

6  
С-23

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО  
ХОЗЯЙСТВА СССР

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ  
им. В. Д. ЖУРИНА (САНИИРИ)

КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

**ОБВОДНЕНИЕ,  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ  
ВОДОСНАБЖЕНИЕ**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Выпуск 154

Ташкент—1979



6  
С-23

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО  
ХОЗЯЙСТВА СССР

Среднеазиатский ордена Трудового Красного Знамени  
научно-исследовательский институт ирригации  
им. В. Д. Журина (САНИИРИ)

Казахский научно-исследовательский институт  
водного хозяйства

# ОБВОДНЕНИЕ, СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Выпуск 154

Ташкент—1979

УДК 621.647+628.18

В сборнике освещены основные результаты научных исследований по сельскохозяйственному водоснабжению; обводнению пастбищ; экономике водного хозяйства; эксплуатации оросительных и обводнительных систем; гидравлике каналов и гидротехнических сооружений, совершенствованию средств, способов и техники полива; мелморации земель; способам и средствам измерительной техники.

#### Р е д к о л л е г и я

Кадыров А.А.(отв. редактор), Антонов В.И.-зам. ред(Средазгипроводхлопок), Валентини Г.Г., Жулаев А.Ж.-зам. ред.(КахНИИВХ), Лактаев Н.Т., Милькис Б.Е., Наносов В.Г., Павлов Г.Н., Пулатов У.Ю, Пулатов А.Г., Сапаров -зам.ред. (ТуркменНИИГиМ), Якубов Х.М.(зам. редактора).



Казахский научно-исследовательский институт  
водного хозяйства (КазНИИВХ), 1979

Н.П.Ня  
мл.научный сотрудник  
А.Б.Магай  
з а в е д у щ и й   о т д е л о м  
А.Абдукаримов  
старший инженер  
(КазНИИВХ)

### О РЕЖИМАХ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ОВЕЦ НА ОТГОННЫХ ПАСТБИЩАХ В УСЛОВИЯХ КГА КАЗАХСТАНА

Основная база отгонно-пастбищного животноводства в Казахстане — пастбищные массивы. Обводнение их осуществляется в настоящее время и предполагается в будущем шахтными, трубчатыми колодцами и водопроводами.

Поскольку основным параметром, определяющим размеры этих сооружений и экономическую эффективность обводнения пастбищ, являются принимаемые за основу проектирования нормы водопотребления, весьма важно, чтобы последние содержали прогрессивные рекомендации. В существующих нормах не отражается обеспеченность расчетных коэффициентов часовой неравномерности и соответствующих им часовых расходов, что не позволяет оценить возможные превышения расходов. Кроме того, особенности режима водопотребления животных на пастбищах в существующих нормах не учтены.

Рациональное проектирование должно осуществляться с учетом местных природно-климатических, экономических и других условий, влияющих на закладываемые нормы, в частности, на режимы водопотребления. В этой связи изучение режимов водопотребления животных на пастбищах приобретает актуальное значение.

В 1977–1978 гг. КазНИИВХ проведены посезонные исследования по установлению режима водопотребления овец на отгонных пастбищах в условиях совхоза "Таласский" Джамбулской области.



Объемными замерами получено 1122 значения часового расхода. В данной статье использованы материалы наблюдений весеннего и летнего сезона 1978 г. за период с 24 апреля по 1 сентября (468 часовых замеров). В обработку данных вошло 446 замеров.

Известно, что оценка фактического водопотребления и коэффициентов неравномерности как среднего арифметического из сравнительно небольшого ряда наблюдений в течение одного сезона является весьма ориентировочной. Поэтому данные наблюдений были обработаны методами теории вероятностей и математической статистики. Основным принципом обработки заключается в нахождении распределений случайных величин расходов, суточных и часовых. На рис. 1-2 приведены кривые повторяемости часовых расходов при трехкратном водопое овец /1/, более оптимальном, чем однократный и двухкратный.

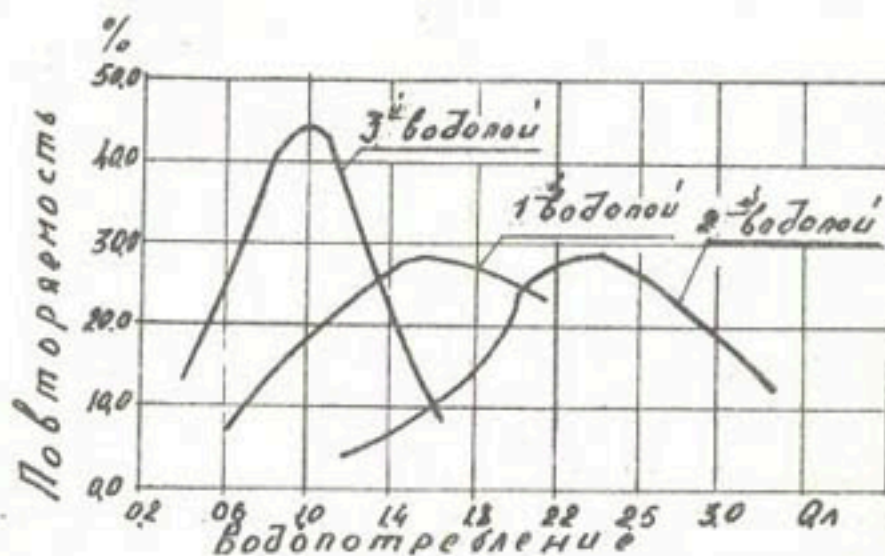


Рис. 1. Кривые повторяемости расходов воды овцами при трехкратном водопое (весна 1978 г.).

Кривые повторяемости удобно использовать для определения наиболее часто повторяющихся расходов, соответствующих по своему значению вершине кривых. Так, на рис. 2 наиболее повторяющийся расход воды одной овцы (наивероятнейшее его значение) при первом водопое равен 2 л, втором — 3 л, третьем —

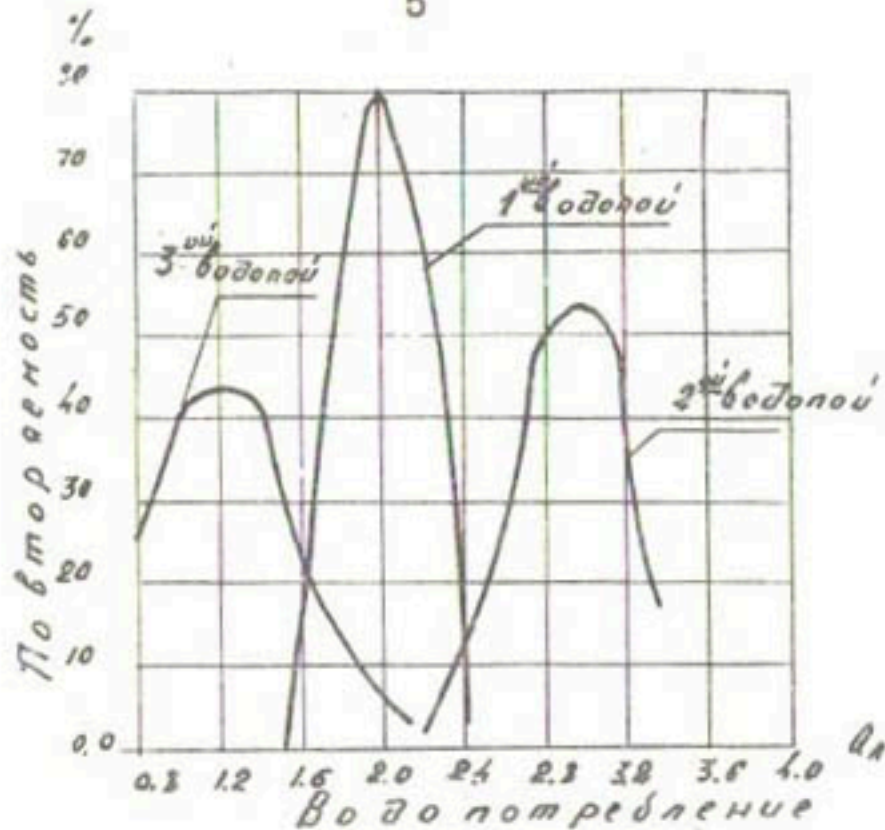


Рис. 2. Кривые повторяемости расходов воды овцами при трехкратном водопое (лето 1978 г.).

1,2 л. Таким образом, наиболее часто повторяющийся суточный расход воды может составить 6,2 л.

На рис. 3-4 приведены кривые обеспеченности часовых расходов при трехкратном водопое овец весной и летом.

По кривым обеспеченности можно определить максимальные значения расходов соответствующей продолжительности. Кривые обеспеченности необходимы для определения коэффициентов неравномерности водопотребления и построения расчетных графиков водопотребления.

Коэффициенты сезонной суточной неравномерности водопотребления ( $K_{сут}$ ) определены отношением суточного расхода 10-20 % — обеспеченности (максимальной) к наименьшему расходу за сезон. Коэффициенты часовой неравномерности, подсчитанные для отдельных конкретных суток не отражают повторяемость соответствующих им часовых расходов. Для определения коэффициента часовой неравномерности водопотребления максимальный часовой расход (обеспеченность 5-10%,



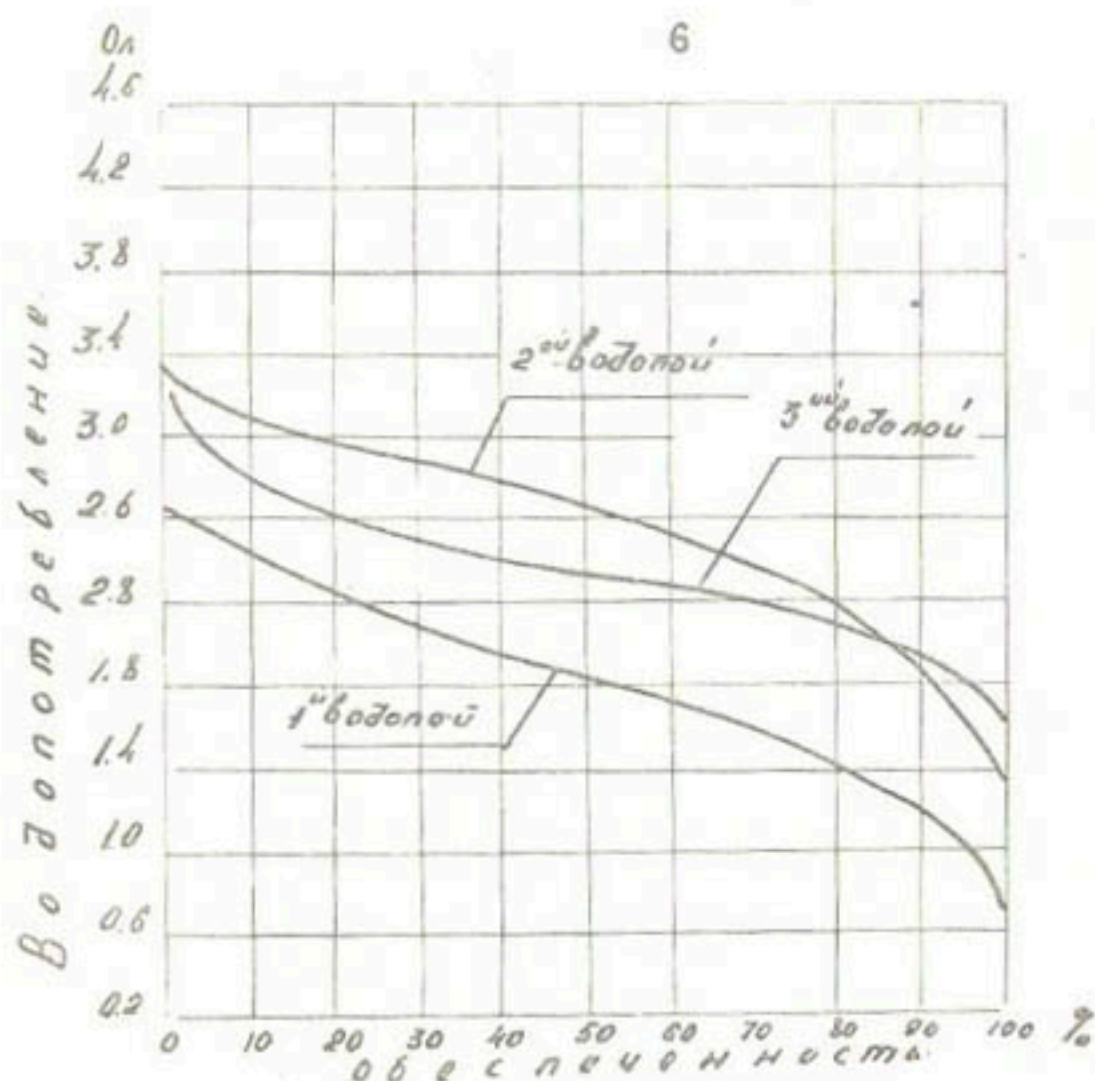


Рис.3. Кривые обеспеченности расходов воды  
овцами при трехкратном водоопое (вес-  
на 1978 г.).

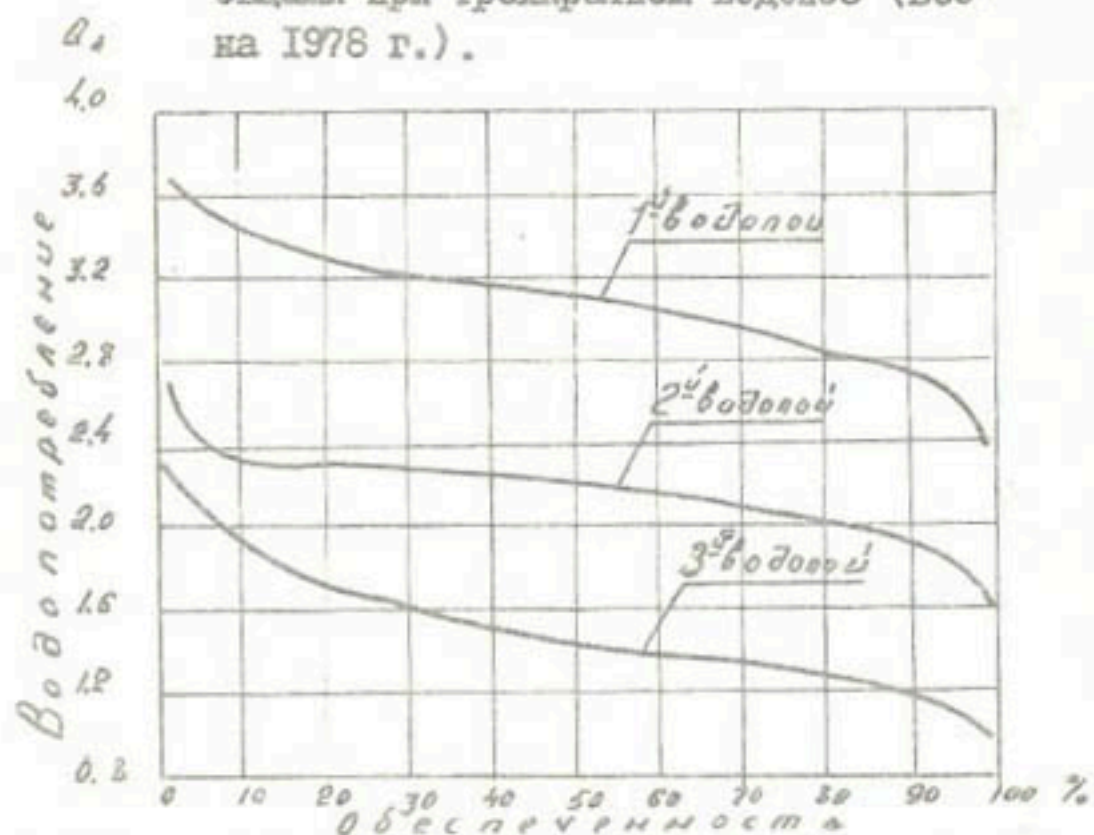


Рис.4. Кривые обеспеченности расходов воды  
овцами при трехкратном водоопое (ле-  
то 1978 г.).

повторяемость 6–10 раз в сезон) делим на средний часовой расход.

В таблице приведены коэффициенты суточной и часовой неравномерности водопотребления овец для весеннего и летнего сезона.

Таблица

Коэффициенты суточной и часовой неравномерности овец

| Коэффици-<br>енты не-<br>равномер-<br>ности | Кратность водопоев |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------|--------------------|------|------|------|------|------|
|                                             | Весна              |      |      | Лето |      |      |
|                                             | 1                  | 2    | 3    | 1    | 2    | 3    |
| $K_{сут}$                                   | 1,31               | 1,44 | 1,31 | 1,14 | 1,24 | 1,12 |
| $K_ч$                                       | 32,6               | 12,2 | 10,7 | 27,4 | 12,3 | 11,4 |

На формирование суточного режима водопотребления пастбищных животных оказывают влияние различные факторы, некоторые из них имеют случайный характер, не поддающийся анализу. Вследствие этого графики водопотребления даже за одинаковые дни, ничем не отличающиеся по условиям водопоя, разнохарактерны.

При установлении типового расчетного графика водопотребления можно говорить о наиболее вероятном распределении часовых расходов. Особенностью режима водопотребления животных на пастбищах является то, что часы водопоев строго определены зоотехническими условиями. В остальные часы водопотребление равно нулю и, таким образом, график суточного водопотребления представляет собой ровную линию с одним, двумя или тремя (в зависимости от числа водопоев) пиками.

Для построения типового графика наиболее приемлем способ, предложенный Н.А.Карамбировым /2/.

Н.А.Карамбиров предложил использовать суточные графики водопотребления с расходами, близкими к расходам по графикам рассматриваемой обеспеченности, и на основе статистического



анализа часовых расходов характерных суток строить типовой график суточного водопотребления.

Основные этапы построения расчетного графика:

- выбор типичных по характеру распределения часовых расходов воды графиков, соответствующих суткам с максимальным расходом воды (обеспеченность за теплый период составляет 25% и меньше);
- выделение из графика характерных типов, совпадающих с часами водопоев (однократный, двукратный, трехкратный);
- нахождение координат пиков на основе статистического анализа часовых расходов характерных суток.

На рис. 5 даны расчетные суточные графики неравномерности водопотребления овец для весны и лета при двукратном и трехкратном водопое овец.

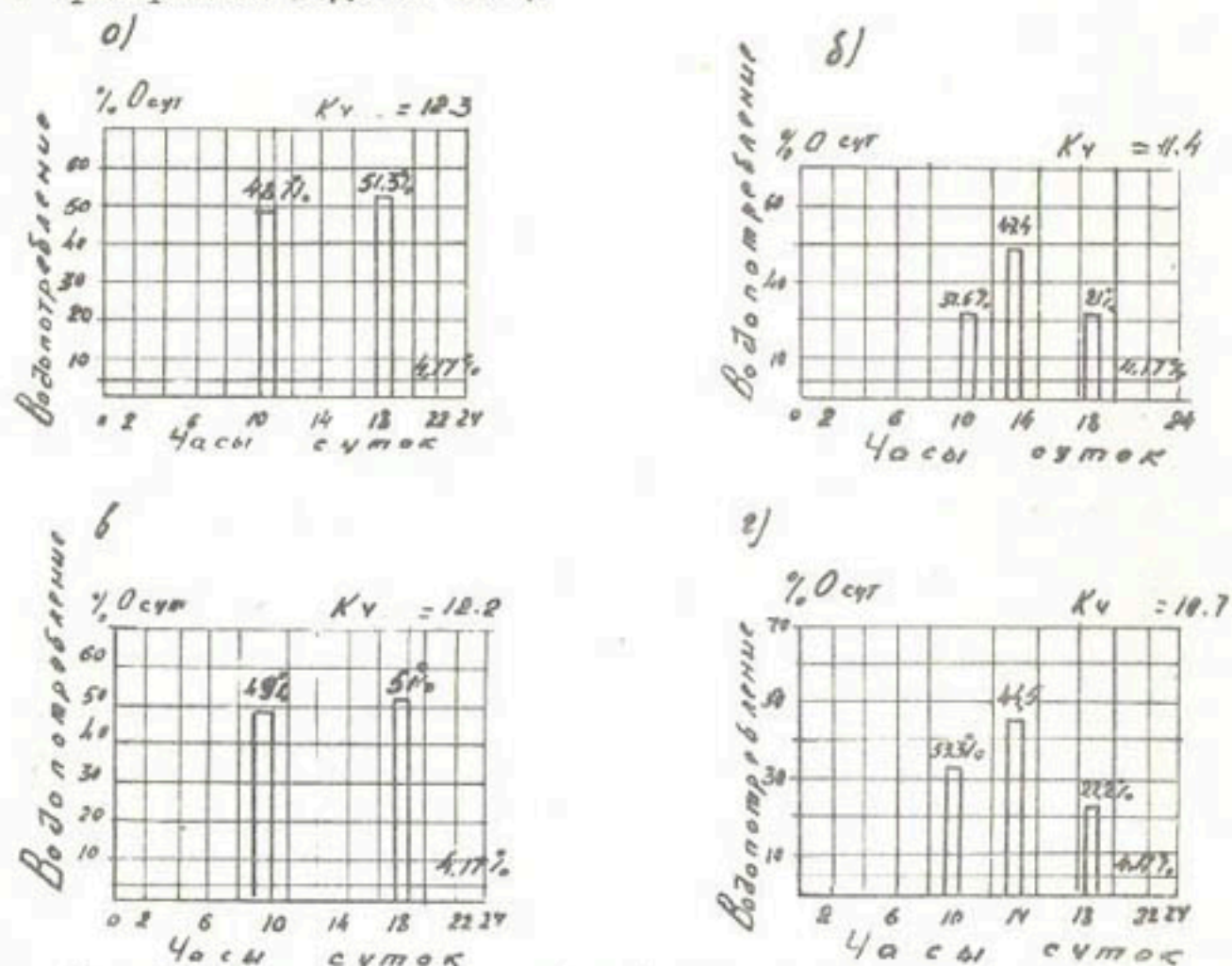


Рис. 5. Расчетные суточные графики неравномерности водопотребления овец:

- а) двукратный водопой, лето;
- б) трехкратный водопой, лето;
- в) двукратный водопой, весна;
- г) трехкратный водопой, весна.

Как видно из графиков, распределение воды в течение суток весеннего сезона примерно такое же, как и летом. Установленный типовый график в весенний и летний сезоны возможно объединить в единый график.

Для более полной характеристики режима водопотребления овец, а также других животных на пастбищах требуется дальнейшее накопление данных о распределении суточных и часовых расходов воды, в частности, в период осеннего сезона.

Накопление данных с применением вероятностно-статистических методов обработки даст возможность оценить вероятную обеспеченность и повторяемость любого расхода от минимального до максимального, что позволит в будущем обоснованно подходить к технико-экономическим расчетам в сельскохозяйственном водоснабжении и обводнении пастбищ.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. М а г а й А.Б., Н и Н.П., С и р г е л ь б а е в Ж. Некоторые результаты исследований режима водопотребления овец на пастбищах". Сб. научных трудов КазНИИВХ, вып. 155, Ташкент, 1978 г.
2. А ш и р я е в К.Ш., П е р ш и н Н.И. Расчетные суточные графики водопотребления и методика их построения. Экспресс-информация, серия 3, вып. 4, М., 1974 г.



А.Б.Магай  
з а в е д у щ и й о т д е л о м

Н.П.Ни  
мл.научный сотрудник

Ж.Сиргельбаев  
мл.научный сотрудник  
(КазНИИВХ)

## ВЛИЯНИЕ КРАТНОСТИ И СРОКОВ ВОДОПОЯ НА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ЖИВОТНЫХ НА ПАСТБИЩАХ

Одним из условий наиболее эффективного использования пастбищ является правильная организация водопоя и, в частности, его режима, т.е. назначения оптимальных часов водопоя. Изучение режима водопотребления в таком случае сводится к выявлению соотношений между размерами водопотребления в каждый водопой в зависимости от его кратности.

В настоящей статье приводятся данные наблюдений, проведенные КазНИИВХ летом 1977-1978 гг. на пастбищных массивах совхозов "Таласский" и "Аккульский" Джамбулской области, по режиму водопотребления овец и крупного рогатого скота, показывающие влияние кратности и сроков проведения водопоя на водопотребление животных.

Методика наблюдений состояла в следующем. Из общего поголовья отбиралось 12 животных-аналогов одного возраста и пола, примерно одинакового веса. Животные были разбиты на 3 группы по 4 головы в каждой:

- первая группа - 1 водопой в сутки;
- вторая группа - 2 водопоя в сутки;
- третья группа - 3 водопоя в сутки.

Контрольная группа животных подчинялась режиму содержания, принятому в хозяйствах. Замеры водопотребления осуществлялись объемным способом.

В 1977 г. водопой животных проводился в часы, указанные в табл. I.

Таблица I

Время проведения водопоя животных на пастбищах  
(лето 1977 г.)

| Животные | Водопой     | Время водопоя                      |                                    |                                    |
|----------|-------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|          |             | первого                            | второго                            | третьего                           |
| Овцы     | однократный | 12 <sup>00</sup> -13 <sup>00</sup> |                                    |                                    |
|          | двукратный  | 8 <sup>00</sup> -9 <sup>00</sup>   | 15 <sup>00</sup> -16 <sup>00</sup> |                                    |
|          | трехкратный | 8 <sup>00</sup> -9 <sup>00</sup>   | 12 <sup>00</sup> -13 <sup>00</sup> | 16 <sup>00</sup> -17 <sup>00</sup> |
| Коровы   | однократный | 13 <sup>00</sup> -14 <sup>00</sup> |                                    |                                    |
|          | двукратный  | 12 <sup>00</sup> -14 <sup>00</sup> | 17 <sup>00</sup> -19 <sup>00</sup> |                                    |
|          | трехкратный | 10 <sup>00</sup> -11 <sup>00</sup> | 15 <sup>00</sup> -16 <sup>00</sup> | 20 <sup>00</sup> -21 <sup>00</sup> |

Суточное водопотребление, согласно указанному времени, приведено в табл.2.

Таблица 2

Распределение выпитой воды животными  
на пастбищах в течение суток (в % от суточного)  
летом 1977 г.

| Животные | В о д о п о й |        |                |             |        |        |                |
|----------|---------------|--------|----------------|-------------|--------|--------|----------------|
|          | двукратный    |        |                | трехкратный |        |        |                |
|          | первый        | второй | K <sub>ч</sub> | первый      | второй | третий | K <sub>ч</sub> |
| Овцы     | 39            | 61     | 14,5           | 28          | 63     | 9      | 15,4           |
| Коровы   | 13            | 87     | 21             | 13          | 59     | 28     | 14             |

Наблюдения показали крайне неравномерное распределение выпиваемой воды. Преобладающее количество воды выпивалось во второй водопой в самую жару.

В первый и третий водопой животные пили неохотно; это позволило предположить, что часы водопоя животных на пастбищах следует изменить: первый и третий водопой (при трехкратном поении) "раздвинуть", а часы водопоя при двукратном поении "сдвинуть" в сторону дневных и вечерних /1/.

Поэтому в 1978 г. в этих же хозяйствах с теми же группами подопытных животных в тот же сезон проводились наблюдения за водопотреблением, согласно измененному распорядку пое-



ния (табл.3). Результаты наблюдений приведены в табл.4.

Таблица 3

Время проведения водопоя животных на пастбищах (лето 1978г.)

| Животные | Водопой     | Время водопоя                      |                                    |                                    |
|----------|-------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|          |             | первого                            | второго                            | третьего                           |
| Овцы     | однократный | 13 <sup>00</sup> -14 <sup>00</sup> |                                    |                                    |
|          | двукратный  | 10 <sup>00</sup> -11 <sup>00</sup> | 18 <sup>00</sup> -19 <sup>00</sup> |                                    |
|          | трехкратный | 10 <sup>00</sup> -11 <sup>00</sup> | 13 <sup>00</sup> -14 <sup>00</sup> | 18 <sup>00</sup> -19 <sup>00</sup> |
| Коровы   | однократный | 13 <sup>00</sup> -15 <sup>00</sup> |                                    |                                    |
|          | двукратный  | 10 <sup>00</sup> -11 <sup>00</sup> | 17 <sup>00</sup> -19 <sup>00</sup> |                                    |
|          | трехкратный | 10 <sup>00</sup> -11 <sup>00</sup> | 13 <sup>00</sup> -14 <sup>00</sup> | 17 <sup>00</sup> -18 <sup>00</sup> |

Таблица 4

Распределение выпитой воды животными на пастбищах в течение суток (в % от суточного водопотребления) летом 1978 г.

| Животные | В о д о п о й |        |                |             |        |        |                |
|----------|---------------|--------|----------------|-------------|--------|--------|----------------|
|          | двукратный    |        |                | трехкратный |        |        |                |
|          | первый        | второй | K <sub>ч</sub> | первый      | второй | третий | K <sub>ч</sub> |
| Овцы     | 48,5          | 51,5   | 12,3           | 32          | 47,5   | 20,5   | 11,4           |
| Коровы   | 15            | 85     | 20,2           | 13,2        | 58,8   | 28     | 14,2           |

Как видно из табл.4, распределение выпиваемой воды стало более равномерным, особенно у овец. Коэффициенты часовой неравномерности уменьшились. В табл.5 показано среднее суточное водопотребление животных на пастбищах за 1977 и 1978 гг.

Таблица 5

Среднее суточное водопотребление животных на пастбищах  
(лето 1977 и 1978 гг.)

| Животные | Годы<br>исследо-<br>вания | Кратность водопоя |            |             |
|----------|---------------------------|-------------------|------------|-------------|
|          |                           | однократный       | двукратный | трехкратный |
| Овцы     | 1977                      | 5,10              | 5,5        | 6,3         |
|          | 1978                      | 4,9               | 5,9        | 6,0         |
| Коровы   | 1977                      | 31                | 34         | 41          |
|          | 1978                      | 35                | 46         | 56          |

Суточное водопотребление с изменением распорядка поения так же изменилось: у овец — незначительно, в то время, как коровы стали пить значительно больше. Степень возрастания водопотребления зависит от кратности водопоя: повышается с увеличением кратности водопоя.

Контрольное взвешивание подопытных групп животных показало, что распорядок поения оказывает весьма значительное влияние на величину привеса животных (табл.6).

Таблица 6

Прибавка в весе подопытных животных,  
в % к первоначальному

| Животные | Годы<br>наблюдений | Привес, в %            |                       |                        |
|----------|--------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
|          |                    | однократный<br>водопой | двукратный<br>водопой | трехкратный<br>водопой |
| Овцы     | 1977               | 6                      | 8,4                   | 9,9                    |
|          | 1978               | 12,3                   | 11,8                  | 14,6                   |
| Коровы   | 1977               | 5                      | 7                     | 1,5                    |
|          | 1978               | 18,6                   | 21,1                  | 27,2                   |

Распорядок поения, принятый в 1978 г., способствовал значительному увеличению привеса животных. Так, например, коровы III группы (трехкратный водопой) прибавили в весе по сравнению с 1977 г. более, чем в 15 раз. В остальных группах разница в привесе также весьма существенна.



Таким образом, распорядок водопоя животных влияет на водопотребление и привес животных на пастбищах. Режимы водопотребления, применяемые в 1978 г., более оптимальны, чем в 1977 г., получены на основании принятого в хозяйствах области распорядка поения.

В X пятилетке планируется обводнить 24,8 млн. га новых площадей пастбищ и реконструировать ранее обводненные пастбища на площади 25 млн. га. Осуществление обводнительных мероприятий на этой площади с обеспечением животных своевременным водопоем даст значительный привес мясной продукции.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Магай А.Б., Ни Н.П., Сиргельбаев Ж. Некоторые результаты исследований режима водопотребления овец на пастбищах. Труды КазНИИВХ, вып. 155, Ташкент, 1978 г.

В.Н. Мухамеджанов  
канд. техн. наук, заведующий отделом  
Ш.Ш. Асанов  
инженер  
(КазНИИВХ)

### СИСТЕМА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТЫ ГРУППОВЫХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Обязательным компонентом жилищного и культурно-бытового комплекса является система водоснабжения. Особо велика ее роль при освоении новых необжитых и к тому же безводных территорий (таких как Целинные районы Казахстана).

В последние десятилетия для водоснабжения территорий, как в нашей стране, так и за рубежом все большее применение получают групповые системы сельскохозяйственного водоснабжения. В Казахстане действуют крупнейшие в мире групповые системы водоснабжения: Пресновская протяженностью 3330 км, Ишимская — 1749 км, Булаевская — 1653 км и др., оснащенные современными средст-



вами связи, телемеханизацией и сигнализацией /1/.

В настоящее время уже накоплен значительный опыт эксплуатации групповых водопроводов; на ряде систем проведены исследовательские работы с целью уточнения режима водопотребления, разработки мероприятий по улучшению организации и технической эксплуатации групповых водопроводов и другие исследования /1,2/.

Вместе с тем, слабым звеном в комплексе (производственный процесс — анализ производственно-хозяйственной деятельности) остается отсутствие разработанных приемов и методов экономической оценки производственной деятельности групповых систем сельскохозяйственного водоснабжения.

Основой полной экономической оценки и анализа производственной деятельности групповых водопроводов может служить система технико-экономических показателей (ТЭП). Необходимость разработки системы ТЭП, которая давала бы комплексную, всестороннюю характеристику работе действующих групповых систем сельскохозяйственного водоснабжения, обусловлена следующими задачами: во-первых, получить объективную картину использования воды в системах водоснабжения; во-вторых, выявить имеющиеся на групповых системах сельскохозяйственного водоснабжения резервы и наметить пути их использования в производстве; в-третьих, установить эффективность мероприятий по улучшению работы групповых водопроводов.

Всесторонняя технико-экономическая оценка работы групповых систем водоснабжения может быть получена, исходя из рассмотрения всего производственного процесса — водозабора, очистки, распределения и подачи воды непосредственно потребителю.

Известны методики исчисления ТЭП, разработанные проф. Зузином Д.Т. /3/, проф. Воропаевым Г.В. /4/ применительно к оросительным системам. Методика Зузика Д.Т. предусматривает группировку всех технических и экономических показателей для обоснования проектируемых водохозяйственных объектов по шести признакам. Воропаев Г.В. разработал систему ТЭП для оценки работы оросительных систем, состоящую из четырех групп. Основой для разработки системы ТЭП с целью оценки работы групповых водопроводов нами принята трехступенчатая группировка технико-экономической информации: "ресурсы — затраты — результаты", впервые предложенная Корховым Ю.В. /5/, для исчисления ТЭП работы Урало-Кушумской оросительно-обводнительной системы. Эта схема исчис-



ления ТЭП наиболее проста, в то же время она дает полную картину производственного процесса. Однако необходимо отметить, что авторы /5/ не совсем верно, на наш взгляд, назвали группы показателей. Так как в первой и второй группах показателей дается характеристика наличия и степени использования не только земельных, водных и трудовых ресурсов, но и средств производства, показатели этих групп будут характеризовать наличие и использование производительных сил.

В этой связи, предложенная нами система исчисления ТЭП для оценки работы групповых систем сельскохозяйственного водоснабжения основана на сборе, обработке и группировке технико-экономических показателей по схеме: производительные силы — использование производительных сил — результаты производства.

Первая группа показателей — производительные силы — должна содержать показатели, характеризующие количественный и качественный состав средств производства, природных и трудовых ресурсов, которыми располагает исследуемая система водоснабжения. Такие как — производительность системы, протяженность сети, количество потребителей, физико-химические показатели качества очищенной воды, количественный и качественный состав работников, обслуживающих систему и т.д.

Во вторую группу показателей — использование производительных сил — должны войти показатели, характеризующие степень использования основных средств производства, природных и трудовых ресурсов. Это степень использования производственных мощностей, суммарные годовые эксплуатационные издержки, расход электроэнергии, энерговооруженность труда, механовооруженность труда и т.п.

Третья группа показателей — результаты производства — должна характеризовать продукт производства, т.е. объем и стоимость валовой продукции, прибыль, себестоимость 1 м<sup>3</sup> воды, рентабельность по основным производственным фондам и издержки производства, производительность труда, показатель фондоотдачи и т.п.

В таблице даны основные технико-экономические показатели, характеризующие работу групповых систем сельскохозяйственного водоснабжения, даются обозначения и формулы, поясняющие взаимосвязь отдельных показателей. Для примера, в таблице приводятся ТЭП работы Ишимского группового водопровода за 1978 г. Специ-



фией объекта является то, что Ишимский групповой водопровод — один из крупных водопроводов, эксплуатируемый более 15 лет. Зона охвата водопроводом составляет 2,5 млн.га. В административном отношении водопровод частично охватывает территорию трех областей: Кокчетавскую, Кустанайскую, Северо-Казахстанскую и обслуживает 74 потребителя (203 населенных пункта, 44 совхоза, 32 хлебоприемных пункта, 14 железнодорожных разъездов и узлов, 3 районных центра).

Таблица

Технико-экономические показатели работы  
Ишимского группового водопровода  
(1978 г.)

| Наименование показателей | Обозначения<br>и расчетные<br>формулы | Ед.<br>изм. | Числовые<br>значения |
|--------------------------|---------------------------------------|-------------|----------------------|
| I                        | 2                                     | 3           | 4                    |

I группа показателей — производительные силы

|                                                           |                                      |                    |         |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|---------|
| * Производственные основные фонды                         | $\Phi = \Phi_0 + \Phi_n + \Phi_{об}$ | тыс.руб            | 51296,7 |
| Основные производственные фонды на балансе                | $\Phi_0$                             | тыс.руб            | 49800,4 |
| в том числе используются                                  | $\Phi_1$                             | тыс.руб            | 48508,4 |
| Фонды непроизводственного назначения                      | $\Phi_n$                             | тыс.руб            | 1221,8  |
| Оборотные фонды                                           | $\Phi_{об}$                          | тыс.руб            | 274,5   |
| * Протяженность магистральных водоводов                   | $L_{м.б.}$                           | км                 | 1764,7  |
| — используется                                            | —                                    | км                 | 1634,1  |
| * Число подключенных потребителей                         | $n$                                  | потреб.            | 74,0    |
| Протяженность магистрального водовода на I потребителя    | $\frac{L_{м.б.}}{n}$                 | км                 | 22,08   |
| * Общий объем резервуаров чистой воды                     | $W_{р.ч.б.}$                         | тыс.м <sup>3</sup> | 16,0    |
| * Общая установленная мощность насосных станций (рабочая) | $N_{общ.}$                           | квт.ч              | 3777,7  |



| I                                                                                                                                               | 2                       | 3                       | 4                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Мощность (производительность) очистных сооружений в сутки                                                                                       | $Q_{o.c.}$              | тыс.м <sup>3</sup> /сут | 37,5                                |
| Источник водоснабжения – Сергеевское водохранилище на р. Ишим                                                                                   | $W_{c.r.}$              | млн.м <sup>3</sup>      | 650                                 |
| Площадь зоны обслуживания водопроводом                                                                                                          | $F_{\phi.}$             | млн.га                  | 2,5                                 |
| Проектная мощность водопровода (количество воды, которое можно пропустить по системе за год при полном ее использовании пропускной способности) | $W_{np.}$               | млн.м <sup>3</sup>      | 22,08                               |
| Годовой фактический объем водозабора в систему                                                                                                  | $W_{ф.г.}$              | млн.м <sup>3</sup>      | 13,682                              |
| Среднесуточный водозабор воды в год                                                                                                             | $W_{ф.с.}$              | тыс.м <sup>3</sup> /сут | 39,7                                |
| Физико-химические показатели очищенной нормативной воды:                                                                                        |                         |                         |                                     |
| – цветность                                                                                                                                     | –                       | град.                   | 25 <sup>0</sup> /не 20 <sup>0</sup> |
| – запах                                                                                                                                         | –                       | балл.                   | I/I-5                               |
| – привкус                                                                                                                                       | –                       | балл.                   | <sup>0</sup> /I-5                   |
| – прозрачность                                                                                                                                  | –                       |                         | 30/30                               |
| – pH                                                                                                                                            | –                       | –                       | 8,1/6,5–8,5                         |
| – общая жесткость                                                                                                                               | –                       | мг-экв.л                | 4,2/7                               |
| – содержание железа                                                                                                                             | –                       | мг/л                    | 0,08/0,3                            |
| – содержание сульфатов                                                                                                                          | –                       | мг/л                    | 82/500                              |
| – содержание фтора                                                                                                                              | –                       | мг/л                    | 1,1/1,7                             |
| – содержание хлоридов                                                                                                                           | –                       | мг/л                    | 24/350                              |
| – содержание нитратов                                                                                                                           | –                       | мг/л                    | 0/10                                |
| – колититр                                                                                                                                      | –                       | –                       | 333/ 300                            |
| – колииндекс                                                                                                                                    | –                       | –                       | 3/ 3                                |
| Количество работников обслуживающих систем                                                                                                      | $P_c = P_1 + P_2 + P_3$ | чел.                    | 307                                 |
| в том числе:                                                                                                                                    |                         |                         |                                     |
| а) ИТР и служащих (работников)                                                                                                                  | $P_1$                   | чел.                    | 71,0                                |
| б) рабочих                                                                                                                                      | $P_2$                   | чел.                    | 191                                 |
| в) младший обслуживающий персонал                                                                                                               | $P_3$                   | чел.                    | 45                                  |

|                                                                 | I                                                                | 2                                 | 3       | 4 |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|---|
| II группа показателей – использование производительных сил      |                                                                  |                                   |         |   |
| *Суммарные годовые издержки по системе водоснабжения            | $C_{\Sigma}$                                                     | тыс.руб                           | 1495,1  |   |
| в том числе:                                                    |                                                                  |                                   |         |   |
| а) материалы и реагенты                                         | $C_m$                                                            | тыс.руб                           | 230,6   |   |
| б) электроэнергия                                               | $C_{\Sigma \text{ э}}$                                           | тыс.руб                           | 276,0   |   |
| в) амортизационные отчисления на текущий и капитальный ремонт   | $C_{\Sigma \text{ ам}}$                                          | тыс.руб                           | 371,3   |   |
| г) заработная плата основная и дополнительная                   | $C_{\Sigma \text{ п}}$                                           | тыс.руб                           | 547,7   |   |
| д) отчисления на соц.страхование                                | $C_{\Sigma \text{ ст}}$                                          | тыс.руб.                          | 22,3    |   |
| е) прочие денежные расходы                                      | $C_{\Sigma \text{ пр}}$                                          | тыс.руб.                          | 58,8    |   |
| Удельные размеры годовых издержек на I га обслуживаемой площади | $\frac{C_{\Sigma \text{ э}}}{F_b}$                               | руб/га                            | 0,6     |   |
| *Общий расход электроэнергии в год                              | $\Sigma_{\text{общ}}$                                            | тыс.квт.ч                         | 18752,4 |   |
| Удельный расход электроэнергии на I м <sup>3</sup> водозабора   | $\Sigma_{\text{уд}} = \frac{\Sigma_{\text{общ}}}{W_{\text{фс}}}$ | $\frac{\text{квт.ч}}{\text{м}^3}$ | 1,3     |   |
| Коэффициент обновляемости фондов                                | $K_{\text{обн}} = \frac{C_{\text{ам}}}{\Phi_s}$                  | 100 %                             | 0,74    |   |
| *Степень использования производственных мощностей системы       | $\frac{W_{\text{фс}}}{W_{\text{пр}}}$                            | 100 %                             | 73,1    |   |
| *Общее количество воды, подаваемое потребителям в год           | $W_{\Sigma \text{ в}}^6$                                         | млн.м <sup>3</sup>                | 13,342  |   |
| Среднегодовая водоподача в систему                              | $W_{\text{ср.г}}$                                                | млн.м <sup>3</sup>                | 14,142  |   |
| Среднесуточная водоподача потребителей                          | $W_{\text{ср.д}}$                                                | тыс.м <sup>3</sup>                | 36,5    |   |
| Годовой объем воды на I потребителя                             | $\frac{W_{\Sigma \text{ в}}^6}{n}$                               | тыс.м <sup>3</sup>                | 180,3   |   |
| Коэффициент использования магистральных водоводов               | $K_{\text{ив}}^6$                                                | %                                 | 92,6    |   |
| *Годовая выработка на I работающего                             | $\beta_r = \frac{W_{\Sigma \text{ в}}^6}{P_{\Sigma \text{ вт}}}$ | тыс.м <sup>3</sup>                | 43,5    |   |



|                           | I                                            | 2                                  | 3      | 4 |
|---------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|--------|---|
| Фондовооруженность труда  | $\Phi_{rp} = \frac{\Phi}{P}$                 | тыс. руб/чел.                      | 268,51 |   |
| Энерговооруженность труда | $\mathcal{E}_{rp} = \frac{P^2 N_{обш}}{P_2}$ | $\frac{\text{квт.ч}}{\text{чел.}}$ | 19,7   |   |
| Механовооруженность труда | $M_{rp} = \frac{C_{об}}{P_2}$                | руб/чел.                           | 3860,3 |   |
| *Текучесть кадров         | —                                            | %                                  | 19,2   |   |

III группа показателей - результаты производства

|                                            |                                     |                                       |         |  |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------|--|
| *Валовая продукция                         | $\bar{B}$                           | тыс. руб                              | 1734,46 |  |
| *Прибыль                                   | $\Pi_B$                             | тыс. руб                              | 57,4    |  |
| Себестоимость 1 м <sup>3</sup> воды        | $C_{б_6} = \frac{C_{сб}}{W_{сум}}$  | руб                                   | 0,11    |  |
| Цена обслуживаемого гектара                | $\mathcal{U} = \frac{B}{W_{сум}^6}$ | руб/м <sup>3</sup>                    | 0,63    |  |
| *Рентабельность по производственным фондам | $\frac{\Pi_6}{\Phi} \cdot 100$      | %                                     | 0,11    |  |
| *Рентабельность по издержкам производства  | $\frac{\Pi_6}{C_{сб}} \cdot 100$    | %                                     | 3,8     |  |
| Производительность труда                   | $\frac{B}{P_c}$                     | $\frac{\text{тыс. руб}}{\text{чел.}}$ | 5,65    |  |
| *Фондоотдача                               | $\frac{B}{\Phi}$                    | руб/руб                               | 0,035   |  |

Количество показателей в общем случае может быть как угодно велико, от самых обобщающих показателей в целом по системе до дифференцированных показателей по отдельным хозяйствам и т.д. Степень детализации будет зависеть от задач проводимого анализа. Для самой общей, но всесторонней характеристики и оценки работы групповых систем сельскохозяйственного водоснабжения достаточно иметь по 5-7 показателей из каждой группы. В таблице таких основных показателей, отмеченных звездочкой, - 19.

Все дальнейшие показатели, применяемые для характеристики работы системы сельскохозяйственного водоснабжения, являются производными, которые будут углублять характеристику производства, раскрывать причинность численных размеров, уточнять место их в производстве и др.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. К е м е л е в А.А. Групповые системы сельскохозяйственного водоснабжения. "Колос", М., 1971.
2. Ч е р е б е д о в Д.Н., В о р о н ц о в В.И. Эксплуатация групповых сельскохозяйственных водопроводов. "Кайнар", А-Ата, 1971.
3. З у з и к Д.Т. Экономика водного хозяйства. "Колос", М., 1973.
4. В о р о п а е в Г.В. Вопросы технико-экономической оценки работы оросительных систем и отдельных водохозяйственных мероприятий. Труды КазНИИВХ, т. II, 1960.
5. К о р х о в Ю.В., М а к а н о в Ж.М., Ш о м а е в К.А. Система ТЭП и ее применение для оценки состояния водохозяйственного производства на обводнительных системах и сооружениях. Сб. научных трудов КазНИИВХ, вып. 146, ч. II, Ташкент, 1975.

Т. Б. Саяков  
ст. научный сотрудник, канд. эк. наук  
(КазНИИВХ)

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕНТНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ ЗА ВОДУ В УСЛОВИЯХ ХОЗРАСЧЕТНОГО ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ И УПРАВЛЕНИЯМИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Одним из важнейших элементов в системе, способствующих повышению эффективности природных ресурсов орошаемого земледелия (земля и вода) в нашей стране, укреплению и развитию водного хозяйства, является внедрение хозрасчета в ирригацию. Несмотря на несовершенство организационных и финансовых форм внедрения хозрасчета, отмечалось улучшение использования ресурсов поливной воды и технического состояния оросительных систем.

Например, в Киргизии к 1975 г. около 98 % общего количества водовыделов республики было оборудовано водомерами, а по-



тери воды в межхозяйственной сети снизились до 15 % /1/.

При переводе оросительных систем на хозрасчет одной из основных проблем является методология установления платы за использование водных ресурсов. По этому вопросу до настоящего времени нет единого мнения среди экономистов: одни предлагают установить единую цену за кубометр воды в пределах республики, без какой-либо дифференциации. Цена должна зависеть от вида водозабора (самотечный или механический) и цели применения воды (орошение, осушение или обводнение). Такое построение тарифов изменяет доходы оросительных систем в районах орошения, где водные ресурсы подвержены сильным колебаниям.

Для уменьшения финансовых затруднений, создаваемых в управлениях оросительных систем из-за неустойчивого размера водопотребления хозяйств, определяемых погодными условиями, многие экономисты предлагают применять двухставочные тарифы за оросительную воду. Такие тарифы должны состоять из переменной и постоянной части /2/.

В нашей стране находит применение первый вид установления тарифов за воду. Его достоинство заключается в том, что затраты на воду окупаются хозяйствами-водопотребителями в пределах действующих закупочных цен на сельскохозяйственную продукцию с орошаемых земель. Опыт введения платежей за воду в Киргизской ССР показал, что эта проблема может быть решена путем передачи бюджетных средств на покрытие эксплуатационных затрат УОС в условиях бесплатности воды, на специальный счет госбанка для оплаты водозабора колхозами-водопользователями. Для совхозов эта проблема решается еще проще: путем соответствующего сокращения отчислений в госбюджет от их прибыли. При такой форме изымания платы рационально используется поливная вода, что повышает продуктивность орошаемых земель.

Кроме того, необходимо отметить слабые стороны тарифа, построенные на затратной основе. Однако это не позволяет определять потребность воды в тарифах в зависимости от места и времени ее расхода. Поэтому тариф за воду, или переменная часть двухставочного тарифа должен, на наш взгляд, состоять из нескольких элементов (составляющих), которые устанавливаются в



расчете на единицу фактически израсходованной воды (в отличие от постоянной части тарифа) и должны быть едины для всех водопотребителей в пределах водохозяйственного района, обсуждаемого данным УОС. Имеющиеся в литературе предложения о дифференциации тарифа или переменной его части (при двухставочном тарифе) по водопользователям, на наш взгляд, неприемлемы, так как это приводит к потере единого критерия целесообразности осуществления водосберегающих мероприятий в пределах одной оросительной системы. Однако экономическое содержание и методы формирования этих элементов тарифа весьма различны. По нашему мнению, тариф на воду для орошения в современных условиях должен состоять из следующих элементов.

1. Оплата расходов оросительной системы на подачу воды.
2. Рентный платеж за воду при ее расходе в пределах планового забора воды данным водопотребителем.
3. Рентный платеж за воду при ее сверхплановом расходе (штрафной платеж).
4. Премияльный платеж в пользу водопотребителя за экономию воды по сравнению с плановым ее расходом.

В составе указанных элементов тарифа последний элемент представляет собой выплату (премию) водопотребителю за снижение запланированного расхода воды.

По нашему мнению, такой премияльный платеж за экономию воды приемлем во всех случаях, когда назначаются штрафные платежи за ее перерасход. В основе как штрафного платежа за перерасход, так и поощрительного платежа за экономию воды должна лежать двойственная оценка воды, полученная в результате решения оптимизационной задачи использования водоземельных ресурсов данного УОС /3/. Если частная производная целевой функции этой задачи в точке, соответствующей принятому ограничению по водным ресурсам, не имеет разрыва, то двойственные оценки при увеличении и оценки при уменьшении наличия водных ресурсов будут одинаковы (производные "справа" и "слева" равны друг другу). В этом случае штрафной и поощрительный платежи по формальным соображениям должны быть одинаковы по абсолютной величине. Если учесть, что совокупность "малых" мероприятий по экономии воды должна рано или поздно привести к



увеличению наличия водных ресурсов и соответственно (при прочих равных условиях) к снижению их оценки, а совокупность "малых перерасходов" воды соответственно повлечет за собой рост ее оценки, то штрафной платеж за перерасход воды целесообразно устанавливать несколько выше, чем двойственная оценка воды, а поощрительный платеж за ее экономию несколько меньше, чем двойственная оценка.

Уровень цен на продукцию природоэксплуатирующих отраслей обуславливает общий уровень цен по народному хозяйству, в том числе и уровень розничных цен. В этих условиях введение рентных платежей за природные ресурсы, используемые в сельском хозяйстве, должно согласовываться с действующим уровнем закупочных цен на сельхозпродукцию.

Следовательно, двойственные оценки водных и земельных ресурсов, определяемые в процессе решения задач по оптимизации их использования, не могут выступать в качестве непосредственной базы соответствующих рентных платежей.

Эти оценки исчисляются не из действующих закупочных цен, а из замыкающих затрат (кадастровых цен) на соответствующие виды сельхозпродукции, которые, как правило, значительно выше действующих закупочных цен. Поэтому для формирования системы платежей за природопользование в современных условиях развития орошаемого земледелия могут быть использованы не абсолютные значения двойственных оценок соответствующих природных ресурсов, а их соотношения, характеризующие сравнительную эффективность этих ресурсов в решениях оптимизируемой системы. Абсолютный же уровень соответствующих платежей должен устанавливаться в рамках существующих финансовых взаимоотношений сельскохозяйственных предприятий с государственным бюджетом.

В настоящее время основными формами изъятия на общественные нужды части накоплений, получаемых сельскохозяйственными предприятиями от продажи своей продукции по установленным ценам, являются подоходный налог с колхозов и отчисления от прибылей совхозов. При этом основной формой перераспределения части прибавочного продукта сельского хозяйства на общественные нужды является зональная дифференциация закупочных цен. Такой способ изъятия накопления на общественные нужды удобен



с точки зрения простоты расчетов и устойчивости бюджетных поступлений, однако, он не создает у сельскохозяйственных предприятий экономического стимула к улучшению использования производственных ресурсов, которыми наделяет их социалистическое государство. Для этого необходимо, на наш взгляд, переход от подоходного к комбинированному подоходно-поресурсному налогообложению сельхозпредприятий. В форме подоходного налога и отчислений от прибылей у сельхозпредприятий должна изыматься лишь часть "сверхприбыли" этих предприятий, образовавшаяся в силу каких-либо исключительных условий, не предусмотренных планом. Основная же часть сегодняшнего подоходного налога и отчислений от прибылей должна быть преобразована в поресурсные платежи сельхозпредприятий за производственные фонды, рентные платежи за расход воды (в пределах плана) и платежи за размещение высокодоходных культур на орошаемых землях, закрепленных за данным сельхозпредприятием.

Соотношения ставок этих платежей в пределах общей их суммы, лимитируемой современной величиной подоходного налога с колхозов (отчислений от прибыли совхозов) должны определяться на основе соотношений соответствующих ресурсных оценок из задачи оптимального использования водоземельных ресурсов орошаемого земледелия. Более точно сумма платежей за воду и размещение высокодоходных культур должны лимитироваться современной величиной подоходного налога (отчислений от прибылей) за вычетом платежей за производственные фонды сельскохозяйственных предприятий. В настоящей работе задача обоснования ставок платежей за производственные фонды не ставится и их величина принимается на уровне 1 % от среднегодовой величины производственных фондов в соответствии с порядком, принятым при установлении платы за фонды для совхозов.

Рассмотрим теперь механизм воздействия платежей за водные ресурсы на хозрасчетную заинтересованность колхозов в выполнении планов использования водных ресурсов.

При отсутствии указанных платежей отдельные хозяйства заинтересованы в сверхплановом расходе воды, хотя это и ухудшает показатели производства по системе в целом. Если, например, по рассматриваемой нами Меркенской оросительной системе (Джамбулская область) воду перерасходует, например, колхоз "Победа",



то это позволит ему получить дополнительный чистый доход тем больше, чем ниже водообеспеченность года (табл.1). Однако в целом по системе чистый доход уменьшится, причем потери будут тем больше, чем выше дефицит воды (табл.2).

Таблица 1

Чистый доход колхоза "Победа", полученный  
при превышении нормы водопотребления

| Обеспеченность,<br>в % | Чистый доход, в тыс.руб |              | Разница<br>чистого<br>дохода,<br>в тыс.<br>руб |
|------------------------|-------------------------|--------------|------------------------------------------------|
|                        | после нарушения*        | до нарушения |                                                |
| 90                     | 851,2                   | 515,8        | 335,4                                          |
| 75                     | 851,2                   | 697,4        | 153,8                                          |
| 60                     | 851,2                   | 756,7        | 94,5                                           |
| 50                     | 851,2                   | 850,7        | 0,5                                            |
| 40                     | 851,2                   | 851,2        | 0,0                                            |

Примечание: \* — расчет проведен применительно к норме водопотребления, обеспечивающей максимальную урожайность выращиваемых культур.

Таблица 2

Изменение чистого дохода по Меркенской  
оросительной системе при превышении установленной  
нормы водопотребления колхозом "Победа"

| Обеспеченность,<br>в % | Чистый доход, в тыс.руб |                 | Недополученный<br>чистый доход по<br>системе, в тыс.<br>руб |
|------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------|
|                        | до нарушения            | после нарушения |                                                             |
| 90                     | 2366                    | 1849            | 517                                                         |
| 75                     | 4679                    | 4505            | 174                                                         |
| 60                     | 5051                    | 4955            | 96                                                          |
| 50                     | 5349                    | 5257            | 92                                                          |
| 40                     | 5457                    | 5368            | 89                                                          |

Таким образом, при отсутствии рентных платежей возникает противоречие между целями оптимизируемой системы в целом и хозяйственными интересами входящих в нее хозяйств.

Разрешение (преодоление) этого противоречия возможно на основе введения рентных платежей по предлагаемой нами методике. В этой связи рассмотрим два варианта расчетов по тому же колхозу "Победа" (табл.3). В первом варианте орошаемые площади колхоза поливаются по норме, установленной с учетом интересов системы в целом (обеспечивающей максимум ее суммарного чистого дохода). Во втором варианте предполагается, что колхоз с целью увеличения своего дохода все орошаемые площади поливает в размерах, обеспечивающих максимальную урожайность культур, но сверхплановый расход воды при этом оплачивается в размере ее полной стоимости.

Таблица 3

Изменение чистого дохода колхоза "Победа"  
с введением платы за воду при превышении нормы водопотребления  
(для условий 75%-обеспеченности)

| Экономические показатели                                                                               | Первый вариант расчета | Второй вариант расчета |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Размер орошаемых земель колхоза, га                                                                    | 2987                   | 2987                   |
| Стоимость произведенной на этих землях продукции (в закупочных ценах), тыс.руб                         | 1621,5                 | 1796,5                 |
| Себестоимость произведенной продукции (без платы за воду и размещение высокодоходных культур), тыс.руб | 914,7                  | 951,8                  |
| Сверхплановый расход воды, м <sup>3</sup> /с                                                           | -                      | 0,4                    |
| Стоимость сверхплановой воды, тыс.руб                                                                  | -                      | 154,7                  |
| из них водная рента, тыс.руб.                                                                          | -                      | 122                    |
| Стоимость плановой воды, тыс.руб                                                                       | 107,9                  | 107,9                  |
| Плата за размещение высокодоходных культур, тыс.руб                                                    | 82,9                   | 82,9                   |
| Всего затрат, включая платежи за водоземельные ресурсы, тыс.руб                                        | 1105,5                 | 1297,3                 |
| Чистый доход колхоза за вычетом рентных платежей, тыс.руб                                              | 516,0                  | 499,3                  |



Из табл. 3 следует, что во втором варианте расход воды превышает плановый на  $0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ , полная стоимость которого составляет 154,7 тыс.руб и соответственно на такую же величину уменьшился дополнительный доход, получаемый колхозом "Победа". Таким образом, нарушение норм расхода воды не выгодно для колхоза.

### ВЫВОДЫ

Согласно нашим расчетам предлагаемая методика формирования рентных платежей с учетом характера (планового, непланового) использования водоземельных ресурсов обеспечивает стимулирование их рационального использования при сохранении сложившегося уровня закупочных цен на сельскохозяйственную продукцию, производимую на орошаемых землях.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Акиев Э.Д., Вартанов И.И. Перспективы повышения эффективности использования водных ресурсов в орошаемом земледелии. "Тезисы докладов второй всесоюзной научно-технической конференции по прогнозированию и планированию развития водного хозяйства", М., 1978 г.
2. Зузик Д.Т. Экономика водного хозяйства. "Колос", М., 1973.
3. Саяков Т.Б. Об экономической оценке водоземельных ресурсов при использовании незарегулированных водных источников для орошения. Обводнение, сельскохозяйственное водоснабжение. Сб. научных трудов, вып. 155, Ташкент, 1978 г.

Б.С.Сейпилова  
старший научный сотрудник  
(КазНИИВХ)

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ В БАССЕЙНЕ Р.ЧУ

Бассейн р.Чу расположен в зоне благоприятных природно-климатических условий для ведения сельскохозяйственного производства, особенно орошаемого земледелия. В настоящей статье рассматривается казахская часть бассейна р.Чу, территория которого составляет 147,7 тыс.кв.км, из них 124,8 тыс.кв.км находятся в Казахстане, где насчитывается 1941 тыс.га пригодных к орошению земель.

Горная часть бассейна является зоной формирования водных ресурсов. Водные ресурсы территории складываются в основном из транзитного стока р.Чу, а также вод, аккумулированных в Ташуткульском водохранилище (570 млн.куб.м). Среднегодовой поверхностный сток составляет 4,3 куб.м, из них в рассматриваемой части бассейна (в Казахстане) формируется 0,6 куб.км, что составляет 14% от всего стока.

В экономическом отношении бассейн р.Чу является аграрно-индустриальным районом. Специализация промышленности подчинена интересам сельскохозяйственного производства. Чуйская долина — основной свеклосеющий район Средней Азии. Сахарные заводы здесь полностью базируются на местном сырье, снабжают сахаром республики Средней Азии, Казахстана и отдельные районы Западной Сибири. Мощность действующих заводов составляет 21,7 тыс.т свеклы в сутки, из них мощность Меркенского и Чуйского — 6 тыс.т свеклы.

В развитии народного хозяйства (орошаемого земледелия и животноводства) в бассейне р.Чу сдерживающим фактором является дефицит водных ресурсов. Орошаемые сельскохозяйственные угодья в бассейне составляют 61% от всей территории бассейна. Почти все сельскохозяйственные угодья в той или иной мере испытывают недостаток естественного увлажнения и являются площадями перспективного орошения. В общей структуре посевов кормовые куль-



туры составляют 34,7 %. Технические культуры представлены в основном сахарной свеклой, составляющей 17,1 % от всей посевной площади бассейна, и сосредоточены в Чуйском и Курдайском районах. Зерновые культуры в структуре посевов занимают 29,5%. Урожайность сельхозкультур в бассейне невысокая: зерновых – 18,2 ц/га, овощных – 137,5 ц/га, многолетних трав – 32 ц/га, кукурузы на силос – 147 ц/га, сахарной свеклы – 297 ц/га.

Низкие урожаи сельхозкультур свидетельствуют о том, что не все хозяйства продуктивно используют мелиорированные земли. Опыт передовых хозяйств показал, что в результате применения правильного режима орошения, внесения на поля органических и минеральных удобрений, своевременного проведения всех сельскохозяйственных работ можно получать достаточно высокие урожаи. Так, например, в совхозе им. Р.Люксембург Курдайского района в 1977 г. на площади 1600 га урожай сахарной свеклы составил в среднем 414 ц/га, звено Кормбахера В.с площади 100 га получило 700 ц/га. В совхозе Сарыбулакский этого же района механизированные звенья Горик А., Бондаренко И., Лапина Н. добились в среднем 420–510 ц/га.

Орошаемое земледелие в бассейне р.Чу сочетается с богатым, но доля производства сельхозпродукции с орошаемых земель бассейна весьма значительна: по отдельным культурам составляет около 100 %, например, по овощам, бахчевым и картофелю – более 98 %, по производству кормов – 77,3 %, а сахарной свекле – 100%. Площадь орошаемой пашни в настоящее время составляет 113,9 тыс. га, при этом водные ресурсы используются на полив почти полностью.

Анализ водопотребления в бассейне р.Чу по видам сельхозкультур показывает, что наибольшее количество воды расходуется на производство сахарной свеклы (40,7 %), наименьшее – на полив садов и виноградников (2,4 %).

Ежегодно на орошение сельхозкультур забирается около 1075 млн.куб.м воды. Удельное водопотребление или средняя оросительная норма, согласно режиму орошения составляет в среднем 8,6 тыс.куб.м/га. Фактически на 1 гектар орошаемых земель в средние по водности годы забирается 12,4 тыс.куб.м воды в год.

В табл. I приводится стоимость валовой продукции, полученной на 1000 куб.м поданной воды по бассейну. В Курдайском районе она составляет 39,8 руб., Мойынкумском – 30,2 руб.,



Чуйском - 20,3 руб. , а в Красногорском значительно ниже - 9,3 руб.

Таблица I

Стоимость валовой продукции с орошаемых земель  
бассейна р.Чу (1977 г.)

| Районы               | Ороси-<br>тельная<br>норма,<br>м <sup>3</sup> /га | Водо-<br>пода-<br>ча,<br>всего<br>млн.м <sup>3</sup> | Посевная<br>площадь,<br>га | Стои-<br>мость<br>валовой<br>продук-<br>ции,<br>тыс.руб. | Получено<br>продукции<br>на 1000 м <sup>3</sup><br>поданной<br>воды, руб |
|----------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Курдайский           | 7323                                              | 323,3                                                | 37888                      | 12882,0                                                  | 39,83                                                                    |
| Красногорский        | 7688                                              | 26,4                                                 | 3106                       | 245,4                                                    | 9,30                                                                     |
| Чуйский              | 10413                                             | 307,0                                                | 25212                      | 6242,5                                                   | 20,30                                                                    |
| Мойнкумский          | 15993                                             | 188,0                                                | 10554                      | 5670,0                                                   | 30,20                                                                    |
| Всего по<br>бассейну | 10354                                             | 844,7                                                | 76760                      | 25039,4                                                  | 29,64                                                                    |

В свеклосекших хозяйствах бассейна р.Чу фактическая оросительная норма сахарной свеклы составляет 10,4 тыс.куб.м/га. Для получения 71 руб валовой продукции необходимо 1 тыс.куб.м воды, т.к. расход ее на производство 1 ц продукции равнялся 48,7 куб.м при урожайности сахарной свеклы 237,5 ц/га.

В Курдайском районе на 1000 куб.м поданной воды получено продукции на 39,83 руб, а в остальных районах бассейна этот показатель значительно ниже. Расход воды на производство 1 ц сахарной свеклы в Курдайском районе составил 31,9 куб.м, т.е. в два раза меньше, чем в Чуйском - 65,6 куб.м. Это объясняется прежде всего тем, что уровень технического состояния оросительных систем Курдайского района несколько выше, хотя он не отвечает нормативным требованиям (табл.2).

Протяженность всех каналов бассейна составляет 1995 км, из них только 9,8 % оросительных каналов оборудованы противофильтрационными покрытиями. Каналы в основном земляные с низким к.п.д.

Оснащенность каналов гидротехническими сооружениями следующая: в Курдайском районе на 1000 га приходится 36 сооружений, Чуйском - 27, Мойнкумском - 6, в Красногорском на 2000 га - 1 при нормативной потребности в них 130-150 гидротехнических сооружений.



Таблица 2

Технические характеристики оросительных систем  
бассейна р. Чу (1977 г.)

| Показатели | Районы     |               |         |             | Всего по бассейну |
|------------|------------|---------------|---------|-------------|-------------------|
|            | Курдайский | Красногорский | Чуйский | Мойнкумский |                   |

## Оросительная сеть

|                                                                    |       |       |       |       |        |
|--------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Протяженность сети оросительных каналов, км                        | 785,7 | 160,1 | 700,3 | 348,9 | 1995,0 |
| в т.ч. межхозяйственных, км                                        | 181,3 | 23,0  | 138,1 | 138,1 | 407,8  |
| внутрихозяйственных, км                                            | 604,1 | 137,1 | 562,2 | 283,5 | 1587,2 |
| Каналы с противофильтрационной одеждой, в % от общей протяженности | 23,6  | 4,0   | 0,34  | -     | 9,8    |
| в т.ч. межхозяйственных                                            | 22,0  | -     | 0,3   | -     | 9,9    |
| внутрихозяйственных                                                | 24,1  | 4,7   | 0,3   | -     | 9,7    |

## Гидротехнические сооружения

|                                                  |         |         |         |         |         |
|--------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Водозаборы межхозяйственного назначения, шт.     | 5       | -       | 2       | 2       | 9       |
| из них оборудовано ГТС, в % от общего количества | 40      | -       | 100     | -       | 44,4    |
| Количество точек водовыделов в хозяйства, шт.    | 148     | 5       | 49      | 32      | 234     |
| из них оборудовано ГТС, в %                      | 94,6    | -       | 100     | 100     | 94,4    |
| Количество ГТС на 1000 га орошаемых земель, шт.  | 36,2    | 0,5     | 27,8    | 6,21    | 28,0    |
| Нормативная потребность в ГТС, шт./тыс.га        | 150-200 | 150-200 | 150-200 | 150-200 | 150-200 |

## Коллекторно-дренажная сеть (КДС)

|                                      |       |   |     |   |       |
|--------------------------------------|-------|---|-----|---|-------|
| Общая протяженность КДС, км          | 105,5 | - | 8,5 | - | 113,5 |
| Удельная протяженность КДС, пог.м/га | 2,4   | - | 0,3 | - | 1,3   |

Водозаборные узлы межхозяйственного назначения оборудованы инженерными гидротехническими сооружениями на 44,4 % и только 32,2 % – хозяйственного назначения.

Основным способом полива сельхозкультур в бассейне р. Чу является поверхностный способ, которым поливается 95 % орошаемых земель. Поливы таких сельхозкультур, как сахарная свекла, овощные, корнеплоды производятся по бороздам. Поливы с применением дождевальных машин и установок составляют 5 %. Дождевальная техника используется в основном при поливе сахарной свеклы и овощей.

Исследованиями установлено, что на продуктивность оросительной воды наряду с природными факторами в определенной степени влияет и концентрация посевов сельскохозяйственных культур. Свеклосекции хозяйства бассейна распределены по трем группам в зависимости от размеров посевных площадей. Как видно из данных табл. 3, урожайность сахарной свеклы в группе I, где объединены хозяйства с посевными площадями до 800 га, составляет в среднем 323 ц/га, а в группе III, где объединены хозяйства с площадями посевов более 1000 га, урожайность составляет в среднем 350 ц/га и выше.

Таблица 3

Зависимость продуктивности оросительной воды  
от степени концентрации посевов сахарной свеклы (1978г.)

| Группа хозяйств<br>с площадью по-<br>севов сахарной<br>свеклы, га | Количество хо-<br>зяйств в<br>группе | Средняя<br>посевная<br>площадь<br>в группе,<br>га | Средняя<br>урожай-<br>ность в<br>группе,<br>ц/га | Себестои-<br>мость 1ц<br>продук-<br>ции, руб | Затраты<br>труда на<br>1 ц про-<br>дукции,<br>чел./ч |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| I – до 800                                                        | 14                                   | 502                                               | 323                                              | 3,62                                         | 2,05                                                 |
| II – 800–1000                                                     | 2                                    | 975                                               | 331                                              | 3,55                                         | 1,65                                                 |
| III – более 1000                                                  | 5                                    | 1320                                              | 350                                              | 3,31                                         | 1,51                                                 |

Себестоимость 1 ц продукции колеблется в пределах от 3,62 руб в группе I до 3,31 руб в группе III. Кроме того, затраты труда в группе III хозяйств составляют 1,51 чел/ч, они значительно ниже, чем в группе I, где затраты на 1 ц продукции составляют 2,05 чел./ч.



Результаты группировки с целью установления влияния степени концентрации посевов сахарной свеклы на продуктивность оросительной воды (табл.3) в зоне сложившегося свеклосеяния позволяют рекомендовать размещение этой культуры в пределах севооборота и хозяйства на площади не менее 1000 га, что позволит повысить урожайность этой культуры на 8,4 %; снизить себестоимость на 8,6 %, сократить затраты труда на производство 1 ц сахарной свеклы на 26,3 %.

Таким образом, в число основных мероприятий, направленных на повышение продуктивности оросительной воды в бассейне р. Чу, входят работы по техническому совершенствованию существующих оросительных систем и дальнейшей концентрации посевов сельскохозяйственных культур при условии соблюдения структуры севооборота.

Ш. М. Утарбаев  
зав. лабораторией  
(КазНИИВХ)

#### О ПОКАЗАТЕЛЯХ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ВОДОВОДОВ ИШИМСКОЙ ГРУППОВОЙ СИСТЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Численные показатели надежности позволяют определить вероятную деятельность пребывания системы в неработоспособном состоянии и частоту повторяемости отказов. Они могут быть получены в результате накопления статистических данных по отказам (повреждениям) и их математической обработки. Только этим способом можно выявить закон распределения изучаемой категории случайных событий и вычислить показатели их надежности.

Для выявления частоты повреждаемости водоводов Ишимской групповой системы сельскохозяйственного водоснабжения были собраны и обработаны статистические сведения об авариях водоводов за длительный период наблюдений (1964-1976 гг.).

Частота отказа водоводов зависит в основном от материала труб, их диаметра и длины. На Ишимской системе были уложены только стальные трубы различного диаметра. Диаметр труб влияет на повреждаемость и срок ее ликвидации, так как с увеличением диаметра труднее выполнить качественный монтаж стыков.



Длина водоводов определяюще влияет на повреждаемость. При прочих равных условиях с увеличением длины пропорционально растет число повреждений.

Для сравнения результатов обработки повреждаемости водоводов вычисления велись для водовода длиной 1 км. Результаты обработки статистических данных приводятся в табл. 1 и 2.

Примененные обозначения и формулы при заполнении табл. 1 и 2 следующие:

- $n$  - число лет наблюдений (годы эксплуатации системы);
- $\ell$  - длина участка водовода определенного диаметра, в км;
- $\ell_{cp}$  - усредненная длина эксплуатируемого участка,  $\ell_{cp} = \frac{\sum \ell}{n}$ ;
- $K_i$  - число повреждений  $i$ -го года (отказов) на водоводе;
- $\bar{K}$  - среднее число повреждений за годы наблюдений,  $\bar{K} = \frac{\sum K_i}{n}$ ;
- $d$  - коэффициент согласия распределения потока отказов по закону Пуассона,  $d = \frac{\sum (K_i - \bar{K})^2}{\bar{K}}$ ;
- $\lambda$  - параметр потока отказов,  $\lambda = \frac{\sum K_i}{n \ell_{cp}}$  ( $\frac{1}{\log \text{ км}}$ );
- $d_{кр}$  - критическое значение коэффициента согласия распределения потока отказов по закону Пуассона;
- $T$  - наработка на отказ, лет  $T = \frac{1}{\lambda}$ .

При значениях  $d \leq d_{кр}$  имеется согласие распределения потока отказов по закону Пуассона.

Как видно из табл. 2, во многих случаях распределение потока отказов не подчиняется закону Пуассона, т.е.  $d > d_{кр}$  при всех диаметрах водоводов, кроме  $D = 600$  мм.

Величина параметра потока отказов колеблется в пределах  $0,0123 + 0,0696$ . С уменьшением диаметра от 400 до 100 мм увеличивается параметр  $\lambda$ , т.е. наибольшее количество повреждений падает на трубы малых диаметров. Это объясняется сравнительно большой протяженностью водоводов малых диаметров и явлением коррозии в тупиковых ответвлениях при снижении скоростей.

Увеличение значений  $\lambda$  для участков водоводов больших диаметров (500–700 мм) связано с тяжелыми условиями эксплуатации основных магистралей (большие напоры, возможность возникновения гидравлического удара и т.п.), а также с некачественной сваркой стыковых соединений труб.

Вычисленные нами данные частоты повреждаемости водоводов Ишимской групповой системы сельскохозяйственного водоснабжения резко отличаются от частоты повреждаемости водоводов городских



Таблица I

Результаты статистических данных повреждаемости водовода длиной I км

| Го-<br>ды<br>эксп-<br>луа-<br>ции | Диаметры водоводов |       |                     |                 |        |                     |                 |       |                     |                 |       |                     |                 |       |                     |                 |
|-----------------------------------|--------------------|-------|---------------------|-----------------|--------|---------------------|-----------------|-------|---------------------|-----------------|-------|---------------------|-----------------|-------|---------------------|-----------------|
|                                   | 100 мм             |       |                     |                 | 125 мм |                     |                 |       | 150 мм              |                 |       |                     | 200 мм          |       |                     |                 |
|                                   | $e_{\text{км}}$    | $K_i$ | $(K_i - \bar{K})^2$ | $e_{\text{км}}$ | $K_i$  | $(K_i - \bar{K})^2$ | $e_{\text{км}}$ | $K_i$ | $(K_i - \bar{K})^2$ | $e_{\text{км}}$ | $K_i$ | $(K_i - \bar{K})^2$ | $e_{\text{км}}$ | $K_i$ | $(K_i - \bar{K})^2$ | $e_{\text{км}}$ |
| I                                 | 2                  | 3     | 4                   | 5               | 6      | 7                   | 8               | 9     | 10                  | 11              | 12    | 13                  | 14              | 15    | 16                  |                 |
| 1                                 | 355                | 22    | 100                 | 37              | 1      | 3                   | 72              | 3     | 5,33                | 137             | 2     | 6,05                | 112             | 4     | 0                   |                 |
| 2                                 | 395                | 43    | 121                 | 37              | 5      | 1                   | 98              | 8     | 7,24                | 164             | 12    | 56,85               | 209             | 11    | 49                  |                 |
| 3                                 | 451                | 66    | 1156                | 71              | 7      | 9                   | 133             | 10    | 22                  | 203             | 13    | 72,93               | 209             | 5     | 1                   |                 |
| 4                                 | 493                | 49    | 289                 | 85              | 17     | 169                 | 162             | 6     | 0,48                | 203             | 1     | 11,97               | 209             | 4     | 0                   |                 |
| 5                                 | 493                | 26    | 36                  | 85              | 3      | 1                   | 162             | 5     | 0,096               | 203             | 2     | 6,05                | 209             | 0     | 16                  |                 |
| 6                                 | 493                | 25    | 49                  | 85              | 4      | 0                   | 162             | 3     | 5,33                | 203             | 5     | 0,29                | 209             | 0     | 16                  |                 |
| 7                                 | 493                | 19    | 169                 | 85              | 0      | 16                  | 162             | 0     | 28,19               | 203             | 0     | 19,89               | 209             | 1     | 9                   |                 |
| 8                                 | 493                | 34    | 4                   | 85              | 3      | 1                   | 162             | 17    | 136,65              | 203             | 5     | 0,29                | 209             | 2     | 4                   |                 |
| 9                                 | 493                | 33    | 1                   | 85              | 2      | 4                   | 162             | 3     | 5,33                | 203             | 2     | 6,05                | 209             | 1     | 9                   |                 |
| 10                                | 493                | 17    | 225                 | 85              | 1      | 9                   | 162             | 2     | 10,95               | 203             | 0     | 19,89               | 209             | 1     | 9                   |                 |
| 11                                | 493                | 25    | 49                  | 85              | 2      | 4                   | 162             | 3     | 5,33                | 203             | 1     | 11,97               | 209             | 3     | 1                   |                 |
| 12                                | 493                | 31    | 1                   | 85              | 3      | 1                   | 162             | 1     | 18,57               | 203             | 3     | 2,13                | 209             | 4     | 0                   |                 |
| 13                                | 493                | 37    | 25                  | 85              | 9      | 25                  | 162             | 8     | 7,24                | 203             | 12    | 56,85               | 209             | 17    | 169                 |                 |

| 300 мм |   |       |     | 400 мм |       |     |    | 500 мм |    |    |    | 600 мм |    |     |    | 700 мм |  |  |  |
|--------|---|-------|-----|--------|-------|-----|----|--------|----|----|----|--------|----|-----|----|--------|--|--|--|
| I      | 2 | 3     | 4   | 5      | 6     | 7   | 8  | 9      | 10 | 11 | 12 | 13     | 14 | 15  | 16 |        |  |  |  |
| I 31   | I | I,51  | 205 | I      | 2,37  | I44 | 2  | 7,84   | 31 | I  | 0  | 97     | I  | 25  |    |        |  |  |  |
| 2 I20  | 4 | 3,13  | 205 | 7      | 19,89 | I44 | 3  | 3,24   | 31 | I  | 0  | 97     | 3  | 9   |    |        |  |  |  |
| 3 I20  | 3 | 0,59  | 205 | 2      | 0,29  | I44 | 5  | 0,04   | 31 | 3  | 4  | 97     | 2  | I6  |    |        |  |  |  |
| 4 I20  | 4 | 3,13  | 205 | 2      | 0,29  | I44 | 2  | 7,84   | 31 | 0  | I  | 97     | 0  | 36  |    |        |  |  |  |
| 5 I20  | 2 | 0,053 | 205 | 4      | 2,13  | I44 | 2  | 7,84   | 31 | I  | 0  | 97     | 2  | I6  |    |        |  |  |  |
| 6 I20  | 0 | 4,97  | 205 | 0      | 6,45  | I44 | 2  | 7,84   | 31 | I  | 0  | 97     | 0  | 36  |    |        |  |  |  |
| 7 I20  | 2 | 0,053 | 205 | I      | 2,37  | I44 | 2  | 7,84   | 31 | 0  | I  | 97     | 0  | 36  |    |        |  |  |  |
| 8 I20  | I | I,51  | 205 | I      | 2,37  | I44 | 0  | 23     | 31 | 0  | I  | 97     | 4  | 4   |    |        |  |  |  |
| 9 I20  | 2 | 0,053 | 205 | 0      | 6,45  | I44 | I  | I4,4   | 31 | 0  | I  | 97     | 8  | I   |    |        |  |  |  |
| 10 I20 | 0 | 4,97  | 205 | 0      | 6,45  | I44 | 9  | I7,6   | 31 | I  | 0  | 97     | 7  |     |    |        |  |  |  |
| 11 I20 | 0 | 4,97  | 205 | 2      | 2,37  | I44 | I2 | 51,8   | 31 | 3  | 4  | 97     | 27 | I41 |    |        |  |  |  |
| 12 I20 | 2 | 0,053 | 205 | 2      | 0,29  | I44 | 10 | 27,0   | 31 | 2  | I  | 97     | I7 | I21 |    |        |  |  |  |
| 13 I20 | 8 | 33,3  | 205 | I2     | 89,49 | I44 | I3 | 67,2   | 31 | I  | 0  | 97     | I1 | 25  |    |        |  |  |  |



Таблица 2

Наработка на отказ в зависимости от диаметра  
трубопровода

| Диаметры<br>водоводов,<br>мм | Усреднен-<br>ная дли-<br>на водо-<br>водов, км<br>$\ell_{cp}$ | $\sum K_i$ | Усреднен-<br>ное коли-<br>чество<br>поврежде-<br>ний $K$ | $\sum (K_i - K)^2$ | $d$  | $\lambda$ | $\tau$ |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------|--------------------|------|-----------|--------|
| 100                          | 471                                                           | 427        | 32,0                                                     | 2225               | 69   | 0,0696    | 14,5   |
| 125                          | 76,5                                                          | 59         | 4,0                                                      | 241                | 60,2 | 0,059     | 16,9   |
| 150                          | 148                                                           | 69         | 5,31                                                     | 252,7              | 47,6 | 0,0358    | 27,7   |
| 200                          | 195                                                           | 58         | 4,46                                                     | 266,4              | 59,7 | 0,0228    | 43,5   |
| 250                          | 202                                                           | 53         | 4,0                                                      | 283                | 70,7 | 0,0202    | 50     |
| 300                          | 113                                                           | 29         | 2,23                                                     | 58,2               | 26,1 | 0,0197    | 52,6   |
| 400                          | 205                                                           | 33         | 2,54                                                     | 141,2              | 55,6 | 0,0123    | 83,3   |
| 500                          | 144                                                           | 63         | 4,8                                                      | 243,5              | 50,7 | 0,0336    | 30,3   |
| 600                          | 31                                                            | 14         | 1,0                                                      | 13                 | 13   | 0,0347    | 28,5   |
| 700                          | 97                                                            | 80         | 6,0                                                      | 470                | 78,3 | 0,0634    | 15,9   |

систем. Например, для городских водопроводов среднее число отказов на 1 км (параметр потока отказов  $\lambda$ ) в зависимости от диаметра и материала применяемых труб колеблется в пределах 0,32–0,95, тогда как в наших случаях оно находится в пределах 0,01–0,07.

Это объясняется следующими обстоятельствами. Во-первых, в сравнении с городскими системами, где статистические данные о повреждениях водоводов систематизированы за длительный период эксплуатации (40–50 лет), по Ишимской системе собраны данные за 13 лет эксплуатации. Во-вторых, отсутствие в настоящее время четко разработанных методов регистрации аварий на групповых системах приводит к искажению исходных данных (в сторону уменьшения числа аварий). В-третьих, сравнительно большая протяженность магистральных водоводов групповых систем сельскохозяйственного водоснабжения, проложенных по малообжитой территории значительно усложняет возможность своевременной регистрации аварий на них.

Полученные показатели надежности отдельных участков водоводов определенного диаметра  $\lambda$  должны использоваться для проверки выполнения нормативных требований в отношении допустимой частоты повторения отказов за определенный интервал эксплуатационного периода  $t$ .

Для рассматриваемых случаев повреждений должно быть проведено сравнение величины  $\lambda t$  с допустимой по нормам частотой повторения отказов.

Возможная деятельность перерывов или снижения подачи воды потребителю из-за отказа одного из участков может определяться по нормативным срокам восстановления  $t_v$ . В СНиП П-31-74 эти сроки нормированы в зависимости от диаметра и глубины укладки труб. Поэтому можно сравнивать допускаемые потребителем нормативные сроки  $t_n$  с нормативными сроками восстановления  $t_v$ .

При наличии нормативных критериев вероятностного характера проведение проверочных расчетов водоводов по соблюдению требуемых условий должно выполняться в следующем порядке:

1. Намечаются "опасные" участки водоводов и проверяется влияние повреждений на подачу воды потребителям (объектам) в целом и к диктующим точкам.

2. Выявляются участки аварий, на которых может возникнуть отказ системы.

3. Определяются для указанных участков показатели надежности ( $\lambda t$ ,  $t_v$ ,  $T_{ср}$ ).

Если указанные показатели не ниже нормативных критериев надежности системы, то можно считать, что водопроводная система надежна.



А.Ж.Жулаев  
канд. техн. наук, директор

И.Ф.Колодин  
аспирант  
(КазНИИВХ)

## РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА ПО УСЛОВИЯМ СНЕГОПЕРЕНОСА И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СНЕГООБОРЬБЫ НА КРУПНЫХ КАНАЛАХ

Опыт эксплуатации канала Иртыш-Караганда показал, что снежные заносы весьма отрицательно влияют как на работу гидротехнических сооружений, так и каналов. Однако вопрос защиты гидротехнических сооружений и каналов от снежных заносов в настоящее время еще мало изучен, а опыта в этой области накоплено еще сравнительно мало. Имеющиеся в литературе сведения касаются только защиты железнодорожных станций и шоссейных путей, а также снегозадержания на полях.

Для разработки рациональных и эффективных методов снегооборьбы, как известно, необходимы данные о возможных объемах переносимого при метелях снега и его отложениях в различных физико-географических районах.

Предпринимавшиеся ранее попытки установить снегозаносимость больших территорий имеют существенные недостатки, т.к. схемы климатического районирования лишены количественных характеристик и дают лишь качественное представление о климатических условиях снегозаносимости. В весьма обстоятельных работах ГГО /3,4/ приводится схема районирования территории СССР по расчетным значениям снегопереноса, выполненная по данным 300 открыторасположенных станций за 10-летний период наблюдений. Однако и эта работа, на наш взгляд, также не лишена недостатков. При районировании огромной территории было использовано ограниченное число станций, имеющих к тому же небольшой ряд наблюдений (1939-1950 гг), а для Северного Казахстана использовались данные только двух станций (Целиноград, Атабасар). В расчетах авторами необоснованно принята средняя плотность снежного покрова для всей территории СССР, равная  $0,17 \text{ г/см}^3$ . Такая плотность соответствует средней плотности снежного покрова для районов Восточной Сибири.



Анализ материалов снегомерных наблюдений показал, что плотность снежного покрова в условиях Северного Казахстана составляет значительно большую величину и колеблется в пределах  $0,20 - 0,30$ . Кроме того, максимальные снегопереносы по большинству станций наблюдались после 1950 г. и, следовательно, не были учтены авторами предыдущих работ при составлении схемы районирования. Отмеченные недостатки вызывают сомнение в правильности и достоверности полученных результатов для районов Северного Казахстана и требуют уточнения максимальных характеристик снегопереноса с подключением дополнительного материала.

Из известных в настоящее время методов расчета объема снега, переносимого при метелях, наиболее приемлем метод Д.М.Мельник /2/. Согласно этого метода, перенос снега характеризуется прежде всего интенсивностью ( $J$ ), под которой понимается количество (масса) снега ( $в г$ ), переносимое потоком за единицу времени ( $I$  мин) через сечение приземного слоя атмосферы, перпендикулярное направлению ветра и имеющее ширину  $I$  см, высоту 200 см.

$$J = C \cdot V^3, \quad (1)$$

где  $V$  - скорость ветра, м/с.

Коэффициент пропорциональности ( $C$ ) есть не что иное, как количество снега, переносимое ветром со скоростью  $V = I$  м/с. Согласно литературным данным значение коэффициента ( $C$ ) для равнинной территории колеблется в пределах  $0,0120 < C < 0,0138$ , где коэффициент ( $C$ ) рассчитан для уровня флюгера. При принятой в расчетах плотности переносимого снега  $\delta = 0,25$  г/см<sup>3</sup> и пересчете от высоты флюгера к высоте  $I$  м, принят коэффициент ( $C$ ), равный 0,00026.

Количество снега, переносимое во время метели на единицу длины участка, определяем по формуле:

$$q = J \cdot \tau, \quad (2)$$

где  $\tau$  - продолжительность метели, мин.

В расчетах использовались данные наблюдений 22-х открыто-расположенных метеостанций с 1935-1936 по 1974-1975 гг. Время



продолжительности метелей ( $\tau$ ) определялось по данным срочных метеорологических наблюдений каждой станции при скоростях ветра 6 м/с и более.

В табл. I приведены результаты расчета объемов переносимого снега в зимы с максимальной продолжительностью метелей (общих и низовых). Обеспеченность снегопереноса, вычисленная по интерполяционной формуле А.Н.Чегодаева:

$$\rho = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} \quad (3)$$

равна 1,7–2,7 %, что соответствует вероятности повторения снегопереноса 1:35 – 1:60.

При построении карты максимальных объемов переносов снега при метелях для территории Северного Казахстана за границы естественных районов приняты изолинии 400, 600, 1000 и 1400 м<sup>3</sup>/пог.м. Таким образом, по грациям объемов переносимого за зиму снега на территории Северного Казахстана нами выделено пять естественных районов, которые отмечены на прилагаемой карте максимальных за зиму снегопереносов различной штриховкой (рис. I).

Кратко охарактеризуем выделенные районы по условиям снегопереноса. Район I, небольшой по площади, расположен главным образом на территории Карагандинской и Джезказганской областей. В целом по району переносы снега характеризуются достаточно умеренными величинами и незначительной вариацией снегопереноса за расчетный ряд. Следующий район с переносами снега 400–600 м<sup>3</sup>/пог.м. занимает северные районы Карагандинской и Джезказганской, а также юго-западную часть Кустанайской и Тургайской областей с общим направлением на Южный Урал. Район III, наибольший по площади, занимает северную часть Карагандинской, южные районы Целиноградской и Тургайской областей, значительную часть Кустанайской, Северо-Казахстанской, а также Челябинской, Курганской и Омской областей. Следующий максимум снегопереноса (более 1000 м<sup>3</sup>/пог.м за зиму) занимает территорию Павлодарской, центральную часть Целиноградской, северо-восточные районы Тургайской и Кустанайской, часть Северо-Казахстанской и Кокчетавской областей, а также южные районы Западной Сибири с общим направлением на предгорья Алтая. Наибольший максимум снегопереноса наблюдается в



Таблица I

Расчетные объемы снегопереноса для зим  
с максимальной продолжительностью метелей  
(общих и низовых)

| Станция       | Номер<br>станции<br>на карте | Расчет-<br>ный<br>ряд | Зима с<br>макси-<br>маль-<br>ным<br>снего-<br>перено-<br>сом | Общий<br>снего-<br>пере-<br>нос,<br>м <sup>3</sup> /кг.м | Обеспе-<br>чен-<br>ность<br>снего-<br>пере-<br>носа | Снего-<br>пере-<br>нос, в<br>% от<br>общего<br>(Ю, ЮЗ, З) |
|---------------|------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Иртышск       | 1                            | 1936-75               | 1970-71                                                      | 454                                                      | 1,7                                                 | 86                                                        |
| Голубовка     | 2                            | 1950-75               | 1952-53                                                      | 485                                                      | 2,7                                                 | 83                                                        |
| Экибастуз     | 3                            | 1948-75               | 1948-49                                                      | 1020                                                     | 2,5                                                 | 86                                                        |
| Павлодар      | 4                            | 1940-75               | 1950-51                                                      | 774                                                      | 1,9                                                 | 80                                                        |
| Баян-Аул      | 5                            | 1935-75               | 1971-72                                                      | 1185                                                     | 1,7                                                 | 99                                                        |
| Берлик        | 6                            | 1950-75               | 1952-53                                                      | 634                                                      | 2,7                                                 | 76                                                        |
| Атбасар       | 7                            | 1935-75               | 1952-53                                                      | 1497                                                     | 1,7                                                 | 74                                                        |
| Целиноград    | 8                            | 1942-75               | 1948-49                                                      | 1160                                                     | 2,1                                                 | 92                                                        |
| Аксу          | 9                            | 1936-75               | 1958-59                                                      | 1411                                                     | 1,7                                                 | 98                                                        |
| Кокчетав      | 10                           | 1935-75               | 1948-49                                                      | 1848                                                     | 1,7                                                 | 94                                                        |
| Петропавловск | 11                           | 1935-75               | 1940-41                                                      | 801                                                      | 1,7                                                 | 65                                                        |
| Благовещенск  | 12                           | 1936-75               | 1949-50                                                      | 997                                                      | 1,7                                                 | 81                                                        |
| Кустанай      | 13                           | 1935-75               | 1940-41                                                      | 652                                                      | 1,7                                                 | 73                                                        |
| Тобол         | 14                           | 1950-75               | 1952-53                                                      | 614                                                      | 2,7                                                 | 50                                                        |
| Амангельды    | 15                           | 1935-75               | 1948-49                                                      | 951                                                      | 1,7                                                 | 79                                                        |
| Тургай        | 16                           | 1935-75               | 1952-53                                                      | 567                                                      | 1,7                                                 | 51                                                        |
| Наурзум       | 17                           | 1935-75               | 1948-49                                                      | 735                                                      | 1,7                                                 | 66                                                        |
| Кара-Кум      | 18                           | 1950-75               | 1963-64                                                      | 362                                                      | 2,7                                                 | 28                                                        |
| Бетпак-Дала   | 19                           | 1940-75               | 1953-54                                                      | 566                                                      | 1,9                                                 | 19                                                        |
| Кзыл-Жар      | 20                           | 1937-75               | 1948-49                                                      | 493                                                      | 2,4                                                 | 84                                                        |
| Бектау-Ата    | 21                           | 1938-75               | 1963-64                                                      | 672                                                      | 1,8                                                 | 7                                                         |
| Караганда     | 22                           | 1935-75               | 1948-49                                                      | 930                                                      | 1,7                                                 | 71                                                        |

Центральной части Северного Казахстана, в районах Целинограда, Атбасара, Кокчетав, Аксу.

В целом Северный Казахстан характеризуется исключительно большими значениями снегопереноса, аналогичные величины которо-



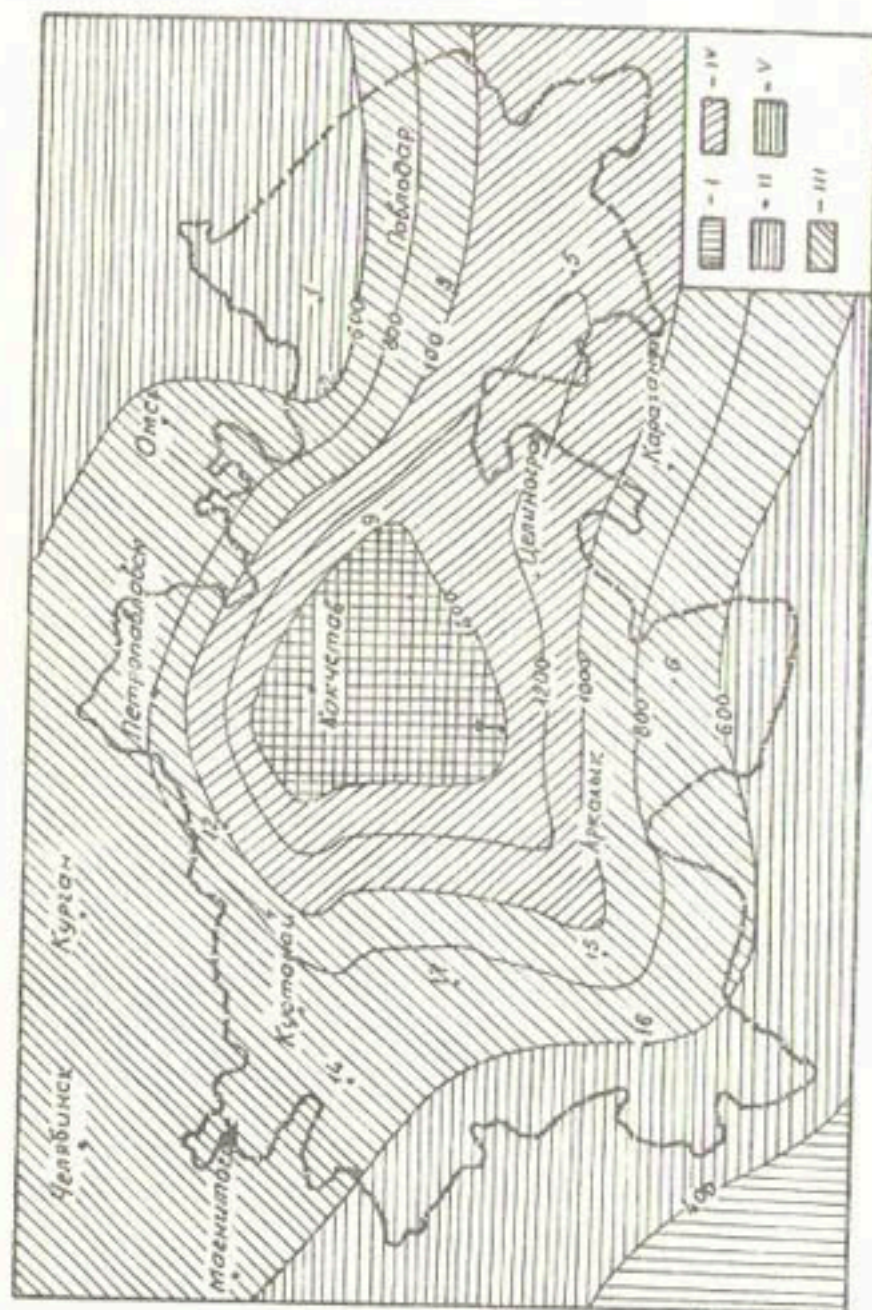


Рис. 1. Районирование территории Северного Казахстана по расчетным объемам снегопереноса для зим с максимальной продолжительностью метелей (общих и низовых)

I - 200-400 м³/пог.м; II - 400-600 м³/пог.м; III - 600-1000 м³/пог.м; IV - 1000-1400 м³/пог.м; V - >1400 м³/пог.м.



го наблюдаются только в районах крайнего Севера ( п-ов Таймыр) и на Сахалине.

Полученные характеристики максимальных значений снегопереноса, а также имеющийся опыт эксплуатации канала Иртыш-Караганда обуславливают важность проблемы проектирования снегозащитных средств на всех проектируемых и эксплуатируемых искусственных водотоках и гидротехнических сооружениях, расположенных на территории Северного Казахстана.

В настоящее время в нашей стране накоплен достаточный опыт по снегоборьбе главным образом в железнодорожном и автомобильном транспорте, где все снегозащитные мероприятия основаны на оценке возможных объемов переносимого снега и учете степени снегозаносимости отдельных участков защищаемого объекта в тех или иных условиях и районах. Предлагаемая карта (рис. I) в значительной степени облегчит решение поставленной задачи, т.к. позволит получить количественные характеристики возможного снегопереноса в районах сильной метелевой деятельности. На примере канала Иртыш-Караганда показано каким образом следует пользоваться картой, как определять снегозаносимость того или иного участка, как производить выбор и рассчитывать мощность снегозащитных линий и т.д.

Трасса канала Иртыш-Караганда проходит в районе, где максимальные объемы снегопереноса за зиму достигают  $1000-1300 \text{ м}^3/\text{попм}$ , т.е. в районе IV, выделенного нами при районировании территории Северного Казахстана (рис. I).

Для эффективного предупреждения от снежных заносов каналов, насосных станций, гидротехнических и эксплуатационных сооружений необходимо определить динамику метелей по месяцам зим за ряд лет и переносы метелевого снега по направлениям горизонта, а также установить степень снегозаносимости отдельных участков канала для характерных условий зимы. На основании полученных данных производится выбор типа снегозащитных средств и назначается их мощность. Для условий канала Иртыш-Караганда расчет переносов снега выполнен по данным метеостанции Экибастуз, которые наиболее полно отражают ветровые параметры метелей этого района.

По результатам расчета переносов снега вычисляются статистические параметры метелей по направлениям горизонта: средний



перенос снега за расчетный ряд по каждому направлению горизонта ( $\bar{q}$ ), коэффициент вариации каждого ряда ( $C_v$ ) и коэффициент асимметрии ( $C_s$ ). На основе найденных статистических параметров метелей по каждому горизонту строятся кривые обеспеченности снегопереносов, необходимые для определения численных значений переносов снега требуемой вероятности повторения.

Из практики снегоборьбы известно, что применяемые в железнодорожном транспорте средства защиты, проектируются на объемы снега не любой случайно взятой зимы, а по расчетной розе переносов снега. Под расчетной понимается такая роза, которая отображает по основным румбам горизонта переносы снега требуемой вероятности. Эта вероятность задается строительными нормами и правилами проектирования (СНиП) в зависимости от метеорологических условий и характера средств защиты.

Мощность основного вида снегозащитной линии, как правило, проектируется на вероятность повторения 1:17 (6%), а временной — 1:4 (25%) или 1:2 (50%). Вычисленные для условий канала Иртыш-Караганда значения переносов снега различной вероятности повторения представлены в табл. 2, по данным которой строятся расчетные розы переносов снега, необходимые для установления степени снегозаносимости отдельных участков канала в различные зимы (рис. 2).

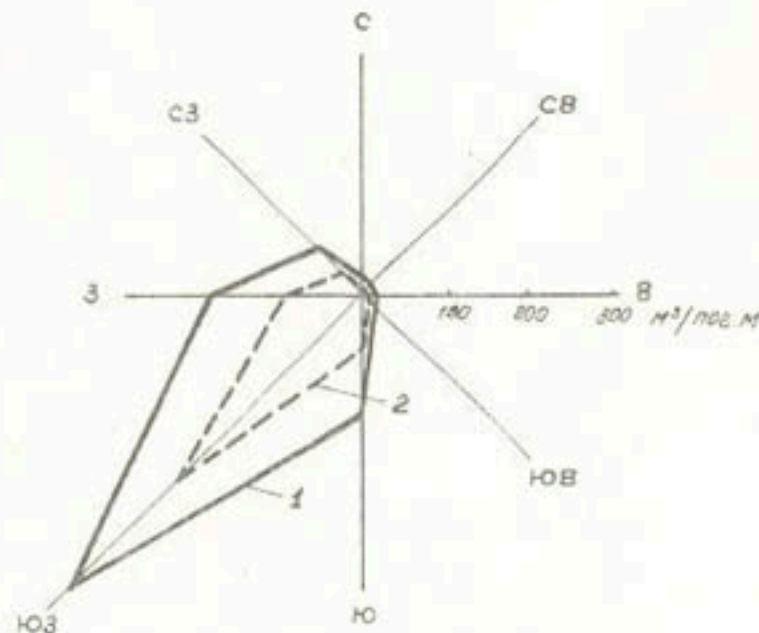


Рис. 2. Расчетная роза переносов снега вероятностью повторения 1:17 (1) и 1:4 (2) для условий канала Иртыш-Караганда.

Таблица 2

Значения переносов снега (в м<sup>3</sup>/пог.м)  
для условий канала Иртыш-Караганда

| Расчетная<br>обеспечен-<br>ность, % | Направление горизонта, румб |    |    |    |    |     |     |     |
|-------------------------------------|-----------------------------|----|----|----|----|-----|-----|-----|
|                                     | С                           | СВ | СЗ | В  | ЮВ | Ю   | ЮЗ  | З   |
| 6                                   | 26                          | 17 | 83 | 16 | 16 | 145 | 510 | 190 |
| 25                                  | 10                          | 8  | 43 | 9  | 10 | 67  | 320 | 100 |
| 50                                  | 5                           | 3  | 23 | 6  | 7  | 32  | 215 | 55  |

Для определения степени снегозаносимости каналов расчетную розу переноса снега привязывают к рассматриваемому участку таким образом, чтобы центр розы совпал с произвольной точкой данного участка, а угол между ее меридианом и направлением данного прямого участка был равен румбу, указанному на продольном профиле этого участка. Степень снегозаносимости прямолинейного участка канала можно определить по формуле:

$$Q = \sum q_n \sin \alpha, \quad (4)$$

где  $q_n$  - векторы переносов снега, м<sup>3</sup>/пог.м;  
 $\alpha$  - угол наклона соответствующего вектора к искомому участку канала.

Таблица 3

Снегозаносимость (в м<sup>3</sup>/пог.м) канала Иртыш-Караганда  
в характерные зимы

| Каналы | Пикеты    | Обеспеченность снегопереноса |      |      |
|--------|-----------|------------------------------|------|------|
|        |           | 6 %                          | 25 % | 50 % |
| № 38   | 1462-1517 | 566                          | 385  | 210  |
|        | 1540-1575 | 440                          | 258  | 161  |
| № 58   | 3950-3960 | 398                          | 209  | 125  |
|        | 3995-4051 | 580                          | 350  | 216  |
| № 59   | 4053-4059 | 634                          | 374  | 230  |
| № 60   | 4062-4114 | 322                          | 175  | 100  |
| № 61   | 4122-4242 | 620                          | 360  | 226  |
| № 62   | 4248-4301 | 640                          | 372  | 230  |



На основании исследований КазНИИВХ были выявлены участки трассы, которые из-за большой глубины выемки и неблагоприятной ориентации по отношению к господствующим ветрам ( $\alpha = 60-90^\circ$ ) чаще всего подвергаются снежным заносам. Результаты расчета снегозаносимости этих участков приведены в табл. 3.

Расчетные данные о степени снегозаносимости каналов и гидротехнических сооружений являются основной исходной информацией при выборе средств снегозащиты и назначении ее мощности. В районах сильной метелевой деятельности наиболее эффективно и экономично в качестве основной снегозащиты применять лесозащитные полосы из 8-10 независимых полос.

Для условий канала Иртыш-Караганда, сильно заносимого, мощность снегозащитных линий должна проектироваться на задержание расчетного объема снега с вероятностью повторения не менее 1:17 (6 %) и равного  $600 \text{ м}^3/\text{пог.м}$  (табл.3). В этом случае общая ширина лесозащитных полос при расчетной рабочей высоте посадок  $h_{\text{раб}} = 3 \text{ м}$  должна достигать 200 м. Такую лесозащитную полосу в случае необходимости можно заменить двухрядным снегозащитным забором высотой не менее 5 м и просветностью в обшивке в пределах 34-40 %.

Создание постоянных снегозащитных линий на крупных каналах, а также для защиты гидротехнических сооружений, ввиду их эффективности и экономичности, позволит координально решить проблему снегозащиты и обеспечить нормальные условия эксплуатации крупных каналов.

При проектировании крупных каналов, трасса которых проходит через Северный Казахстан, необходимо учитывать природные условия этого района и руководствоваться предлагаемой схемой районирования территории по максимальным объемам снегопереноса. При этом проектировщикам следует исходить из следующих соображений.

I. Наибольшим заносам подвергаются участки, расположенные под углом  $60-90^\circ$  по направлению к господствующим ветрам и проходящие в глубоких выемках. Преобладающими ветрами в Северном Казахстане являются ветры южного, юго-западного и западного направлений. При этом объемы снегопереноса составляют 65-98 % от общего снегопереноса. Поэтому каналы в Северном Казахстане следует проектировать с оптимальным сечением (без глубо-



ких выемок и высоких отвалов) и по возможности избегать неблагоприятной ориентации по отношению к господствующим ветрам.

2. Проектирование снегозащитных линий вдоль трассы каналов для защиты гидротехнических сооружений в районах Северного Казахстана обязательно, т.к. в настоящее время это наиболее эффективное и экономичное средство.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Д ю н и н А.К. Механика метелей. Изд. СО АН СССР, Новосибирск, 1963.
2. М е л ь н и к Д.М. Предупреждение снежных заносов на железных дорогах. Изд. Транспорт, М., 1966.
3. М и х е л ь В.М., Р у д н е в а А.В. Районирование территории СССР по переносу снега. Труды ГГО, 1967, вып. 210.
4. М и х е л ь В.М., Р у д н е в а А.В. Переносы снега при метелях и снегопады на территории СССР. Гидрометиздат, Л., 1969.
5. Р и х т е р Г.Д. Некоторые закономерности формирования и распространения снежных заносов и принципы организации борьбы с ними. Изв. АН СССР, серия геогр., 1953, вып. I.

А.Ж. Жулаев  
канд. техн. наук, директор

И.Ф. Колодин  
а с п и р а н т  
(КазНИИВХ)

#### РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОЦЕНКЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КАНАЛА ИРТЫШ-КАРАГАНДА

Изучение и исследование опыта зимней эксплуатации канала Иртыш-Караганда (КИК) приобретает большое научное и практическое значение, особенно в связи с проектированием комплекса гидротехнических сооружений по переброске части стока сибирских



рек в Казахстан и Среднюю Азию.

В последние годы в литературе появились материалы /1/, освещающие зимний режим эксплуатации канала, однако, до настоящего времени совершенно отсутствуют данные, характеризующие основные параметры пропускной способности канала. Это, в первую очередь, объясняется трудностью получения натуральных характеристик гидравлического режима канала из-за исключительно нестабильного режима работы его сооружений, особенно в зимний период.

В КазНИИВХ в период стабильной работы канала получены данные, характеризующие гидравлический режим двух наиболее протяженных участков (каналы № 32, 38). Эти каналы, расположенные на начальном участке трассы КИК, в отличие от остальных, характеризуются относительно стабильной работой за период эксплуатации. Кроме того, здесь не имеется водохранилищ, которые оказывали бы влияние на режим эксплуатации. В то же время на этих каналах возникают все характерные ледовые затруднения, обусловленные как существующим нестабильным режимом эксплуатации канала, так и суровыми климатическими условиями.

Для проведения полевых измерений были выбраны два экспериментальных участка: начальная часть канала № 32 протяженностью 28 км (от НС I до перегораживающего сооружения № 101) и канал № 38 длиной 28 км. Здесь были организованы временные водомерные посты и гидрометрические створы. Водомерные посты на канале № 32 действовали на пикетах I, 145 и 280, на канале № 38 — ПК 1450, 1590 и 1730, а гидрометрические створы — по середине выбранных участков.

Для исключения ошибки в оценке уклона, связанной с неустановившимся во времени уровнем воды, а также наличием зажорных скоплений по длине этих участков производилась синхронная запись уровней на всех водомерных постах в течение 10–12 часов. Во время измерения уровней на гидрометрических створах проводились измерения расходов воды и других гидравлических элементов.

При оценке уклона, а также расчетах коэффициентов шероховатости русла ледяного покрова гидравлические характеристики каналов осреднялись за серию каждого измерения.

Коэффициент шероховатости ледяного покрова находим по зависимости Павловского Н.Н. (3):



$$n_{\lambda} = (2 n_{np}^{3/2} - n_p^{3/2})^{2/3} \quad (1)$$

Коэффициент шероховатости русла ( $n_p$ ) определяем по методике Павловского Н.Н. методом подбора, а приведенный коэффициент шероховатости ( $n_{np}$ ) — по зависимости:

$$n_{np} = \frac{R_s^{1/6}}{C_s} \quad (2)$$

где зимний коэффициент Шези ( $C_s$ ) рассчитан непосредственно по данным натурных измерений:

$$C_s = \frac{Q_s}{W_s \sqrt{R_s J_s}} \quad (3)$$

Пропускная способность русла каналов оценивалась гидравлическим методом с помощью зимнего коэффициента ( $K_s$ ) по зависимости, предложенной Раззороновым Ф.Ф. (4):

$$K_s = \frac{1}{\left[ \left( \frac{n_{\lambda}}{n_p} \right)^{3/2} + 1 \right]^{2/3}} \cdot \left( \frac{H - h_{\lambda}}{H} \right)^{5/3} \left( \frac{J_s}{J} \right)^{1/2} \quad (4)$$

где  $n_p, H, J$  — соответственно коэффициент шероховатости русла, средняя глубина, а также уклон водной поверхности при открытом русле и уровне, соответствующем зимнему расходу;

$h_{\lambda}$  — средняя толщина погруженного льда.

Осредненные значения гидравлических характеристик, измеренные в период стабильной работы канала, и расчетные значения коэффициентов шероховатости русла приведены в табл. I, 2.

Анализ полученных данных показывает, что значения коэффициентов шероховатости русла каналов за период эксплуатации с 1972 по 1978 гг. увеличились с 0,019 до 0,031. Это объясняется тем, что щебеночная подсыпка откосов в процессе эксплуатации канала под воздействием ветровых волн, льда и т.д. постепенно сползает на дно канала, распространяясь на все его сечение.

Повышению шероховатости русла по мере эксплуатации канала способствуют также курай, "перекати-поле", попадающие в каналы в больших количествах. Пропитываясь водой и заносясь илом,



Таблица 1

Осредненные значения летних гидравлических характеристик и расчетные значения коэффициентов шероховатости русла канала Иртыш-Караганда

| Дата и место измерения | $J$ ,<br>% | $Q$ ,<br>$\text{м}^3/\text{с}$ | $W$ ,<br>$\text{м}^2$ | $X$ ,<br>$\text{м}$ | $R$ ,<br>$\text{м}$ | $C$ ,<br>$\text{м}^{0,5}/\text{с}$ | $n_p$ |
|------------------------|------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|-------|
|------------------------|------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|-------|

Канал № 32

|              |           |      |       |      |      |      |       |
|--------------|-----------|------|-------|------|------|------|-------|
| 5/УП-1972г.  | 0,0000080 | 33,9 | 124,0 | 41,0 | 3,02 | 55,6 | 0,022 |
| 28/УП-1974г. | 0,0000100 | 38,1 | 126,0 | 41,1 | 3,07 | 54,4 | 0,023 |

Канал № 38

|              |           |      |      |      |      |      |       |
|--------------|-----------|------|------|------|------|------|-------|
| 10/УП-1972г. | 0,000020  | 29,3 | 65,9 | 29,0 | 2,27 | 63,6 | 0,019 |
| 30/УП-1974г. | 0,000020  | 35,5 | 93,8 | 33,7 | 2,78 | 50,5 | 0,024 |
| 18/Х-1977г.  | 0,000023  | 29,1 | 85,8 | 30,5 | 2,82 | 41,0 | 0,030 |
| 19/ХІ-1977г. | 0,0000089 | 16,6 | 84,2 | 30,2 | 2,79 | 40,5 | 0,031 |
| 24/ХІ-1977г. | 0,0000080 | 16,3 | 85,4 | 30,5 | 2,80 | 40,8 | 0,030 |
| 26/ІУ-1978г. | 0,0000080 | 16,2 | 80,6 | 28,7 | 2,81 | 42,7 | 0,029 |

Таблица 2

Осредненные значения зимних гидравлических характеристик и расчетные значения коэффициентов шероховатости льда канала Иртыш-Караганда

| Дата и место измерения | $J$ ,<br>% | $Q$ ,<br>$\text{м}^3/\text{с}$ | $W$ ,<br>$\text{м}^3/\text{с}$ | $X$ ,<br>$\text{м}$ | $R$ ,<br>$\text{м}$ | $C$ ,<br>$\text{м}^{0,5}/\text{с}$ | $n_{\lambda}$ |
|------------------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|---------------|
|------------------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|---------------|

Канал № 32

|             |           |      |      |      |      |      |       |
|-------------|-----------|------|------|------|------|------|-------|
| 16/І-1973г. | 0,0000148 | 13,9 | 65,1 | 55,3 | 1,18 | 51,4 | 0,019 |
| 19/І-1973г. | 0,000141  | 12,7 | 65,0 | 55,3 | 1,18 | 47,0 | 0,023 |

Канал № 38

|               |           |      |       |      |      |      |       |
|---------------|-----------|------|-------|------|------|------|-------|
| 29/І-1975г.   | 0,0000081 | 15,2 | 100,0 | 63,0 | 1,59 | 42,2 | 0,028 |
| 24/ІІІ-1975г. | 0,0000090 | 14,2 | 105,1 | 64,0 | 1,64 | 34,7 | 0,044 |
| 6/ХІІ-1977г.  | 0,000013  | 14,9 | 78,8  | 59,0 | 1,34 | 45,1 | 0,015 |
| 9/ХІІ-1977г.  | 0,000011  | 13,9 | 79,3  | 58,0 | 1,34 | 46,4 | 0,011 |



оседают на дно канала. В период ледообразования, вмерзая в лед, они существенно повышают и шероховатость нижней поверхности льда.

Существующий нестабильный режим работы канала с частыми продолжительными остановками и резкими колебаниями уровней в бьефах еще больше способствует разрушению креплений откосов, оползневым явлениям, оседанию курая на дно и т.д. Все это, как правило, значительно увеличивает коэффициенты шероховатости и снижает пропускную способность русла канала.

Коэффициенты шероховатости нижней поверхности ледяного покрова в течение зимы изменяются в значительных пределах: от 0,011 – в начале ледостава, до 0,044 – к концу зимы. Такие значения коэффициентов шероховатости значительно выше нормативных и расчетных, рекомендованных Гидропроектом в проекте эксплуатации канала Иртыш-Караганда.

Следует отметить, что для канала № 38 характерны как проектные недоработки, так и строительные недоделки. На большом протяжении канал проходит в глубоких выемках. Из-за плохой планировки или отсутствия ее на значительном протяжении канала высота отвалов достигает 20 м. Необходимо отметить, что вследствие неблагоприятной ориентации канала к господствующим ветрам (под углом  $60^{\circ}$ – $90^{\circ}$ ) на значительном протяжении канал ежегодно заносится снегом. В суровые зимы высота снежных заносов достигает верха отвалов. Аналогичные явления наблюдаются и на других участках канала.

Существенный недостаток проекта и строительства – отсутствие на канале подпорного сооружения при входе в водохранилище гидроузла № I. В результате этого канал № 38 имеет нерегулируемый бьеф с водохранилищем и каналом № 39 общей протяженностью около 50 км, что создает значительные трудности при поддержании стабильности рабочих уровней на канале.

На рис. I приведены характерные (схематические) поперечники канала № 38, построенные по результатам полевого обследования ледового состояния канала в характерные зимы. В суровую зиму, когда весь канал заносится снегом, на значительном его протяжении наблюдаются образования заторо-зажоров льда из



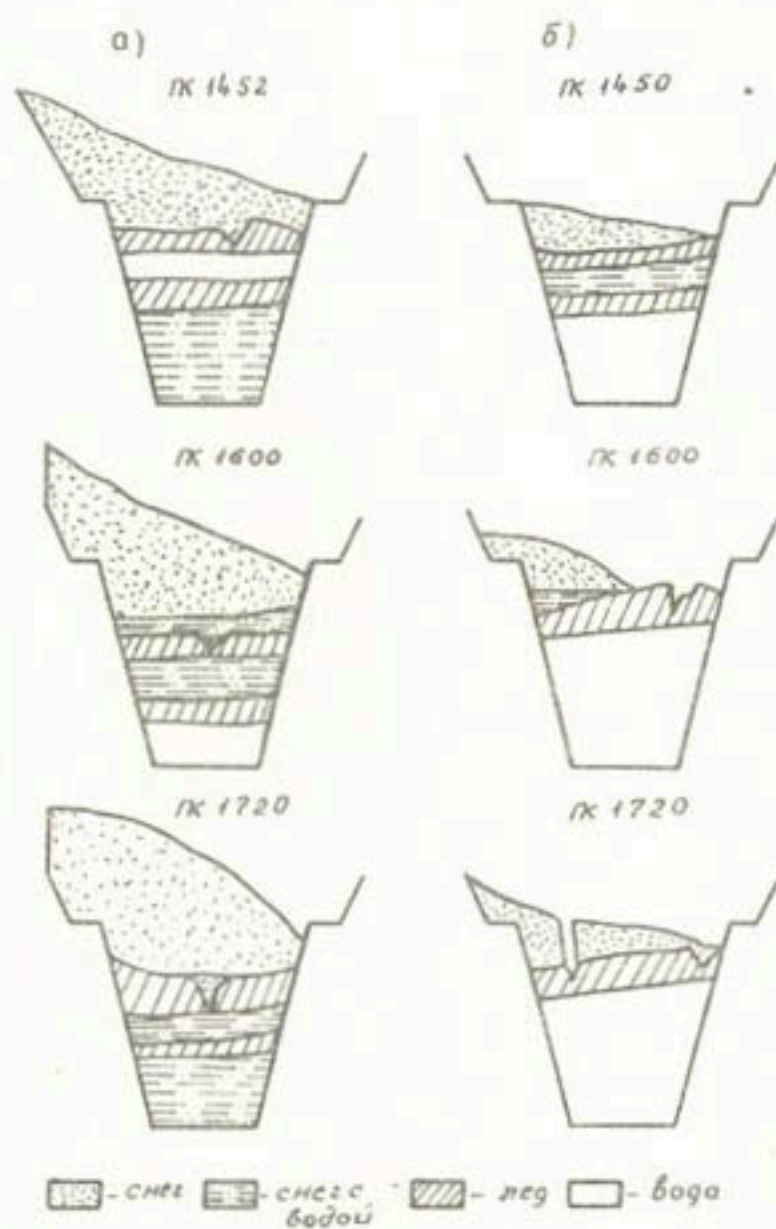


Рис. I. Характерные профили канала № 38 в суровую (а) и среднюю зиму (б).



снежно-ледовых скоплений. В этот период зимний коэффициент ( $K_z$ ) приближается к нулю. Ликвидировать такие зазорные скопления удавалось, как правило, только весной с наступлением положительной температуры воздуха. В средние зимы снега на поверхности каналов обычно меньше, однако, на отдельных участках снежные заносы достигают значительных размеров.

Исследованиями установлено, что нестабильный режим работы канала является основной причиной неблагоприятных ледовых явлений на канале из-за нестабильности рабочих уровней в его бьефах, вследствие этого ледяной покров образуется из нескольких слоев. Снежные заносы еще в большей степени способствуют стеснению параметров живого сечения каналов, что значительно повышает шероховатость нижней поверхности ледяного покрова и снижает пропускную способность канала зимой.

По результатам расчетов коэффициент шероховатости ( $n$ ) в зиму со средними метеоусловиями достигает 0,028-0,04, зимний коэффициент снижается до 0,21-0,24, в суровые зимы он снижается до нуля из-за закупорки живого сечения канала снежно-ледовыми скоплениями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жулаев А.И., Колодин И.Ф. Особенности ледотермического режима канала Иртыш-Караганда. Сб. "Обводнение и сельскохозяйственное водоснабжение. Ташкент, 1978, вып. 155.
2. Колодин И.Ф. Определение шероховатости нижней поверхности ледяного покрова в условиях канала Иртыш-Караганда. Мелиорация и водное хозяйство. Экспресс-информация, серия I, 1977, вып. 4.
3. Доттер Г.К. Метод академика Павловского Н.Н. для определения коэффициента шероховатости русла, покрытых льдом. Изв. ВНИИГ, 1941, т. 29.
4. Раззоров Ф.Ф. Вычисление зимнего коэффициента рек в нижних бьефах ГЭС. Гидротехника и мелиорация, 1965, № 12.



Р.И.Вагапов  
канд. техн. наук, зам. директора  
Н.А.Гречко  
мл. научный сотрудник  
(КазНИИВХ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ УСТОЙЧИВЫХ ФОРМ СЕЧЕНИЙ В ЛЕГКОРАЗМЫВАЕМЫХ ГРУНТАХ

Практика эксплуатации земляных каналов в слабых грунтах показывает, что большинство их подвержены значительным деформациям. Поэтому задача обеспечения устойчивости русла является одной из актуальнейших проблем гидротехники. Этому вопросу уделяли большое внимание многие ученые [1,2,3,4,5,6]. Выполнены обширные теоретические и экспериментальные работы, однако, вследствие чрезвычайной сложности рассматриваемых явлений, происходящих под влиянием многих факторов, многие вопросы требуют дальнейшего детального изучения.

Одним из таких нерешенных вопросов является выбор формы устойчивого сечения. Так, например, в практике проектирования в настоящее время все еще широко применяются трапецеидальные сечения, в то время как ряд авторов [1,4,5] считают устойчивыми параболические сечения, другие [2,3] — эллиптические. Как известно из практики в натуре устойчивые русла встречаются для всех приведенных выше форм поперечных сечений. Поэтому можно считать, что при разработке методов расчета устойчивых русел нельзя заранее предопределять форму сечения, так как она должна обуславливаться условиями задачи.

Задача настоящих исследований заключалась в установлении устойчивых форм сечений каналов и выявлении взаимосвязи между параметрами потока и определяющих характеристик сечения.

С этой целью в гидротехнической лаборатории КазНИИВХ были проведены лабораторные исследования в лотке на размываемой модели из песка с трапецеидальной формой поперечного сечения.

По оси лотка было установлено 5 пьезометров, объединенных в один стенд, для определения гидравлического уклона. Регулирование глубины воды в лотке осуществлялось шандорами (высота каждой шандоры 5 мм), установленными в конце лотка. Горизонты



воды и глубины в лотке измерялись мерной иглой, скорости – трубкой Пито–Ребока, расходы – мерным водосливом, величина транзитного расхода изменялась 2–8 л/с.

Проведено три серии опытов. В первой серии русло было выполнено из песка  $d = 1 + 1,5$  мм трапецеидальной формы с заложением откосов  $m = 1; 1,5; 2,0$  и шириной по дну  $B = 10$  см. Вторая серия проведена при одном заложении  $m = 1,5$  и ширине по дну  $B = 5$  см. В третьей в отличие от первых двух была изменена фракция песка  $d = 1,5 + 3$  мм, заложение откоса  $m = 2$ ,  $B = 10$  см. Эта серия опытов проводилась при уклоне лотка  $i = 0,005$ . Каждая серия опытов состояла из двух этапов: с подвижным ложем русла и устойчивым руслом.

В начале каждого опыта малым расходом полностью затапливали созданную трапецеидальную форму русла водой, в результате происходило сползание грунта вниз по откосу и их уполаживание, которое наблюдалось при всех заложениях откоса. После чего увеличивали расход до заданного и с помощью шандор регулировали глубину воды в лотке до тех пор, пока не начиналось перемещение частиц песка не только с откосов, но и по дну. Установленный расход воды пропусклся в течение 7–8 часов до полного установления сформировавшейся формы сечения. По истечении указанного времени снимали показания пьезометров и в центре каждого створа отметки горизонта воды. На одном среднем створе производилось измерение эпюры скоростей.

После чего увеличивали глубину воды до тех пор, пока не прекращалось перемещение частиц песка по дну, и снимали те же характеристики потока. Прекращали подачу воды и производили подробную съемку формы сечения. Данные опытов приведены в табл. I и 2. Во всех опытах средняя скорость потока не превышала допускаемых значений по размыву.

В первой серии опытов трапецеидальная форма сечения при заложении откосов  $m = 1,0$  под воздействием потока изменилась в треугольную, а при  $m = 1,5; 2,0$  – в параболическую. Во второй серии при меньших расходах устойчивое сечение имело параболическую форму, при больших – треугольную. В третьей серии устойчивые поперечные сечения имели эллиптическую форму.



Таблица I

Гидроморфологические показатели потока при перемещении  
частиц песка по дну

| Номер<br>серии | $Q$ ,<br>л/с | $\omega$ ,<br>см <sup>2</sup> | $\chi$ ,<br>см | $R$ ,<br>см | $B$ ,<br>см | $v_{cp}$ ,<br>м/с | $h_{max}$ ,<br>см | $\frac{B}{h_{cp}}$ | $\frac{h_{cp}}{h_{max}}$ | $J$     | $M$   | $\frac{Q^{1/2}}{(g\chi)^{1/4}}$ | формы<br>сече-<br>ний,<br>создан-<br>ные по<br>током | Харак-<br>тер се-<br>чения |
|----------------|--------------|-------------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|---------|-------|---------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------|
| I <sub>1</sub> | 2            | 79                            | 27,2           | 2,91        | 24,0        | 0,253             | 6,0               | 7,30               | 0,587                    | 0,00216 | 0,830 | 0,0351                          | треуг.                                               | $m = 1,0$                  |
|                | 4            | 147                           | 39,2           | 3,75        | 35,6        | 0,272             | 7,8               | 8,62               | 0,530                    | 0,00216 | 0,830 | 0,0452                          |                                                      | $\delta = 1,0$ см          |
|                | 6            | 236                           | 48,8           | 4,83        | 44,2        | 0,255             | 10,0              | 8,28               | 0,534                    | 0,00216 | 0,925 | 0,0522                          |                                                      | $d = 1$                    |
|                | 8            | 314                           | 54,4           | 5,77        | 48,2        | 0,255             | 11,5              | 7,40               | 0,566                    | 0,00154 | 0,981 | 0,0588                          |                                                      | $d = 1,5$ мм               |
| I <sub>2</sub> | 2            | 71                            | 29,6           | 2,4         | 27,4        | 0,282             | 3,1               | 10,60              | 0,836                    | 0,00278 | 0,698 | 0,0344                          |                                                      | $m = 1,5$                  |
|                | 4            | 167                           | 41,8           | 3,99        | 38,6        | 0,240             | 5,9               | 8,91               | 0,735                    | 0,00170 | 0,896 | 0,0445                          | параб.                                               | $\delta = 1,0$ см          |
|                | 6            | 217                           | 48,0           | 4,52        | 45,4        | 0,276             | 8,0               | 9,50               | 0,597                    | 0,00154 | 0,859 | 0,0528                          |                                                      | $d = 1$                    |
|                | 8            | 302                           | 53,0           | 5,69        | 47,8        | 0,265             | 10,3              | 7,56               | 0,614                    | 0,00185 | 1,270 | 0,0486                          |                                                      | $d = 1,5$ мм               |
| I <sub>3</sub> | 2            | 74                            | 30,1           | 2,46        | 28,0        | 0,270             | 4,3               | 10,60              | 0,614                    | 0,00278 | 0,720 | 0,0342                          |                                                      | $m = 2,0$                  |
|                | 4            | 158                           | 39,4           | 4,01        | 36,4        | 0,253             | 6,8               | 8,39               | 0,638                    | 0,00247 | 0,887 | 0,0452                          | параб.                                               | $\delta = 1,0$ см          |
|                | 6            | 230                           | 51,0           | 4,51        | 48,0        | 0,261             | 7,4               | 10,05              | 0,645                    | 0,00247 | 0,815 | 0,0553                          |                                                      | $d = 1$                    |
|                |              |                               |                |             |             |                   |                   |                    |                          |         |       |                                 |                                                      | $d = 1,5$ мм               |
| II             | 2            | 71                            | 26,0           | 2,73        | 24,6        | 0,282             | 4,3               | 8,53               | 0,678                    | 0,00247 | 0,77  | 0,0355                          | параб.                                               | $m = 1,5$                  |
|                | 4            | 159                           | 38,4           | 4,13        | 35,0        | 0,251             | 7,4               | 7,70               | 0,614                    | 0,00185 | 0,91  | 0,0454                          |                                                      | $\delta = 1,5$ см          |
|                | 6            | 262                           | 47,4           | 5,53        | 42,0        | 0,229             | 10,4              | 6,73               | 0,600                    | 0,00185 | 1,05  | 0,0528                          | треуг.                                               | $d = 1$                    |
|                | 8            | 370                           | 55,8           | 6,63        | 49,2        | 0,216             | 13,0              | 6,53               | 0,579                    | 0,00154 | 1,14  | 0,0584                          |                                                      | $d = 1,5$ мм               |
| III            | 2            | 66                            | 28,0           | 2,36        | 26,0        | 0,303             | 3,1               | 10,2               | 0,819                    | 0,00478 | 0,677 | 0,0349                          |                                                      | $m = 2,0$                  |
|                | 4            | 123                           | 40,0           | 3,07        | 38,0        | 0,326             | 4,6               | 11,7               | 0,704                    | 0,00360 | 0,684 | 0,0449                          | эллип.                                               | $\delta = 1,0$ см          |
|                | 6            | 188                           | 49,0           | 3,84        | 46,6        | 0,319             | 5,5               | 11,5               | 0,735                    | 0,00216 | 0,735 | 0,0529                          |                                                      | $d = 1,5$ мм               |
|                |              |                               |                |             |             |                   |                   |                    |                          |         |       |                                 |                                                      | $d = 3$ мм                 |



Гидроморфологические показатели потока при отсутствии  
движения частиц

| Номер<br>серии | $Q$ ,<br>л/с | $\omega$ ,<br>см <sup>2</sup> | $\chi$ ,<br>см | $R$ ,<br>см | $B$ ,<br>см | $V_{cp}$ ,<br>м/с | $h_{max}$ ,<br>см | $\frac{b}{h_{cp}}$ | $\frac{h_{cp}}{h_{max}}$ | $J$     | $M$   | $\frac{Q^{1/2}}{(g \chi)^{1/4}}$ | Формы<br>сече-<br>ний,<br>создан-<br>ные по-<br>током | Харак-<br>терис-<br>тики<br>сече-<br>ния |
|----------------|--------------|-------------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|---------|-------|----------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| I <sub>1</sub> | 2            | 94                            | 29,2           | 3,22        | 25,6        | 0,213             | 6,6               | 6,97               | 0,612                    | 0,00185 | 0,936 | 0,0344                           | треуг.                                                | $m = 1,0$                                |
|                | 4            | 169                           | 41,4           | 4,08        | 37,2        | 0,237             | 8,4               | 8,17               | 0,542                    | 0,00185 | 0,932 | 0,0438                           |                                                       | $\delta = 10$ см                         |
|                | 6            | 281                           | 51,4           | 5,47        | 44,6        | 0,213             | 11,0              | 7,08               | 0,572                    | 0,00185 | 1,060 | 0,0516                           |                                                       | $\delta' = 1$ см                         |
|                | 8            | 369                           | 57,4           | 6,43        | 50,0        | 0,217             | 12,6              | 6,77               | 0,586                    | 0,00154 | 1,110 | 0,0578                           |                                                       | $\delta' = 1,5$ мм                       |
| I <sub>2</sub> | 2            | 96                            | 32,2           | 2,98        | 29,6        | 0,208             | 3,9               | 9,13               | 0,81                     | 0,00108 | 0,886 | 0,0336                           | параб.                                                | $m = 1,5$                                |
|                | 4            | 223                           | 47,0           | 4,75        | 43,0        | 0,179             | 7,3               | 8,30               | 0,71                     | 0,00139 | 1,100 | 0,0431                           |                                                       | $\delta = 10$ см                         |
|                | 6            | 268                           | 53,2           | 5,03        | 44,0        | 0,224             | 9,2               | 7,22               | 0,66                     | 0,00093 | 0,982 | 0,0518                           |                                                       | $\delta' = 1+1,5$ мм                     |
|                | 8            | 399                           | 59,4           | 6,72        | 53,0        | 0,200             | 12,2              | 6,96               | 0,62                     | 0,00093 | 0,883 | 0,0761                           |                                                       |                                          |
| I <sub>3</sub> | 2            | 88                            | 32,2           | 2,73        | 30,0        | 0,227             | 4,8               | 10,22              | 0,610                    | 0,00185 | 0,78  | 0,0350                           | параб.                                                | $m = 2,0$                                |
|                | 4            | 198                           | 43,2           | 4,58        | 40,0        | 0,202             | 7,9               | 8,08               | 0,627                    | 0,00154 | 1,04  | 0,0440                           |                                                       | $\delta = 10$ см                         |
|                | 6            | 280                           | 54,4           | 5,15        | 50,0        | 0,214             | 8,4               | 8,93               | 0,666                    | 0,00123 | 1,01  | 0,0510                           |                                                       | $\delta' = 1+1,5$ мм                     |
|                | 8            | 402                           | 60,2           | 6,68        | 52,6        | 0,199             | 14,3              | 6,88               | 0,535                    | 0,00123 | 0,972 | 0,0345                           |                                                       | $m = 1,5$                                |
| II             | 2            | 99                            | 29,6           | 3,35        | 25,6        | 0,202             | 5,4               | 6,61               | 0,718                    | 0,00185 | 1,040 | 0,0445                           | параб.                                                | $\delta = 5$ см                          |
|                | 4            | 191                           | 41,2           | 4,63        | 36,4        | 0,209             | 8,3               | 6,93               | 0,633                    | 0,00154 | 1,120 | 0,0514                           |                                                       | $\delta' = 1+1,5$ мм                     |
|                | 6            | 290                           | 50,4           | 5,76        | 43,2        | 0,207             | 11,5              | 6,43               | 0,585                    | 0,00123 | 1,166 | 0,0573                           |                                                       |                                          |
|                | 8            | 402                           | 60,2           | 6,68        | 52,6        | 0,199             | 14,3              | 6,88               | 0,535                    | 0,00123 | 1,166 | 0,0573                           |                                                       |                                          |
| III            | 2            | 80                            | 30,0           | 2,67        | 28,0        | 0,250             | 4,0               | 9,8                | 0,740                    | 0,00216 | 0,780 | 0,0342                           | эллип.                                                | $m = 2,0$                                |
|                | 4            | 158                           | 42,4           | 3,73        | 39,0        | 0,253             | 5,5               | 9,62               | 0,736                    | 0,00185 | 0,844 | 0,0442                           |                                                       | $\delta = 10$ см                         |
|                | 6            | 236                           | 52,2           | 4,52        | 49,0        | 0,254             | 6,5               | 10,15              | 0,741                    | 0,00154 | 0,880 | 0,0514                           |                                                       | $\delta' = 1,5+3$ мм                     |
|                | 8            |                               |                |             |             |                   |                   |                    |                          |         |       |                                  |                                                       |                                          |



Значения показателя  $\frac{h_{ср}}{h_{max}}$  по данным наших опытов изменяются от 0,54 до 0,81 (табл. I и 2), по данным Г.В. Железнякова – от 0,43 до 0,8, по М.А. Мосткову – постоянно и равно 0,63, по натурным данным Ю.А. Абад-Заде – от 0,56 до 0,86 и по данным его теоретических исследований – от 0,33 до 0,92 /2/.

Параметр формы  $\frac{B}{h_{ср}}$  (табл. I и 2) изменяется от 6,4 до 10,2, по натурным данным Ю.А. Абад-Заде – от 6,3 до 42,7 /2/; по натурным и расчетным данным И.В. Лаптурева /6/ для слабых мелкозернистых грунтов – от 6,4 до 24,3, по данным теоретических решений гидравлически устойчивых форм живых сечений Р.М. Каримова – от 4 до 11 /4,5/.

Для обеспечения подобия устойчивых форм сечений, как показано в работе /1/, необходимо выполнение условия инвариантности безразмерного гидравлического радиуса:

$$M = \frac{R (g x)^{1/4}}{Q^{1/2}} = const, \quad (I)$$

где  $R$  – гидравлический радиус;  
 $g$  – ускорение силы тяжести;  
 $x$  – смоченный периметр;  
 $Q$  – расчетный расход.

По результатам лабораторных исследований были определены значения инварианта подобия для двух случаев: при подвижном ложе русла и устойчивом русле. Как видно из таблицы 2 и рис. I во всех трех сериях опытов инвариант подобия при потере устойчивости ложа уменьшается до значений 0,7–0,8. При устойчивом ложе  $M$  лежит в пределах 0,9 + 1,1.

По результатам лабораторных исследований можно заключить, что устойчивость русла при чистой воде обеспечивается при значениях инварианта подобия в пределах 1,0 + 1,1.

По результатам анализа обширных экспериментальных наблюдений в натуре К.В. Гришанина /1/ при наличии в потоке взвешенных потоков от 1 до 6 кгс/м<sup>3</sup> значения  $M$ , обеспечивающие устойчивость русла, лежат в пределах 0,75–1,05. Таким образом можно заключить, что с увеличением содержания наносов в потоке требуемое значение инварианта подобия, обеспечивающее устойчивость русла, снижается.



Результаты лабораторных исследований показали, что устойчивые сечения могут иметь формы треугольные, параболические и эллиптические. При этом вид сечения в каждом случае зависит от соотношения ширины по дну и глубины потока  $\frac{b_0}{h_0}$  первоначального русла. Для характеристики всех возможных форм сечений можно выразить площади поперечного сечения в виде:

$$\omega = A h^x, \quad (2)$$

где  $A$  и  $x$  — показатели формы сечения;

$h$  — глубина потока по оси канала.

При известных значениях  $A$  и  $x$  очертания поперечного сечения может быть построено по уравнению:

$$B = \frac{d\omega}{dh} = x A h^{x-1}. \quad (3)$$

По результатам лабораторных исследований (табл. 3) построены графики  $\lg \omega = f(\lg h)$  (рис. 2). Как видно из рисунка, экспериментальные точки ложатся на прямые вида:

$$\lg \omega = C + x \lg h,$$

что полностью подтверждает правомерность зависимости (2). Значения показателя степени изменяются в пределах от 2 до 1,25 и для треугольного русла равно 2, параболического — 1,5 и эллиптического — 1,25. При  $x \rightarrow 1,0$  форма сечения будет приближаться к прямоугольной.

Для обеспечения устойчивости русла необходимо:

1) выполнение условий подобия, т.е. инвариант подобия должен быть равен допускаемому значению и для потока без наносов  $M = 1,05$ ;

2) обеспечение средней скорости потока в допускаемых пределах, т.е. средняя скорость потока должна быть меньше допускаемой, но больше скорости заиливания;

3) обеспечение устойчивости откоса в точке уреза.

Выполнение этих условий можно выразить следующей системой уравнения:

$$\left. \begin{aligned} \frac{Q}{v_{дон} R (g x)^{1/4}} &= A h^x; \\ M = \frac{Q^{1/2}}{v_{дон} R} &= \frac{Q^{1/2}}{v_{дон} R}; \\ ctg \alpha = \frac{1}{2} \frac{Q}{dh} &= \frac{x}{2} (x-1) A h^{x-2}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$



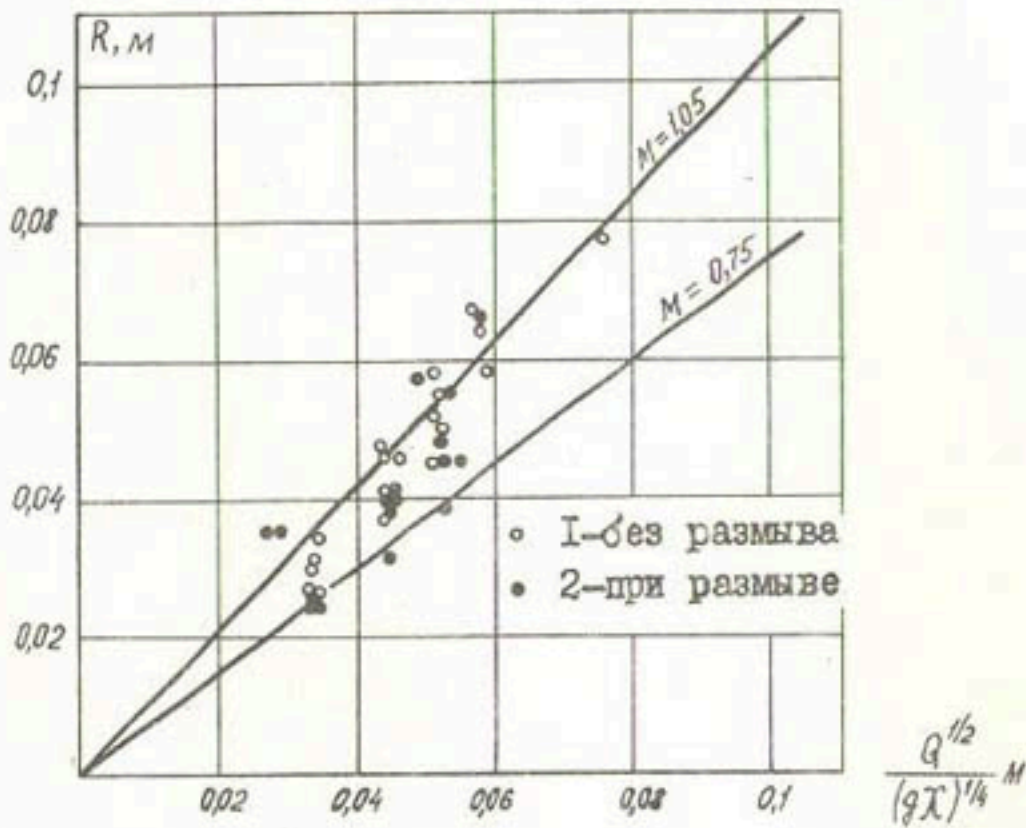


Рис. 1. Зависимость уравнения  $R = f\left[\frac{Q^{1/2}}{(gx)^{1/4}}\right]$

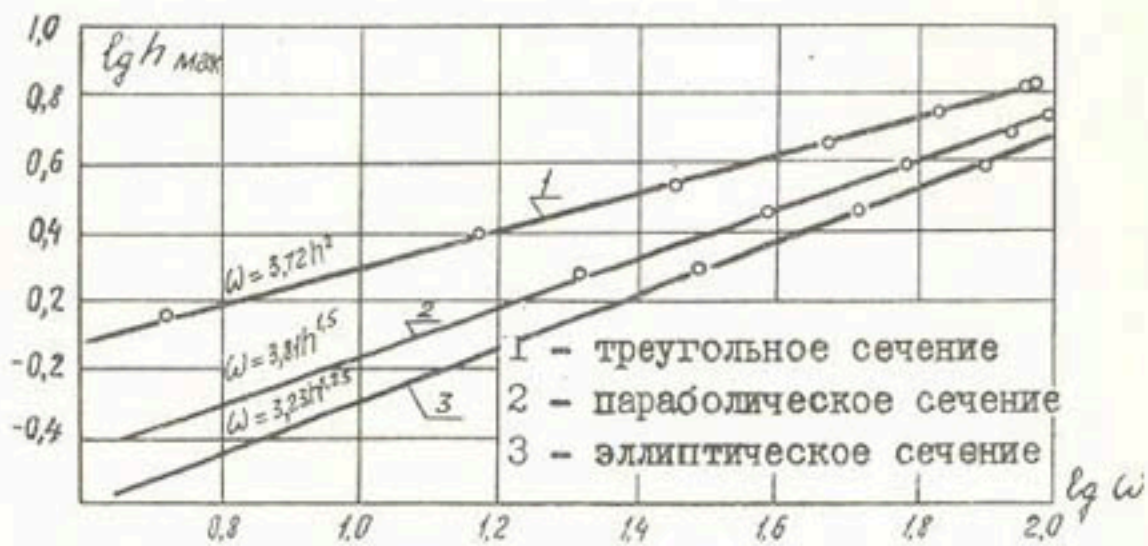


Рис. 2. Зависимость площади живого сечения потока  $\omega$  от глубины накопления  $h_{\max}$



где  $\alpha$  — угол допускаемого наклона откоса в точке уреза.

Таблица 3

Зависимость  $\omega = f(h_{\max})$

| Номер серии     |                               |              |             |                 |                               |              |             |                 |                               |              |             |
|-----------------|-------------------------------|--------------|-------------|-----------------|-------------------------------|--------------|-------------|-----------------|-------------------------------|--------------|-------------|
| I               |                               |              | II          |                 |                               | III          |             |                 |                               |              |             |
| Расход, л/с     |                               |              |             |                 |                               |              |             |                 |                               |              |             |
| 2               |                               |              | 2           |                 |                               | 2            |             |                 |                               |              |             |
| Форма сечения   |                               |              |             |                 |                               |              |             |                 |                               |              |             |
| Треугольная     |                               |              |             | Параболическая  |                               |              |             | Эллиптическая   |                               |              |             |
| $h_{max}$<br>см | $\omega$ ,<br>см <sup>2</sup> | $lg h_{max}$ | $lg \omega$ | $h_{max}$<br>см | $\omega$ ,<br>см <sup>2</sup> | $lg h_{max}$ | $lg \omega$ | $h_{max}$<br>см | $\omega$ ,<br>см <sup>2</sup> | $lg h_{max}$ | $lg \omega$ |
| 1,4             | 5,20                          | 0,15         | 0,72        | 1,8             | 20,80                         | 0,26         | 1,31        | 1,9             | 30,84                         | 0,28         | 1,48        |
| 2,4             | 14,84                         | 0,38         | 1,17        | 2,8             | 39,20                         | 0,45         | 1,59        | 2,9             | 53,04                         | 0,46         | 1,72        |
| 3,4             | 28,84                         | 0,53         | 1,46        | 3,8             | 60,80                         | 0,58         | 1,78        | 3,9             | 79,04                         | 0,59         | 1,90        |
| 4,4             | 46,72                         | 0,64         | 1,67        | 4,8             | 85,44                         | 0,68         | 1,93        | 4,0             | 80,00                         | 0,60         | 1,90        |
| 5,4             | 67,72                         | 0,73         | 1,83        | 5,4             | 99,00                         | 0,73         | 2,00        |                 |                               |              |             |
| 6,4             | 91,56                         | 0,81         | 1,96        |                 |                               |              |             |                 |                               |              |             |
| 6,6             | 94,00                         | 0,82         | 1,97        |                 |                               |              |             |                 |                               |              |             |

В системе уравнений (4) не известны  $A$ ,  $x$ ,  $h$ . Значения  $Q$ ,  $V_{\text{гон}}$ ,  $\text{ctg } \alpha$  и  $M$  известны и определяются исходными данными, характеристиками грунта и условиями подобия. Таким образом система 3-х уравнений при 3-х неизвестных дает однозначное решение поставленной задачи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гришанин К.В. Устойчивость русл рек и каналов. Ленинград, 1974.
2. Ибад-Заде Ю.А. Водопроводные каналы. Москва, 1975.
3. Карасев И.Ф. Русловые процессы при переброске стока. Ленинград, 1975.
4. Каримов Р.М. Гидравлически устойчивые формы русл каналов криволинейного поперечного сечения. Вопросы гидротехники, 1965, вып. 74.

5. К а р и м о в Р.М. Гидравлически устойчивые живые сечения. