросительных.

В минерализованных водах наиболее токсичными солями являются хлориды. Концентрация их в водах должна быть не более:

- для легкосуглинистых почв – 0,4 г/дм³;
- для супесчаных и песчаных почв – 0,5–0,7 г/дм³.

В поливных водах обязательно должны присутствовать соли кальция, в том числе гипс, как источники этого элемента для сельскохозяйственных культур и соединения, создающие физиологически уравновешенный почвенный раствор. Соли кальция противостоят поступлению натрия в почвенно-поглощающий комплекс, что имеет практическое значение для легкосуглинистых почв.

Дренажные воды часто содержат значительные количества элементов питания

растений – азота и калия. Содержание их необходимо учитывать при определении норм минеральных удобрений.

Основным мероприятием, которое регулирует засоление почв, орошаемых солеными водами, является поливной режим. При традиционном бороздковом поливе он должен быть промывным. При глубоком залегании грунтовых вод происходит очень интенсивное вымывание солей, особенно хлора. Превышение фактических поливных норм над рассчитанными по дефициту должно увеличиваться с 20 до 50 % с увеличением минерализации от 2,0 до 5,0 г/дм³. Нормы могут быть увеличены еще больше при сильной фильтрации почв и связанных с этим трудностях с распределением воды по полю. Наиболее перспективные для возделывания кормовые культуры – кукуруза, сорго, люцерна и суданская трава.

Большое внимание должно уделяться спланированности поверхности поля. Планировка должна вестись очень осторожно небольшими участками для предотвращения развевания песчаных почв. Спланированные почвы следует по возможности быстрее занимать посевами. На освоенных почвах, занятых пропашными культурами, необходимо предусматривать противодефляционные мероприятия.

В зимне-осенний период следует давать промывной (влагозарядковый) полив с целью глубокого удаления солей, накопившихся за вегетационный период. Желательно, чтобы промывная вода была слабоминерализованной. Норма полива – 2–4 тыс. м³/га.

Учитывая низкий уровень плодородия пустынных песчаных почв, следует предусматривать специальную систему их удобрения. Для обогащения этих почв органическим веществом рационально делать посевы «зеленых удобрений». Кроме удобрительной ценности они будут иметь еще и противодефляционное значение. По возможности в эти почвы нужно вносить органические удобрения (навоз, компосты и др.).

Все орошаемые песчаные почвы требуют внесения минеральных удобрений. С учетом большой подвижности нитратов и во избежание значительных потерь азота следует использовать для удобрения этих почв мочевины и сульфат аммония. Последний является также источником серы для песчаных почв, обычно бедных этим элементом. Вносить его следует перед посевом и в подкормки. Для песчаных почв наиболее подходящими следует признать кальцийсодержащие формы фосфорных удобрений – суперфосфат и преципитат.

Специалистами института «Узсувлойдиха» не рекомендуются поливы сельскохозяйственных культур водой с минерализацией более 2,5 г/дм³, что подтверждается расчетами водно-солевых балансов в проектах мелиоративного улучшения земель, реконструкции орошаемых земель и др., выполненными отделом дренажа института.

Учеными НИИИВП совместно с другими организациями были проведены исследования и даны рекомендации по использованию для орошения дренажных и подземных вод в Сырдарьинском районе Сырдарьинской области, который находится в северо-восточной части Голодной степи и в маловодные годы испытывает дефицит оросительной воды. Сейчас этот дефицит еще более обострился из-за искусственных маловодий, создаваемых изменением режима работы Токтогульского водохранилища в Кыргызстане. Наибольший дефицит воды приходится на конец июля, август, сентябрь, и в эти месяцы он может быть компенсирован за счет использования подземных и грунтовых вод.

Орошаемые земли Сырдарьинского района расположены на 1, 2, 3-й надпойменных террасах р. Сырдарья и в Шурузьякском понижении. Территория района сложена в основном средними суглинками. Почвы легкого гранулометрического состава встречаются на 1-й и частично 2-й надпойменных террасах. Высокое залегание грунтовых вод повсеместно. Почвы луговые и сероземно-луговые. 12 тыс. га занимают промытые

почвы; большая часть района занята слабозасолёнными почвами; имеются места среднего и сильного засоления.

В Сырдарьинском районе протяженность коллекторно-дренажной сети составляет 818 км. В межхозяйственных коллекторах минерализация воды меньше, чем в небольших коллекторах, что объясняется присутствием сбросных поверхностных вод.

