



## Резервы экономии орошительной воды

УДК 626.812 (282.255.2)

### Возвратный сток в бассейне Сырдарьи

В. А. ДУХОВНЫЙ, Н. И. ПРОХОРЕНКО,  
В. И. СОКОЛОВ

Оценка объемов возвратных вод в условиях напряженных водохозяйственных балансов бассейнов рек Средней Азии и особенно р. Сырдарьи приобретает важное практическое значение прежде всего с точки зрения возможности повторного использования их для орошения.

Существует множество методов определения объемов возвратных вод: метод аналогов, воднобалансовый, корректирующих коэффициентов и т. д. Наши исследования по их оценке базируются на структурной модели, изложенной в работах [1, 2].

Объем возвратных вод нами предложено определять по формуле:

$$W_v = P + D + C, \quad (1)$$

где  $P$  — подрусловый сток, выклинивающийся в гидрографическую сеть как в естественную дренаж;  $D$  — дренажные воды;  $C$  — сбросные воды (поверхностные).

Выделение из общего стока возвратных вод части их, сформированной подземными водами и осадками [3..5], на наш взгляд, неправомерно, так как эти воды, перемещиваясь с грунтовыми, дренажными и сбросными, могут выклиниваться в коллекторно-сбросную и речную сеть. Некоторые авторы необоснованно исключают из числа возвратных не используемые в настоящее время сбросные воды, аккумулируемые во внутренних понижениях (например, в Арнасайском понижении в бассейне р. Сырдарьи и в Сарыкамышском — в бассейне р. Амударьи) [3, 4]. При сооружении специальных водозаборов или насосных уста-

новок эти воды могут быть возвращены в источник и использованы в дальнейшем, поэтому нами они отнесены к возвратным.

Подрусловый сток  $P$  мы рассматриваем как возвратные воды в основном естественного происхождения. Значение его определяется по формуле:

$$P = \sum F_i \cdot q_{ei}, \quad (2)$$

где  $F_i$  — площадь, дренируемая рекой непосредственно;  $q_{ei}$  — дренажный модуль естественного подземного притока с этой площади [2].

Значение  $P$  зависит от гидрологического строения бассейна и мелиоративных условий, определяющихся в основном динамикой уровня грунтовых и подземных вод на дренируемой рекой территории. Последние, в свою очередь, достаточно полно аппроксимируются показателем водности бытового притока  $W_0$ .

Анализ материалов русловых балансов, составленных по водохозяйственным регионам бассейна р. Сырдарьи, позволил выявить следующую линейную зависимость:

$$P/W_0 = j(P), \quad (3)$$

где  $W_0$  — бытовой приток,  $P$  — обеспеченность бытового стока, %. Как видно из рис. 1, в годы многоводий при высоких горизонтах воды в реке доля подрусловой приточности  $P/W_0$  с дренируемой территории уменьшается по сравнению с годами маловодий, когда низкий уровень в реке способствует повышению отдачи бассейна.

При этом доля подрусловой приточности (потерь) зависит также от топоморфических особенностей строения бассейна.

В числе прочих факторов на подрусловую приточность влияет степень антропогенного вмешательства в водный режим бассейна. В водохозяйственных регионах Сырдарьи антропогенное влияние проявляется в виде отмечаемого с 1962 г. некоторого уменьшения подруслового стока в пределах Ферганской долины вследствие увеличения внутриводоезного использования дренажных вод на орошение [6]. Наоборот, на ЧАКИРе и в среднем течении реки в последнее десятилетие наблюдается некоторое увеличение подруслового стока, что связано с подъемом уровней грунтовых вод, вызванным подпором от Чардаринского водохранилища.

Коллекторно-дренажные воды ( $D+C$ ) являются возвратными водами в основном искусственного (антропогенного) происхождения. Их поверхностная составляющая ( $C$ ) формируется за счет вод, сбрасываемых с поливных и промывных участков оросительных систем, аварийных сбро-

◆ Духовный Виктор Абрамович, кандидат технических наук, директор института; Прохоренко Нина Ивановна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории НТП; Соколов Вадим Ильич, младший научный сотрудник лаборатории НТП (САНИИРИ).

