

В.А.ДУЛОВИЙ  
канд.техн.наук, директор Среднеази-  
атского научно-исслед.ин-та иррига-  
ции им. В.Д.Хурина

Н.Н.ХОДЖИБАЕВ  
доктор геол.-мин.наук, директор Уз-  
бекского научно-производ.гидрогео-  
логического объединения

ПРОБЛЕМЫ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ  
И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД НА ОРОШЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ В  
БАССЕЙНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Бассейн Аральского моря является одним из важнейших регионов нашей страны. Занимая территорию около 250 млн.га. он включает в себя водосборную площадь крупнейших рек южной части Советского Союза, таких как Амударья, Сырдарья, Талас, Чу и др., на которой располагаются Узбекская, Туркменская, Таджикская, Киргизская и часть Казахской республик.

Здесь по агроклиматической оценке располагаются зем-  
ли, наиболее благоприятные для произрастания таких теплолюбивых культур, как хлопчатник, рис, виноград, плодовые, цитрусовые и др. В этом основном районе поливного земледелия в стране орошается около 6 млн.га или почти половина всех ирригационно-подготовленных земель СССР. Естественное плодородие земель и обилие тепла делают этот район наиболее перспективным с точки зрения высокоинтенсивного развития сельскохозяйственного производства, позволяющего получать по два урожая в год ценнейших культур. Однако крайне незначительное количество осадков, не превышающее на большей части территории 250 мм в год, требует обязательного искусственного орошения. Роль водных ресурсов для любого района в аридной зоне известна. Не составляет она исключения и для бассейна Аральского моря.

Сопоставление имеющихся водных и земельных ресурсов показывает на наличие огромных перспективных массивов земель, пригодных для орошения, и явный дефицит водных ресурсов по отношению к ним. Созданные в настоящее время технические

средства для машинного подъема воды на большие высоты, инженерные агротехнические приемы по мелиорации засоленных земель намного увеличили размеры площадей, пригодных для орошения, и в пределах бассейна на территории Советского Союза составляют 34,2 млн.га. Если же добавить сюда огромные площади засоленных земель и пустынь (не считая подвижных песков), по которым уже сейчас разрабатываются и будут доведены, бесспорно, до совершенства методы их освоения, то земельные ресурсы по крайней мере удвоятся.

Ресурсы воды в бассейне намного меньше. Полные ресурсы поверхностных вод составляют 125 км<sup>3</sup> в том числе средне-многолетние менее 70 км<sup>3</sup>. Для более полного использования воды рек необходимо осуществить многолетнее регулирование стока их с помощью строительства водохранилищ, рассчитанных на улавливание полного объема стока. По данным института Гидроингео, здесь имеются значительные восполняемые перспективные эксплуатационные запасы подземных вод основных водоносных комплексов, по объему превышающие половину ресурсов поверхностных вод:

|                    |                                                  |
|--------------------|--------------------------------------------------|
| в Южном Казахстане | - 700 м <sup>3</sup> /с (22 км <sup>3</sup> );   |
| Узбекистане        | - 900 м <sup>3</sup> /с (27,1 км <sup>3</sup> ); |
| Киргизии           | - 450 м <sup>3</sup> /с (13,5 км <sup>3</sup> ); |
| Туркмении          | - 40 м <sup>3</sup> /с (1,2 км <sup>3</sup> );   |
| Таджикистане       | - 120 м <sup>3</sup> /с (3,8 км <sup>3</sup> )   |

ИТОГО 67,7 км<sup>3</sup>.

Следует отметить, что до последнего времени фактического использования подземных вод было крайне ограниченным. Из выше-указанных ресурсов использовалось:

|                    |                                 |
|--------------------|---------------------------------|
| в Южном Казахстане | - 0,6 км <sup>3</sup> (3 %);    |
| Узбекистане        | - 1,5 км <sup>3</sup> (6 %);    |
| Киргизии           | 0,7 км <sup>3</sup> (5,4 %);    |
| Туркмении          | 0,35 км <sup>3</sup> (3,0 %);   |
| Таджикистане       | - 0,31 км <sup>3</sup> (8,2 %). |

Из этих незначительных объемов на орошение используется еще меньшее количество и в основном только там, где отсутствуют поверхностные воды. Подземными водами с помощью скважин орошается около 2 тыс. га пастбищ Казахстана, около 5,5 тыс. га безводных предгорий Копетдага в Туркмении, где применяются скважины и "кяризы", более 8 тыс. га в северном Таджикистане и свыше 4,5 тыс. га пустынных земель Узбекистана и т.д.

Основные причины такого низкого использования подземных вод на орошение также заключались в недостаточной обеспеченности, за некоторым исключением, поверхностными водами бассейна Аральского моря, в относительно высокой стоимости орошения подземными водами по сравнению с поверхностным орошением, а также имевшиеся опасения о невозможности больших объемов подземных вод, основанные на многочисленной информации об исчерпании запасов подземных вод Калифорнии, отдельных районов Пакистана, Индии и т.д.

Между тем за последние годы в долинах ряда рек, особенно Сырдарьи, Зарафшана, Сурхандарьи отмечалось неоднократное маловодье. Особенно "выдающимися" явились 1967, 1971 и, наконец, 1974 год, когда по сравнению со среднесезонными потребностями наличие воды не превышало 70%, а в нижнем и среднем течении Сырдарьи — и того меньше. Это дало резкий толчок усилению использования подземных вод на орошение.

Существует несколько типов применения подземных и грунтовых вод.

I. Орошение подземными водами, откачиваемыми из скважин, нашло широкое применение в маловодные годы. Если в 1971г. в Узбекистане насчитывалось около 3-4 тыс. скважин с суммарным дебитом 40-50 м<sup>3</sup>/с, то только за этот год пробурено 740 скважин с общей производительностью 25-30 м<sup>3</sup>/с. Полив водой из скважин, в основном пресной, проведенный в широких масштабах, спас от маловодья в 1971г. такие засушливые зоны, как Сурхандарьинская, Наманганская и Кашгарьинская области. Интенсивно откачивались подземные воды и в

1974г. как в этих районах, так и на юге Ферганской долины, в Таджикской части Голодной степи и др.

Расположены все эти скважины на переходе от галечниковой части подгорных долин к конусам выноса. Для данной зоны характерно наличие пресных или слабоминерализованных грунтовых вод с мощностью водоносного горизонта 50 м и более

с ясно выраженной незначительной напорностью. Откачка подземных вод в этих условиях не только способствует экономии определенного количества поверхностного стока, но и значительно снижает непроизводительные потери запасов подземных вод, которые при близком залегании от поверхности испаряются. Так в районе конусов выноса рек Южной Ферганы (Сох, Исфара) до 30% восполняемых запасов подземных пресных вод расходуется на испарение.

Усиленному использованию подземных вод, забираемых из скважин на орошение, в последние годы способствовало развитие в крупных масштабах строительства вертикального дренажа в Узбекистане и Таджикистане, а также разработка конструкции и технологии строительства высокодебитных скважин диаметром 900-1000 мм с расходом до 100 л/с. Создание большого количества защитных рядов скважин вертикального дренажа в совхозах "Фархад", им. Мичурина Сырдарьинской области, "Ленинабад" и "40 лет Таджикистана" в Ленинабадской области, в Кувасайском районе Ферганской области позволили не только перехватить поток напорных подземных вод, слабоминерализованных по своему составу и вызывающих засоление площадей, но и оросить пресной водой прилегающие земли. При удельных больших дебитов скважин (от 35 до 100 л/с), каждая из них орошала от 30 до 120 га земель, занятых под хлопчатником, виноградниками и садами.

По этому принципу в последние 1-2 года составлены проекты орошения Антского массива на правом берегу Сырдарьи в Таджикской ССР площадью около 20 тыс. га. Здесь система площадных скважин глубиной 30-50 м с дебитами до 100 л/с должна орошать земли массива и одновременно дренировать терри-

тории в межгорной впадине. На таком же принципе построено орошение массива площадью 1,6 тыс. га, строящегося в районе поселка Ганчи Уратинского района Таджикистана. Своеобразие этого проектного решения в том, что непосредственно к скважинам подключены дождевальные агрегаты типа "Фрегат". Это позволяет, наряду с механизацией и автоматизацией полива, уменьшить потери оросительной воды на инфильтрацию в почву. Началось строительство оросительной системы в совхозе № 1 Джизакского массива в Узбекистане, где орошение до строительства каскада насосных станций, охватывающих весь массив, будет производиться от площадных скважин вертикального дренажа.

Из других видов орошения подземными водами с малой минерализацией нельзя не отметить многовековой опыт орошения из кяризов, достигнутый поколениями народных умельцев и до сих пор удивляющий нас в предгорьях Копетдага в Туркмении, Зарафшанского и Туркестанского хребтов в Узбекистане.

2. Использование самотечных слабоминерализованных подземных и грунтовых вод (до 2 г/л по плотному остатку), получившее распространение за последнее десятилетие в связи с бурным развитием в Средней Азии, и особенно в Узбекистане и Таджикистане, систем горизонтального (открытого и закрытого) дренажа. Грунтовые воды предгорных долин, формирующиеся в верхних частях конусов выноса в среде песчано-суглинистых и гравелисто-суглинистых отложений, благодаря дренированию этих земель, в основном естественному, и системами разряженного продольного дренажа (расположенного вдоль уклона местности), легко направляются в нижерасположенные оросительные каналы и в дальнейшем используются на орошение. Аналогичным образом работают и системы перехватывающих (ловчих или нагорных) дрен, располагаемых вдоль горизонталей и, вследствие значительных уклонов подгорных долин, легко направляют грунтовые воды в ирригационную сеть.

Следует отметить, что эти пресные дренажные воды и выклинивающиеся в гидрографическую сеть имеют место на доволь-

но ограниченных площадях Таджикистана, Ферганской долины и в еще меньшей степени в Сурхандарье, Камкадарье и Зарафшанской долине.

По данным института "Гидроингео", в дренажную сеть поступает около  $61 \text{ м}^3/\text{с}$  таких вод в Ферганской долине, всего  $2,1 \text{ м}^3/\text{с}$  выклинивается в виде родников в верхней части подгорной равнины Туркестанского хребта по южной границе Джизакской степи, около  $6,5 \text{ м}^3/\text{с}$  в Зарафшанской долине,  $5 \text{ м}^3/\text{с}$  в пределах бассейна р. Камкадарья и  $20 \text{ м}^3/\text{с}$  в пределах Сурхандарьи. По другим источникам — кяризам и родникам южного Таджикистана и Муратинской впадины — еще около  $3-5 \text{ м}^3/\text{с}$ . Таким образом, на орошение используется из дренажа, родников и кяризов в общей сложности немногим более  $100 \text{ м}^3/\text{с}$  пресных и слабоминерализованных вод.

3. Большая часть подземных и грунтовых вод в бассейне Аральского моря повышенной минерализации, при которой воду из дрен и скважин использовать непосредственно на орошение не представляется возможным. В таких случаях вода из различных дренажных устройств смешивается с оросительной водой в пропорциях, позволяющих ее применить для орошения. Для этого на системах горизонтального дренажа там, где это позволяют уклоны, сооружаются самотечные выпуски из коллекторов в крупные оросительные каналы. При разнице уровней строятся насосные станции без подпора воды на коллекторах для подкачки дренажных вод в оросительную сеть. На скважинах вертикального дренажа устраиваются два типа водоотводов — в дренажные водосборники и в оросительные каналы. Такие приемы позволяют за счет внутрисистемного использования дренажных вод уменьшать потребление пресной воды из рек — источников орошения и, тем самым, способствовать улучшению качества воды в нижнем течении рек. С другой стороны, сокращаются расходы на устройство систем головного магистрального питания.

Разработанные САНИИРИ рекомендации по использованию дренажной воды на территории системы нового орошения в Го-

лодной степи позволяют сократить головной расход из Сырдарьи более, чем на  $30 \text{ м}^3/\text{с}$  (15%) за счет подачи дренажной воды самотеком и насосами в 8-10 точках. Смешением с оросительной водой может быть использован в период вегетации почти весь дебит скважин вертикального дренажа, имеющих минерализацию до  $6-8 \text{ г/л}$  по плотному остатку. По нашим данным, экономически выгодно использовать воду из скважин вертикального дренажа для орошения почти во всех случаях в пределах указанной минерализации и дебите скважин порядка  $15-20 \text{ л/с}$  и более.

Характерно, что в маловодном 1974г. почти во всех областях Узбекистана, северном Таджикистане, а также в низовьях Сырдарьи в Казахстане был организован интенсивный забор воды насосами из коллекторов, дрен, скважин вертикального дренажа и их смешение с оросительной водой до минерализации не более  $2 \text{ г/л}$  по плотному остатку. Только по Узбекистану в короткий срок было установлено и смонтировано более 2,5 тыс. передвижных насосных установок с расходом от 100 до  $500 \text{ л/с}$  и общим суммарным дебитом около  $500 \text{ м}^3/\text{с}$ , что позволило использовать на орошение таким способом более  $2,5 \text{ млрд. м}^3$  дренажной воды, не считая воды из скважин вертикального дренажа.

4. Другим исключительно распространенным методом местного использования подземных (грунтовых) и поверхностных вод является усиление, так называемой, "субиригации", т.е. использование растениями грунтовых вод при близком их залегании. По данным АзНИИГиМа, при изменении глубины грунтовых вод от 3,5 до 0,8 м кукуруза увеличивает водопотребление от 0 до 32%, а хлопчатник, по данным проф. В.М.Легостаева, от 0 до 44%. Так как близкое залегание грунтовых вод, особенно минерализованных, вызывает засоление почво-грунтов, в обычных условиях систематическая субиригация приводит к увеличению промывных норм в невегетационный период. Это превращает, так называемый, гидроморфный режим на орошаемых почвах в крайне невы-

годный по расходу воды. Однако в отдельных случаях, особенно в условиях водного дефицита, применение субиригации, как временного мероприятия, может быть в достаточной степени эффективным. Известны такие древние методы субиригации, применяемые в практике народного орошения, как "тупые зауры" - открытые дрены в Ферганской долине, куда сбрасывалась пресная вода в период ее избытка - весной с тем, чтобы в последующем использовать эту воду растениями. В Хорезме при слабоминерализованных грунтовых водах в нас устраивается подпор в коллекторах для обеспечения влагой раннего развития растений. Особенно распространенным этот метод может стать в поймах рек, где близко от поверхности располагаются пресные грунтовые воды.

В маловодные годы может рекомендоваться кратковременное отключение скважин вертикального дренажа в летний период для стимулирования подъема грунтовых вод и усиления питания растений грунтовой водой. В Хорезме САНИРИ велось и продолжается в настоящее время опыты по усилению субиригации закрытием горизонтальных трубчатых дрен. По данным В.М.Легостаева, в условиях водного дефицита субиригация, за счет подпора грунтовых вод на короткий период, более эффективна, чем использование грунтовой воды непосредственно откачкой. При длительном водном дефиците (более одного сезона) подпор допускать нельзя: необходимо переключаться на использование грунтовых вод с сохранением дренажности - искусственной или естественной.

5. В связи с ожидающимся наводнением в бассейне Аральского моря, особенно по р.Сырдарье, по предложению министра мелиорации СССР Е.Е.Алексеевского в 1974г. начал осуществляться уникальный проект использования воды Арнасай для увеличения водообеспеченности низовьев Сырдарьи.

Арнасайская впадина расположена на западе Голодной степи и естественно дренирует земли левого берега реки в средней течении. Питание Арнасайской впадины осуществляется за счет притока грунтовых вод с орошаемого массива Голодной

степи и сброса воды из магистральных коллекторов: Центрального Голодноостепного, Арнасайского, Кыякумского, Акбулакского и ряда других. Среднегодовой сток и приток к впадине оценивается около  $1 \text{ км}^3$ . В многоводный 1969г. из Чардаринского водохранилища было сброшено значительное количество воды через Арнасайский сброс во впадину, в результате чего образовался огромный водоем емкостью  $18 \text{ км}^3$ .

Проведение САНИРИ анализы в различных точках впадины показали, что средняя минерализация воды в глубоководье составляет  $4,5-5,6 \text{ г/л}$  по плотному остатку с содержанием хлора  $0,8-1,36 \text{ г/л}$ . Институт "Средазгипроводхлопок" разработал проект использования этих вод с помощью ряда гидротехнических сооружений. Вблизи выпуска из Чардаринского водохранилища в Арнасай сооружается буферное водохранилище емкостью  $0,5 \text{ км}^3$ , куда закачивается вода на высоту  $5,0 \text{ м}$  из Арнасайской впадины насосными станциями. Вода Арнасай из этого буферного водохранилища смешивается с чардаринской, доводится до допустимой минерализации и в разгар вегетации подается в низовья на полив риса и других культур. Таким образом намечается использовать около  $2 \text{ км}^3$  минерализованной воды на орошение. В связи с усиливающимися применением минерализованных вод на орошение важнейшим вопросом является определение их допустимой минерализации.

Наиболее жестким является показатель величины ионного обмена по И.А.Антипову-Каратаеву:

$$K = \frac{zCa + zMg}{zNa + 0,238S},$$

где  $z$  - содержание соответствующих катионов в воде, мг-экв/л;

$S$  - минерализация воды, г/л.

Стеблер предложил ирригационный коэффициент, определяемый по трем формулам в зависимости от соотношения ионных групп.

Для наших условий, когда  $zCl < zNa + zSO_4 + zMg$ ,

$$K = \frac{288}{zNa + 4zCl}.$$

Вода при  $K > 18$  считается пригодной для орошения, при  $1,2 < K < 18$  - допустимой только при промывке на фоне дренажа.

По американской методике Гапона оценка проводится по натриевоадсорбционному соотношению:

$$SAAR = \frac{Na}{\sqrt{Ca + Mg}}$$

САНИРИ с 1966г. проводит опыты по орошению минерализованными водами. Х.И.Якубов и Л.Корелис в совхозе "Пахтаарал" в течение ряда лет на опытном участке поливали водой из скважин вертикального дренажа с минерализацией в первом варианте  $5,5+5,8 \text{ г/л}$ , в том числе  $1,2+1,5 \text{ г/л}$  хлора; во втором варианте, соответственно  $3,0+3,8 \text{ г/л}$  и  $0,6+0,8 \text{ г/л}$ , в третьем - оросительной водой  $0,65+0,75 \text{ г/л}$ . При одинаковом агроландшафтном комплексе на фоне вертикального дренажа при грунтах с коэффициентом фильтрации  $0,6+0,8 \text{ м/с}$  снижения урожайности не наблюдалось. Однако в течение каждого сезона на I и II вариантах запасы солей в метровом слое увеличивались соответственно на  $50-60$  и  $5-10\%$ . Это сезонное накопление ликвидировалось промывками оросительной водой в осенний период нормой  $3000-4000 \text{ м}^3/\text{га}$  при вегетационной норме орошения  $3200-3500 \text{ л}^3/\text{га}$ . Положительные результаты были достигнуты благодаря хорошей дренированности участка и получению всходов на естественных запасах влаги при содержании солей в почве ниже предела токсичности. Характерно при этом, что давалось всего два-три полива, первый перед началом цветения. В то же время многочисленные опыты ЦМСа СовАНИРИ в аналогичных условиях Голодной степи, и в совхозе "Пахтаарал", проведенные еще В.А.Коздой в 1939г., показывают, что в условиях недостаточной дренированности

происходит резкое соленакопление и снижение урожайности уже при минерализации более 2 г/л по плотному остатку.

Многочисленными опытами установлено также, что растение (хлопчатник, люцерна и др.) особо восприимчиво к солям в ранний период своего развития. Учитывая это, в 1974г. нами был заложен опыт в совхозе № 10-а, где первый полив был проведен оросительной водой с минерализацией до 1,0 г/л, а последующие – до 8 г/л по плотному остатку при хорошей дренированности участка. До сего времени признаков угнетения хлопчатника и фенологических изменений не наблюдается. Проводилась также промывка через рис водой из скважин вертикального дренажа с минерализацией 3–4 г/л. Промывка проходила весьма удовлетворительно. Урожай риса при норме 45 тыс. м<sup>3</sup>/га составил 20–22 ц/га.

Специальные опыты по поливу минерализованной водой риса проводил в Туркмении акад. И.С. Рабочев. По его данным, на хорошо дренированных землях при минерализации до 5,6 г/л и определенных нормах 50–52 тыс. м<sup>3</sup>/га получен урожай 26–32 ц/га, при этом при 5,6 г/л – на 3,5–8,0 ц ниже, чем при 0,7 г/л. Объясняется это некоторым накоплением солей при большей минерализации.

Т.П. Кригером проведены на сосудах Метерлика опыты по орошению хлоридными и сульфатными водами на тяжело-суглинистых и светлых сероземах Голодной степи. Этими опытами установлено, что при сульфатно-натриевых водах допустимо содержание  $Na_2SO_4$  до 2 г/л, от 2 до 4 г/л – в сочетании с промывными поливами в вегетацию и промывками осенью, а более 4 г/л – недопустимо.

Интересные опыты выполнены в течение четырех лет С.Мирхалиловым под руководством И.К. Киселевой в Голодной степи. На хорошо обеспеченных дренажем среднесуглинистых почвах поливы проводились дренажной водой, а промывки – оросительной и дренажной. Установлено, что при хорошей работе дренажа урожайность не снижается, а при выходе из

острой хотя бы одной дрены и подъеме уровня грунтовых вод, урожайность сразу резко падает.

Рядом исследований отмечено, что благодаря присутствию кальция в промывной и дренажной воде накопление ионов хлора и серной кислоты значительно меньше при систематически проводимых осенних промывках. Более того, ион хлора действует даже стимулирующе при поливах дренажной водой хлопчатника.

В бездренажных условиях опыты СовхозНИИ в Хорезме, Бухаре и других местах показывают снижение урожая.

Эти данные, а также обобщения, проведенные проф. В.М. Легостаевым, показывают существенную роль дренированности в оценке возможности применения минерализованных вод для орошения. При наличии идеальной системы дренажа орошение водой с минерализацией 1,5 г/л оказывает стимулирующее действие на урожайность хлопчатника и люцерны, повышая ее на 10–12%. При хорошей дренированности и промывном режиме орошения допустимой следует считать минерализацию до 3–5 г/л. Первый полив и влагозарядку можно производить водой с минерализацией 1–1,5 г/л, а последующие поливы, когда хлопчатник становится более солеустойчивым – с минерализацией 6–8 г/л. В бездренажных условиях повышение минерализации даже более 1 г/л опасно, так как приводит к быстрому накоплению солей в зоне аэрации.

Состав солей играет существенную роль для установления указанных допусков. В целом для регионов Арабского моря наличие в больших количествах гипса в почвах повышает предел допустимой минерализации. Благоприятным является и наличие магния менее 50% от суммы (Ca) и (Mg) в мг-экв, что, по оценке В.А. Ковды, очень важно для сохранения свойств почвы.

Работами С.Н. Рыкова и других советских ученых убедительно показана возможность целенаправленного повышения солеустойчивости культур введением мелиорирующих добавок в почву. Продолжая эти работы, САНИИРИ занимается поисками

антагониста хлору, как наиболее вредному из компонентов минерализованной воды, работает над повышением солеустойчивости хлопчатника в начальный период развития до 2 г/л по содержанию хлора. Эти работы могут в дальнейшем существенно увеличить предел токсичности и для других компонентов в минерализации оросительной воды.

При совместном использовании поверхностных и подземных, а также связанных с ними грунтовых вод, необходимо иметь в виду, что все эти воды в процессе орошения находятся в тесной взаимосвязи и влияют в значительной степени друг на друга, что необходимо учитывать при прогнозировании тех или иных ресурсов орошения. Известно, что в зависимости от водности года и количества выпадающих осадков уровни грунтовых вод резко меняются, особенно в бездренажных условиях. Изменение уровня грунтовых вод наряду с изменением притока в гидрографическую сеть подземных вод, способствует увеличению или уменьшению стока рек.

В формировании поверхностного стока рек — источников орошения — существенная доля приходится на образуемые возвратные воды в бассейнах основных рек. Исследования САНИИРИ (В.П.Светицкий и др.), Гидроинтео, Узбекского гидрогеологического объединения показывают, что возвратные воды на Сырдарье составляют 32% от водозабора на орошение, а по Амударье — 24%. Одним из основных факторов увеличения возвратных вод является увеличение дренированности. В Ферганской долине за период 1960–1970 гг. площадь орошения увеличилась на 30000 га или менее, чем на 10%, а сток возвратных вод возрос за этот же период почти в 2 раза, так как по Ферганской долине протяженность дренажа увеличилась в 1,7 раза.

При этом возвратные воды подразделяются на русловые, поступающие непосредственно в реки как в естественные дренажи, и внутрисистемные, формирующиеся в зонах использования оросительных каналов и отводимые по крупным коллекторам и обросам в реки. На внутрисистемные возвратные воды сущест-

венно влияет повышение к.п.д. систем — снижение потерь воды в каналах уменьшает ресурсы этой части возвратных вод.

На характер взаимодействия поверхностных и грунтовых вод оказывает влияние и техника орошения. При поливе дождеванием инфильтрация в грунтовые воды в 2–3 раза меньше, чем при бороздковом. Значительно изменяется характер инфильтрации и при различной технике полива по бороздам. Поэтому все эти факторы должны учитываться при прогнозировании участия грунтовых и подземных вод в формировании стока рек и их возможное использование на орошение.

Участие внутрисистемных возвратных вод в формировании стока рек не только позволяет за счет смешения в русле реки поверхностных и подземных вод увеличить возможный отбор воды из источника орошения, но и является главным фактором формирования качества вод реки. Именно поэтому в р.Сырдарье за счет притока дренажных и многократно использованных вод минерализация воды в нижнем течении реки достигает 1,6–1,8 г/л, хотя еще 10–15 лет тому назад она не превышала 0,8 г/л.

Разработанные САНИИРИ мероприятия по улучшению качества воды реки состоят в усилении внутрисистемного водооборота путем многоступенчатого использования дренажных вод внутри оросительной системы и освобождения тем самым части водозабора из реки для опреснения нижележащих участков бассейна, не допуская на каждой ступени повышения уровня минерализации сверх пределов токсичности для данных грунтов.

Таким образом, в бассейне Аральского моря за последние годы намечены пути по значительному усилению использования подземных вод в смеси с поверхностными и без них. Стратегия их использования базируется на возможности на фоне интенсивно дренируемых земель, каковых уже в настоящее время насчитывается здесь более 1 млн.га, увеличить предел токсичности применяемых на орошение вод, особенно в случае кратковременного маловодья.

Хочется подчеркнуть, что при всех видах использования минерализованных подземных вод как в чистом виде, так и в смешении с поверхностной водой, дренирование земель и промывной режим орошения являются обязательными условиями, которые должны строго соблюдаться и контролироваться наблюдениями за степенью засоления земель и динамикой солевого баланса.

Нарастание дефицита водных ресурсов, развитие машинного орошения и необходимость переброски стока сибирских рек увеличивает стоимость формирования водного ресурса поверхностных источников, которая в ближайшем будущем станет равной  $0,6+1,0$  коп. за  $1 \text{ м}^3$ . Стоимость  $1 \text{ м}^3$  подземных откачиваемых вод (не считая дренажного эффекта) или перекачки воды из коллекторов и дрен не превышает  $0,5+0,8$  коп., т.е. становится вполне соизмеримой с поверхностным стоком.