Негативным фактором, влияющим на возможность использования коллекторных вод для орошения, является неустойчивость расходов и изменения минерализации воды как по годам, так и по месяцам. Потребность в воде резко увеличивается в маловодные годы. Но в эти годы сток коллекторов уменьшается до 10 раз; минерализация при этом возрастает в 1,5–2,0 раза. В коллекторе ВЖД минерализация в маловодные годы увеличивалась в июне с 2,20 до 3,25 г/дм³.

Содержание хлора повышено в Шурузяке и ВЖД (в июле содержание хлора увеличивалось с 0,38 до 0,57 г/дм³). С учетом колебания в его концентрации около допустимого предела можно отнести оцениваемые воды к категории пригодных к орошению без разведения. Для снижения соленакопления необходимо на всех полях, орошаемых этими водами, создавать промывной режим орошения. В этом случае поливная норма должна на 20 % и более превышать норму, рекомендуемую гидромодульным районированием.

Щелочность во всех водах низкая: соды в них нет. По этому показателю ограничений для использования дренажных вод нет.

В водах коллекторов содержится много гипса (0,6–0,9 г/дм³), что исключает возникновение солонцеватости в орошаемых почвах. Соотношение натрия к кальцию довольно низкое. В воде Кендыка оно равно 0,8–0,6, а Шурузяка – 1,4–1,9. Это также свидетельствует об отсутствии угрозы осолонцевания почв Сырдарьинского района при орошении водами горизонтального дренажа.

Содержание солей магния больше, чем кальция, только в водах Шурузяка. Но и это превышение незначительно. Отношение магния к сумме его и кальция составляет 0,54–0,53. В водах других коллекторов магния меньше, чем кальция. Поэтому не следует ожидать заметного влияния вод горизонтального дренажа на физико-химические свойства почв, и в частности на формирование слитного уплотненного профиля.

Таким образом, воды коллекторов Сырдарьинского района пригодны для орошения без разбавления. При этом нужно предусматривать ежегодные промывки орошаемых ими земель. Орошение дренажными водами желательно начинать в конце июня – начале июля, когда хлопчатник окрепнет и вступит в фазу цветения.

При использовании вод из открытых дрен поливные земли располагаются только вдоль крупных коллекторов, из которых можно получить необходимое количество воды в течение всего вегетационного периода, а орошение из скважин может быть осуществлено на большой площади и с точки зрения удобства подачи воды и организации территории является более совершенным.

В водах вертикального дренажа особенно высоко содержание хлора, и для достижения допустимой его концентрации необходимо разбавлять воду сильнее, чем для получения соответствующей величины минерализации. Поэтому все расчеты по разведению воды необходимо вести по хлору. Так, для достижения минерализации 3,0 г/дм³ воды из коллекторов и дрен в июле, когда в канале количество солей составляет 1,2 г/дм³, потребуется на 1 м³ коллекторно-дренажной воды 2 м³ оросительной, а в августе, когда минерализация повышается до 1,8 г/дм³, объем воды из оросителя увеличивается до 3 м³. В то же время для достижения концентрации хлора 0,4 г/дм³ необходимо 5–7-кратное разведение.

Одной из первых в Голодной степи построена система из пяти скважин в бывшем совхозе «Малик». Они дают воду с повышенным содержанием солей. Орошение

такой водой без добавления оросительной вызовет усиление засоления. Все воды этой системы содержат повышенное количество магния, что может привести к уплотнению почв при орошении данными водами.

Анализ, осуществленный специалистами НИИИВП по Сырдарьинскому району, обозначил принципы подхода к вопросам использования подземных и коллекторно-дренажных вод для орошения хлопчатника. Бахчевые и другие аналогичные культуры менее требовательны к качеству воды, но следует иметь в виду, что при этом могут ухудшиться водно-физические свойства почвы и даже солеустойчивая культура не может дать нормальную урожайность.

В Сырдарьинском районе на коллекторах Шурузяк и ГПК установлено 10 насосов, откачивающих коллекторную воду и подающих ее для орошения в объеме 11,9 млн м³. В других районах Сырдарьинской области коллекторно-дренажные воды также используются для орошения: в Акалтынском районе – семь насосов СНП500-10 на ЦГК (10,65 млн м³ воды), в Баяутском районе – 10 насосов (13,46 млн м³), в Гулистанском – шесть насосов (4,90 млн м³), в Хаватском – четыре насоса на СК-2 и СК-3 (1,80 млн м³), в Сайхунабадском – 18 насосов на коллекторах Шурузяк и ГПК (22,88 млн м³) и др. Намечено дополнительно установить насосы в Баяутском районе (пять насосов на Придорожном коллекторе), в Мирзабадском (два насоса), в Гулистанском (четыре насоса расходом по 0,5 м³/с каждый) (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 – Забор коллекторно-дренажных вод из коллектора Шурузяк



Рисунок 2 – Подача воды из скважины вертикального дренажа в участковый ороситель

При неблагоприятном соотношении в оросительной воде ионов Cl^- и SO_4^{2-} , Na^+ и Ca^{2+} увеличивается опасность засоления почвы. Признаки солонцеватости почвы проявляются при соотношении $\text{Na}^+ : (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) = 3 : 1$, а в некоторых случаях – при $\text{Na}^+ : \text{Ca}^{2+} = 2 : 1$.