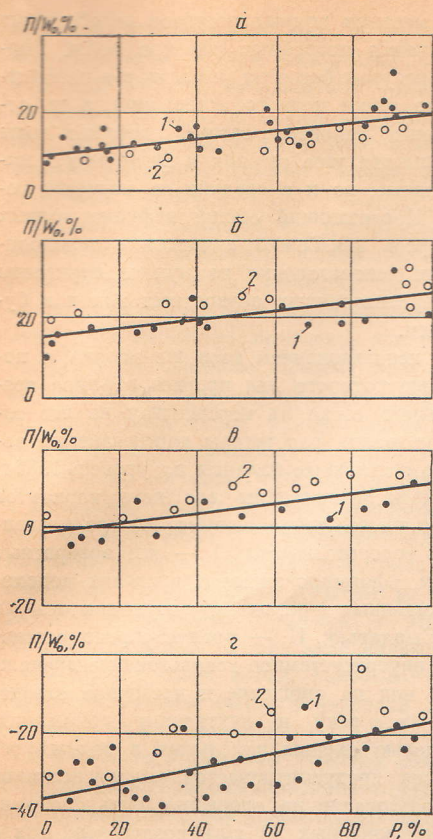


Рис. 1. Зависимость подрусовой приточности от обеспеченности поверхностного стока: 1 — до 1970 г.; 2 — в 1970—1980 гг.; а — для Ферганской долины; б — для ЧАКИРа; в — для среднего течения Сырдарьи; г — для низовий Сырдарьи

сов из ирригационной сети и потерь оросительных вод при эксплуатации гидротехнических устройств. Значение  $C$  зависит также от характера поливной техники, качества поливов и технического уровня оросительных систем.

Дренажные и сбросные воды, поступая в водопримные коллектора, перемешиваются и сбрасываются в гидрографическую сеть. Поэтому, с нашей точки зрения, сбросные воды нельзя отделять от возвратных (как это предлагается в работах [3..5]).

Ирригационно-грунтовая составляющая возвратного стока ( $D$ ) образуется в результате фильтрации оросительных вод из каналов и на сельскохозяйственных полях. Профильтровавшиеся воды, подпитывая грунтовые воды, могут частично или полностью выклиниваться в коллекторно-дренажную и гидрографическую сеть. Значение  $D$  определяется степенью и масштабом искусственной дренированности территории, видом дренажа, КПД систем, мелиоративным режимом.

Установлению степени влияния орошения на объем возвратных вод посвящен ряд

работ, в которых предлагается использование для этой цели коэффициентов пропорциональности к объему водозабора [5], воднобалансового метода и метода аналогов [3, 4, 7], а также трудноопределимых коэффициентов рассеивания стока и объемов вод площадного выклинивания [8].

Наиболее полная оценка составляющих возвратного стока, в том числе объемов дренажно-сбросных вод, может быть дана с использованием зависимостей, учитывающих характеристики орошаемой территории (КПД и дренажный модуль системы) и естественные факторы динамики возвратных вод (значение поверхностного стока, формирующегося в стокообразующей зоне, и его обеспеченность) [1, 2].

Размер антропогенной составляющей возвратного стока ( $D+C$ ) определяется по зависимости:

$$D + C = \bar{W}_{ор} \left[ \left( n_i \frac{q_{др}}{q_{ор}} \right) + (1 - \eta_{шп}) \eta_c d_2''' + (1 - \eta_c) d_1''' \right], \quad (4)$$

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;  $\eta_{шп}$ ,  $\eta_c$  — соответственно КПД поля и системы;  $d_1'''$ ,  $d_2'''$  — организационные потери (потери на сбросы).

На основе исследований САНИИРИ принято  $q_{др}/q_{ор}=0,35$ . С использованием данных САНИИРИ, Средазгипроводхлопка и Минводхоза УзССР в работе [2] получены значения антропогенной составляющей возвратного стока ( $D+C$ ) для Ферганской долины бассейна р. Сырдарьи (рис. 2). При сопоставлении расчетных и фактических значений абсолютные отклонения не превышали  $\pm 27\%$ . Зависимость (4) позволяет прогнозировать объемы возвратных вод с учетом изменения не только КПД техники полива и оросительной системы, но и оросительной нормы и мелиоративного режима.

В современных условиях в бассейне Аральского моря формируется около  $30 \text{ км}^3$  возвратных вод, в том числе  $15..16 \text{ км}^3$  в бассейне р. Сырдарьи (см. табл.). Сформированные из оросительных вод, качественно отличные от них по степени минерализации дренажные воды либо сбрасываются в источник орошения (и затем частично используются на орошение нижерасположенных районов, а частично попадают в Аральское море), либо отводятся во внутренние понижения, где бесполезно расходуются на испарение.

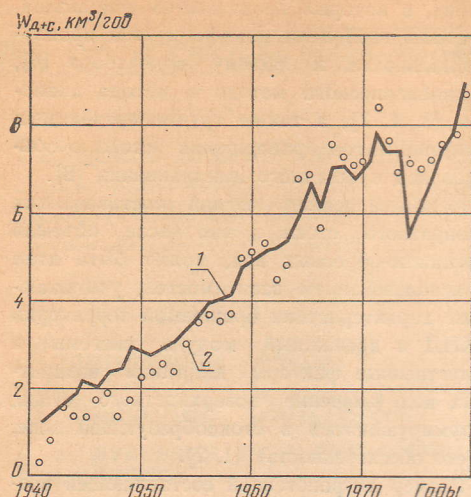


Рис. 2. Сопоставление фактических (1) и расчетных (2) значений антропогенной части возвратного стока Ферганской долины

В бассейне р. Сырдарьи, как и во всей аридной зоне, площадь (15 млн. га) потенциально пригодных для орошения земель значительно превышает площадь (3,2...3,4 млн. га) возможного развития орошения на базе собственных водных ресурсов. В настоящее время орошаемое земледелие в этом бассейне базируется на стоке р. Сырдарьи и ее притоков, объем которого колеблется для лет различной водности в пределах от 37,3 (50 %) до 27,1 км<sup>3</sup> (90 %). Объем же суммарного водопотребления здесь составляет около 50 км<sup>3</sup>. Возникновение значительных дефицитов воды в маловодные годы обусловило использование для орошения возвратных вод, начало которому было положено в 1960 г. В настоящее время возвратные воды, в первую очередь коллекторно-дренажные, используются уже не только в маловодные, но и в средние по водности годы. Например, в 1971 г. ( $P=53\%$ ) и в 1975 г. ( $P=95\%$ ) в целом по бассейну р. Сырдарьи было использовано на орошение соответственно 7 и 11 км<sup>3</sup> минерализованных возвратных вод.

До переброски в бассейн р. Сырдарьи части стока сибирских рек развитие здесь орошения намечается за счет рационального и экономного использования собственных водных ресурсов, что может быть обеспечено только за счет сокращения оросительных норм и оптимизации мелиоративного режима. По перспективному плану развития республик в бассейне р. Сырдарьи к 1985 г. предусмотрено увеличение площади орошаемых земель до 3,3 млн. га (против 2,9 млн. га в 1980 г.) при суммарном объеме водозабора 53 км<sup>3</sup> и ирригационном — 45 км<sup>3</sup>.

Следовательно, даже полное использова-

ние местных водных ресурсов не обеспечит получения потребных объемов воды. Водные ресурсы бассейна р. Сырдарьи находятся на грани полного исчерпания, а по отдельным районам острый дефицит воды ощущается уже сегодня и не только в маловодные, но и в средние по водности годы. Нарастающий общий дефицит водных ресурсов неизбежно приведет к необходимости использования на нужды ирригации минерализованных возвратных вод и в будущем.

С использованием того же метода, с помощью которого дан прогноз объемов возвратного стока на перспективу по его составляющим, рассчитаны перспективные водохозяйственные балансы на уровень 1985 г. Расчеты произведены 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. С целью охраны земельных и водных ресурсов предусматривается внутрисистемное использование на орошение лишь слабоминерализованных (2 г/л) возвратных вод с отведением сильноминерализованных вод во внутренние понижения (оз. Арнасай) и на орошение 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.

Повторное использование возвратных вод встречает немалые трудности, прежде всего в связи с их качеством. Так, например, нельзя 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. Сырдарьи и значительной части возвратных вод ее бассейна весь этот объем солей будет откладываться в районах орошения

Современный и прогнозируемый объемы возвратного стока в бассейне р. Сырдарьи в годы 50 и 90 % обеспеченности, км<sup>3</sup>/год

| Составляющие возвратного стока | 1975—1980 гг. |      | 1985 г. |      |
|--------------------------------|---------------|------|---------|------|
|                                | 50 %          | 90 % | 50 %    | 90 % |
| Подрусловой сток               | 4,4           | 4,8  | 4,4     | 4,8  |
| Дренажно-сбросные воды         | 11,8          | 9,9  | 13,0    | 11,6 |
| в том числе отводимые в реку   | 8,4           | 7,4  | 9,0     | 8,2  |
| в оз. Арнасай                  | 1,4           | 1,0  | 1,9     | 1,6  |
| в пустыню                      | 2,0           | 1,5  | 2,1     | 1,8  |
| Всего                          | 16,2          | 14,7 | 17,4    | 16,4 |

и выклинивания дренажных и грунтовых вод. При этом, если в Ферганской долине и ЧАКИРе будет наблюдаться некоторое рассоление земель в результате мелиорации, то в среднем течении реки и ее низовьях ежегодно должно осесть около 7...10 млн. т солей.

