

14,6 %, а на непромытых полях — 18 т на 1 га при сахаристости 13 %.

Таким образом, один из наиболее рациональных способов промывки сильнозасоленных земель и солончаков Чуйской долины — промывка их с помощью посевов затопляемого риса.

Орошение риса нужно осуществлять постоянным затоплением, которое обеспечивает эффективное рассоление почвогрунтов и грунтовых вод, и получение достаточно высокого урожая.

Сахарную свеклу, являющуюся основной технической культурой Чуйской долины, можно с успехом применять в качестве культуры-освоителя не только с большим мелиоративным, но и со значительным экономическим эффектом.

УДК 626.824

ФОРМИРОВАНИЕ ВОЗВРАТНЫХ ВОД В БАСЕЙНЕ Р. СЫРДАРЬИ

В. А. ДУХОВНЫЙ, кандидат технических наук

Н. И. ПРОХОРЕНКО

В. И. СОКОЛОВ

*Среднеазиатский ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт ирригации им. В. Д. Журина*

Орошение земель сопровождается возникновением сбросных и дренажных вод, повышением инфильтрации влаги и дополнительным питанием грунтовых вод. Последнее, в свою очередь, способствует возрастанию грунтового потока, увеличению притока его в русло, а также и формированию вторичных вод с орошаемого массива. Все это ведет к созданию и увеличению взвратного стока.

Оценка объемов возвратных вод в условиях напряженных водохозяйственных балансов бассейнов рек Средней Азии и особенно р. Сырдарья приобретает важное практическое значение вследствие ряда причин. Главные из них — возможное повторное использование возвратных вод на орошение как дополнительного источника и влияние их на качество воды в реках.

Возможность повторного использования возвратных вод может существенно повысить оросительную способность рек, что особенно важно в условиях острых водных дефицитов.

Существует множество методов определения возвратных вод: метод аналогов, водобалансовый, корректирующих коэффициентов и др. Исследования авторов по оценке возвратных вод базируются на структурной модели (Духовный, Литвак, 1975; Духовный, 1981).

Под возвратными водами авторы понимают все виды подземных и поверхностных вод, естественных и использованных, возвращающихся с деятельной территории, то есть территории, не занятой горами, к водному источнику (река, водохранилище, озеро, впадина), из которых они могут быть повторно использованы.

Отсюда возвратные воды (W_b) слагаются из стока дренажных (D) и сбросных (C) вод, поступающих в водоприемники по дренажным соору-

жениям, и подруслового стока (Π), выклинивающегося в гидрографическую сеть как в естественную дренаж, то есть

$$W_{\text{в}} = \Pi + D + C. \quad (1)$$

Попытка выделить из общего стока возвратных вод часть их, сформированную подземными водами и осадками (Харченко, 1975; Левченко, 1976), является, с точки зрения авторов, неправомерной, так как эти воды, перемещиваясь с грунтовыми, дренажными и сбросными, могут выклиниваться как в коллекторно-дренажную, так и в речную сеть.

Авторы к возвратным относят все воды, непосредственно возвращающиеся в источник, и возвратные воды, не возвращающиеся в него. Отведение части возвратных вод во внутренние понижения имеет место в Средней Азии в бассейне рек Сырдарьи и Амударьи, например сброс части коллекторно-дренажных вод в Арнасайское понижение в бассейне Сырдарьи. Исключение этих вод из числа возвратных является также необоснованным, ибо при сооружении специальных водозаборов или насосных установок последние могут быть возвращены в источник и использованы в дальнейшем.

Из составляющих формулы (1) подрусловый сток относится к числу возвратных вод в основном естественного происхождения, формирующихся как из подземных вод, так и из выклинивающейся части поверхностного стока на фильтрацию при выходе из гор. Эта часть возвратных вод имела место и до развития орошения. Объем ее являлся функцией площади (ΣF_i), дренируемой рекой непосредственно, и дренажного модуля естественного подземного притока с этой территории (q_{ei}):

$$\Pi = \sum_0^n F_i q_{ei}. \quad (2)$$

Значение Π зависит от гидрологического строения бассейна и мелиоративных условий, определяющихся в основном динамикой уровня грунтовых и подземных вод над дренируемой рекой территории. Последние, в свою очередь, достаточно полно аппроксимируются показателем водности бытового притока (рис. 1).

Анализ материалов русловых балансов, составленных по водохозяйственным регионам бассейна р. Сырдарьи, позволил выявить линейную зависимость относительной доли русловой приточности (отношение Π к бытовому притоку W_0) от обеспеченности бытового стока с максимальным значением процентной доли Π от W_0 в годы маловодий и минимальным — многоводий.

В физическом плане зависимость $\Pi/W_0 = f(P)$ не вызывает сомнений. В годы любой водности река командует над территорией, поэтому в многоводные годы при высоких уровнях воды в реке доля подрусловой приточности с дренируемой территории уменьшается в сравнении с маловодными, когда вследствие низких уровней воды в реке отдача бассейна существенно возрастает. При этом доля подрусловой приточности (потерь) зависит от геоморфометрических особенностей строения бассейна.

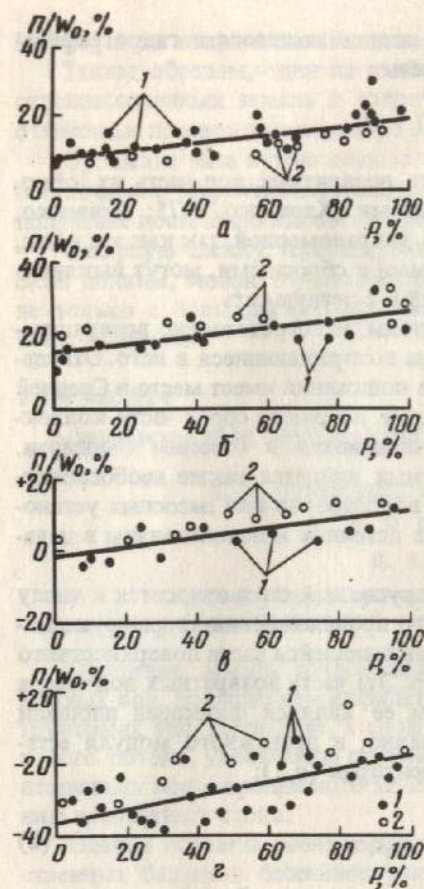


Рис. 1. Зависимость относительной доли руслового притока (потери) от обеспеченности поверхностного стока: а — Ферганская долина; б — ЧАКИР; в, г — соответственно среднее течение и низовье р. Сырдарьи; 1 — до 1970 г.; 2 — 1970–1980 гг.

Наилучшие условия стекания грунтовых и подземных вод наблюдаются в ЧАКИРе, для которого экстремальные значения Π/W_0 составляют 16 и 27 %, для Ферганской долины — 9 и 19, среднего течения р. Сырдарьи — 1 и 11, низовий р. Сырдарьи — 37 и 18 %.

Подрусловая приточность зависит также и от степени антропогенного вмешательства в бассейн. Для водохозяйственных регионов р. Сырдарьи антропогенное влияние проявляется в виде некоторого уменьшения подруслового стока (начиная примерно с 1962 г.) в пределах Ферганской долины вследствие увеличения внутрихозяйственного использования дренажных вод на орошение (Зудина, 1978). Наоборот, по ЧАКИРу и среднему течению р. Сырдарьи в последнее десятилетие прослеживается неко-

торое увеличение подруслового стока, что связано с подъемом уровней грунтовых вод, вызванным подпором от Чардарьинского водохранилища.

Другая составляющая возвратных вод — коллекторно-дренажные ($D + C$) в основном искусственного (антропогенного) происхождения. Она формируется в результате дренирования орошаемой площади коллекторами и дренами, когда дренажные воды направляются обратно в реку, как в водоприемник.

Эти воды состоят из двух генетических составляющих: поверхностной (C) и ирригационно-грунтовой (D). Поверхностная составляющая формируется из сбросных вод с поливных и промывных участков оросительных систем, аварийных сбросов из ирригационной сети и потерь оросительных вод при эксплуатации гидротехнических устройств. Значение ее зависит также от характера поливной техники, качества поливов и совершенства оросительных систем.

Многие исследователи (Харченко, 1975; Левченко 1976) при оценке возвратных вод пытаются отделить сбросные воды от возвратных. С пози-

ции авторов и ряда других исследователей (Рубинова, 1979) такая попытка неправомерна, так как дренажные и сбросные воды, поступая в водоприемные коллекторы, перемешиваются и сбрасываются как единое целое в гидрографическую сеть.

Последняя, ирригационно-грунтовая составляющая возвратных вод (D) образуется в результате фильтрации оросительных вод из каналов и сельскохозяйственных полей. Профильтровавшиеся поливные воды — источник инфильтрационного питания грунтовых вод, они могут частично или полностью выклиниваться в коллекторно-дренажную и гидрографическую сеть.

Объем коллекторно-дренажных вод (D) определяется степенью и масштабом искусственной дренированности территории, видом дренажа, КПД систем, мелиоративным режимом.

Зависимость для двух антропогенных составляющих возвратных вод имеет вид:

$$D + C = \bar{W}_{ор} [(n_i q_{др} / q_{ор}) + (1 - \eta_{шп}) \eta_c d_2''' + (1 - \eta_c) a_1'''], \quad (3)$$

где $\bar{W}_{ор}$ — водозабор на орошение; $q_{др}$, $q_{ор}$ — дренажный и оросительный модули для каждой мелиоративной подзоны; n_i — степень дренированности или доля охвата дренажной сетью площади подзоны; $\eta_{шп}$, η_c — соответственно КПД поля и системы; a_1''' , d_2''' — организационные потери (потери на сбросы).

Приняв на основании исследований САНИИРИ отношение $q_{др} / q_{ор}$ равным 0,35 и используя данные САНИИРИ, Средазгипроводхлопка и Минводхоза УзССР по входящим уравнения (3), получили значения антропогенной составляющей возвратного стока ($D + C$) для Ферганской долины бассейна р. Сырдарьи (рис. 2). При сопоставлении расчетного и фактического значений абсолютные отклонения не превышали ± 27 %.

Зависимость (3) дает возможность прогнозировать объем возвратных вод с учетом изменения не только КПД, техники полива и оросительной системы, но и изменения оросительной нормы и мелиоративного режима.

В современных условиях в бассейне Аральского моря формируется около 30 км³ возвратных вод, в том числе 15...16 км³ в бассейне р. Сырдарьи (таб.).

Сформированные из оросительных вод, качественно отличные от них по степени минерализации дренажные воды ныне либо сбрасываются в источник орошения и тем самым, частично используются на орошение нижерасположенных районов и частично попа-

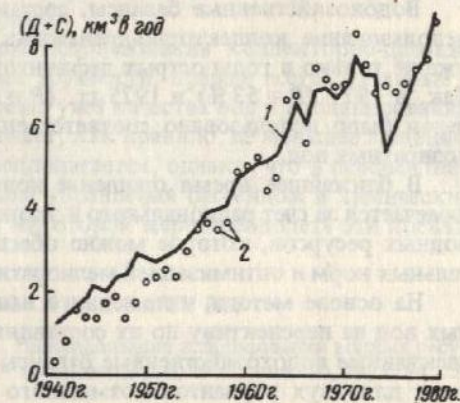


Рис. 2. Сопоставление фактических (1) и расчетных (2) значений антропогенной части возвратного стока Ферганской долины.

Возвратные воды бассейна р. Сырдарья для лет различной водности, км³ в год

Составляющие возвратных вод	1975 – 1980 гг.		1985 г.	
	Обеспеченность, %			
	50	90	50	90
Подрусловой сток	4,4	4,8	4,4	4,8
Дренажно-сбросные, отводимые:				
в реку	8,4	7,4	9,0	8,2
" оз. Арнасай	1,4	1,0	1,9	1,6
" пустыню	2,0	1,5	2,1	1,8
Всего	16,2	14,7	17,4	16,4

дают в Аральское море, либо отводятся во внутренние понижения, где бесполезно расходуются на испарение.

В бассейне р. Сырдарья, как и во всей аридной зоне, площадь потенциально пригодных для орошения земель (15 млн. га) значительно превышает площадь возможного развития орошения на базе собственных водных ресурсов (3,2...3,4 млн. га).

Орошаемое земледелие в бассейне базируется на стоке р. Сырдарья и ее притоков, объем которого колеблется для лет различной водности от 37,3 (50 %) до 27,1 км³ (90 %). Объем же суммарного водопотребления в бассейне на современном уровне составляет около 50 км³ и тем самым существенно превышает объем поверхностных водных ресурсов. Для покрытия возникающих дефицитов воды начиная с 1960 г. в бассейне р. Сырдарья повторно используют возвратные воды на орошение в мало-водные годы.

Водохозяйственные балансы, составленные авторами, показывают, что использование коллекторно-дренажных вод на орошение осуществляется уже не только в годы острых дефицитов воды, но и в средние по водности. Так, в 1971 ($P = 53\%$) и 1975 гг. ($P = 95\%$) в целом по бассейну р. Сырдарья было использовано соответственно 7 и 11 км³ минерализованных возвратных вод.

В ближайшее время орошение новых земель в бассейне р. Сырдарья намечается за счет рационального и экономного использования собственных водных ресурсов, которое можно обеспечить только сокращением оросительных норм и оптимизацией мелиоративного режима.

На основе метода, изложенного выше, авторами дан прогноз возвратных вод на перспективу по их составляющим (см. табл.) и рассчитаны перспективные водохозяйственные балансы на уровень 1985 г. Расчеты проведены для двух вариантов возможного использования минерализованных возвратных вод: I – все возвратные воды, сформированные в пределах водохозяйственных регионов, сбрасываются в р. Сырдарью; II – предусмотрено частичное внутрисистемное использование дренажных вод на орошение и частичное отведение их в реку и внутренние понижения.

Расчеты показывают, что на уровне 1985 г. при достижении орошаемой площади 3,4 млн. га требования хозяйств на воду можно обеспечить только при использовании около 70 % возвратных вод на орошение (I и II варианты). С точки зрения охраны земель и водных ресурсов, предусматривается внутрисистемное использование на орошение лишь слабоминерализованных возвратных вод (2 г/л) и отведение сильноминерализованных во внутренние понижения (оз. Арнасай) и пустыни с целью освоения пустынных пастбищ. В этом случае минерализация воды в р. Сырдарье будет увеличиваться, но не превысит норм ПДК. Минерализация оросительной воды не превысит 1,5 г/л.

Однако не надо забывать, что до 60-х годов р. Сырдарья выносила в Аральское море около 10...15 млн. т солей в год. К 1985 г. при практически полном использовании стока р. Сырдарья и значительной части возвратных вод ее бассейна эти соли будут неизбежно накапливаться в районах орошения и выклинивания дренажных и грунтовых вод. При этом, если в Ферганской долине и ЧАКИРе будет наблюдаться некоторое рассоление земель из-за мелиорации, то в среднем течении и низовьях ежегодно должны быть размещены около 7...10 млн. т солей.

Практика показывает (Ковда, 1967), что в ряде случаев бывает нецелесообразно использовать минерализованные воды непосредственно или смешиванием их с оросительными водами. Возникает проблема, где и как расположить конечные главные приемники солевых масс, тем более что наряду с увеличением минерализации оросительных вод происходит изменение их химического состава. Особенно это заметно в последние годы, когда в сельском хозяйстве интенсивно стали применять химические удобрения и различного рода ядохимикаты.

Для среднего течения р. Сырдарья водоприемник определен – это Арнасайское понижение и оз. Айдар, куда направляется и будет использоваться в дальнейшем 3,5...5 млн. т солей в год. Такой же солеприемник нужно организовать и на коллекторах низовьев.

Таким образом, при повторном использовании коллекторно-дренажных вод могут встречаться немалые трудности, прежде всего связанные с качеством этих вод. В последнее время учет качества вод при планировании водохозяйственных мероприятий имеет, как правило, не меньшее значение, чем определение ее количества. Предполагается, однако, что в перспективе создание автоматизированных систем управления бассейном и химические способы очистки воды позволят в некоторой мере преодолеть эти препятствия.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

- Духовный В. А., Литвак Л. С. Рационализация использования водных ресурсов в бассейне Аральского моря. – Хлопководство, 1975, вып. 10, 11, с. 31...33, 32...35.
- Духовный В. А. Возвратные воды и их формирование в связи с развитием орошения и техническим совершенствованием оросительных систем. – Водные ресурсы, 1981, № 3, с. 5...12.
- Харченко С. И. Гидрология орошаемых земель. – М.: Гидрометеиздат, 1975. – 372 с.

- З у д и н а Н. И. К прогнозу стока руслового выклинивания Сырдарьи в пределах Ферганской долины. — Изв. АН УзССР, сер. техн. наук, 1978, № 4, с. 37...39.
- С у м а р о к о в а В. В. Водоотведение при орошении в среднем течении Сырдарьи. — Сборник работ по гидрологии. Л.: Гидрометеониздат, 1980, № 16, с. 128—140.
- К а п л и н с к и й М. И. Вопросы учета возвратных вод при проектировании и эксплуатации оросительных систем. — В кн.: Вопросы водного хозяйства. Фрунзе, 1977, вып. 38, с. 15...23.
- К о в д а В. А. Уроки и опыт оросительных мелиораций. — В кн.: Материалы объединения сессии ВАСХНИЛ и АН УзССР по вопросам мелиорации. Ташкент: Фан, 1967, с. 37...77.
- Р у б и н о в а Ф. Э. Изменение стока р. Сырдарьи под влиянием водохозяйственного строительства в ее бассейне. — Труды САРНИГМИ, 1979, вып. 58 (139), с. 128.