Минерализованные воды можно использовать для промывки солончаков с одновременным возделыванием риса. Для промывки солончаков И. С. Рабочев рекомендует в первый год использовать воды с минерализацией до 6,0 г/дм³ с последующим переходом на воды с меньшей минерализацией. При этом урожай сельскохозяйственных культур, орошаемых минерализованными водами, близок к урожаям этих культур при орошении пресной водой.

При влагозарядковых и вегетационных поливах дренажной водой, содержащей 5,33 г/дм³ солей, из которых 1,77 г/дм³ хлора, в течение восьми лет произошло некоторое накопление солей в почве, но урожаи возделываемых культур при таком орошении

были устойчивы по годам и близки к урожаям культур, орошаемых арычной водой.

Однако при длительном орошении минерализованными водами возможно засоление почв. Поэтому при орошении культур минерализованными ($5\text{--}10\text{ мг/дм}^3$) водами следят за содержанием солей в почве. При хлоридном типе засоления (NaCl , MgCl) содержание солей в слое почвы 1,0 м не должно превышать $0,3\text{--}0,6\%$, при сульфатно-натриевом и магниевом (Na_2SO_4 , MgSO_4) – $1,0\text{--}1,3\%$.

Вышеизложенное справедливо для технологии орошения, основанной на поливе по бороздам, когда средняя водоподача на гектар составляет $800\text{--}1200\text{ м}^3$, или за вегетационный период – $6\text{--}8\text{ тыс. м}^3/\text{га}$ и более. Однако при поливах капельными системами орошения объем воды, подаваемый на гектар, уменьшается вдвое, а значит, уменьшится и поступление токсичных солей. Резко понизится уровень грунтовых вод. Ситуация напоминает маловодные периоды, когда отмечались меньшие объемы стока коллекторно-дренажных вод и заметное снижение уровня грунтовых вод.

Простые на первый взгляд расчеты водно-солевых балансов для условий обычного поверхностного полива и капельного орошения убедительно подтверждают эффективность последнего. При капельном орошении на первый план выступают подача на поля оросительной воды в различном соотношении с коллекторно-дренажными водами в зависимости от времени и объема осенне-зимне-весенних пресных осадков.

Выводы. Альтернативой традиционному поливу по бороздам является вариант безопасного привлечения коллекторно-дренажных вод для орошения культур на подверженных засолению землях – капельное орошение. Предпочтение следует отдавать национальным капельным технологиям, например, таким как система ТИИМ.

Кардинальное решение проблемы – это разработка экономически оправдываемых технологий опреснения минерализованных вод.

Список использованных источников

1 Икрамов, Р. К. Мелиоративно-технологические принципы управления водно-солевым режимом орошаемых земель / Р. К. Икрамов. – Ташкент, 2008.

2 Кац, Д. М. Режим грунтовых вод орошаемых районов и его регулирование / Д. М. Кац. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 367 с.

3 Кац, Д. М. Контроль режима грунтовых вод на орошаемых землях / Д. М. Кац. – М.: Колос, 1967. – 183 с.

4 Юсупов, Г. У. Основы мелиоративного мониторинга / Г. У. Юсупов. – Ташкент, 2002.

УДК 636.03

В. В. Попович, Н. Е. Волкова

Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма, Симферополь, Российская Федерация

РАЗВИТИЕ ОТРАСЛИ ЖИВОТНОВОДСТВА – ВАЖНЕЙШИЙ ШАГ НА ПУТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

Проведен общий анализ ситуации, сложившейся в настоящее время в подотрасли животноводства в Республике Крым. Выявлены основные тенденции в динамике численности сельскохозяйственных животных по категориям (крупный рогатый скот, свиньи, овцы и козы, птица). В целом для обеспечения жителей Республики Крым и отдыхающих необходимо производить в год около 55–60 тыс. т говядины, 25–30 тыс. т свинины, 65–70 тыс. т птицы, 700–750 тыс. т молока. Основным условием достижения этих объемов является устойчивое развитие кормопроизводства. Для засушливого