Практика показывает, что в ряде случаев бывает нецелесообразно использовать минерализованные воды непосредственно или путем смешивания их с оросительными водами [9]. Возникает проблема, где и как расположить конечные главные приемники солевых масс. Она усугубляется тем, что наряду с увеличением минерализации оросительных вод происходит изменение их химического состава. Особенно это заметно в последние годы, когда в сельском хозяйстве интенсивно стали применяться химические удобрения и различного рода ядохимикаты. Для среднего течения р. Сырдарья водоприемник определен — это оз. Арнасай и Айдар, куда направляется до 3,5...5 млн. т солей в год. Такой же солеприемник должен быть организован и на коллекторах низовьев реки.

В последнее время учет качества вод при планировании водохозяйственных мероприятий приобретает, как правило, не меньшее значение, чем количественная оценка их объемов. Предполагается, однако, что в перспективе создание автоматизированных систем управления бассейном (АСУ Б — Сырдарья) и химические способы очистки воды позволят в некоторой степени преодолеть эти препятствия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Духовный В. А., Литвак Л. С. Рационализация использования водных ре-

сурсов в бассейне Аральского моря. — «Хлопководство», 1975, № 10, 11.

2. Духовный В. А. Возвратные воды и их формирование в связи с развитием орошения и техническим совершенствованием оросительных систем. — «Водные ресурсы», 1981, № 3.

3. Харченко С. И. Гидрология орошаемых земель. — М.: Гидрометеиздат, 1975.

4. Левченко Г. П. Возвратные воды с орошаемых земель. — В кн.: IV Всесоюзный гидрологический съезд, т. IV, Л.: Гидрометеиздат, 1976.

5. Светицкий В. П. Изменение ресурсов возвратных вод в бассейне рек Сырдарья и Амударья в перспективе. — Труды САНИИРИ, 1962, вып. 133.

6. Зудина Н. И. К прогнозу стока руслового выклинивания Сырдарья в пределах Ферганской долины. — Известия АН УзССР, серия технических наук, 1978, № 4.

7. Сумарокова В. В. Водоотведение при орошении в среднем течении Сырдарья. — Сборник работ по гидрологии, № 16, Л.: Гидрометеиздат, 1980.

8. Каплинский М. И. Вопросы учета возвратных вод при проектировании и эксплуатации оросительных систем. — В кн.: Вопросы водного хозяйства, вып. 38, Фрунзе, 1977.

9. Ковда В. А. Уроки и опыт оросительных мелиораций. — В кн.: Материалы объединения сессии ВАСХНИЛ и АН УзССР по вопросам мелиорации. Ташкент: Фан, 1967.

10. Рубинова Ф. Э. Изменение стока р. Сырдарья под влиянием водохозяйственного строительства в ее бассейне. — Труды САРНИГМИ, вып. 58 (139), 1979.

УДК 626.824

Ю. Н. Поляков

## Повторное использование оросительных вод на Кубани

Развитие водного хозяйства в бассейне р. Кубани достигло такого уровня, что его можно считать классическим примером комплексного использования водных ресурсов. В состав водохозяйственного комплекса (ВХК) входят следующие потребители: орошаемое земледелие; промышленное, сельскохозяйственное и коммунальное водоснабжение; рыбное хозяйство; гидроэнергетика; судоходство. Кроме то-

го, в составе ВХК решены такие проблемы, как защита от наводнений и охрана водных ресурсов.

По объему потребления воды наиболее водоемкими следует считать сельское (орошаемое земледелие) и рыбное хозяйство. Удовлетворить всех потребителей воды бассейна Кубани путем использования живого тока реки не представляется возможным из-за крайне неравномерного внутригодового его распределения. Поэтому на Кубани проведен ряд мероприятий по регулированию стока (пост-

◆ Поляков Юрий Николаевич, кандидат технических наук.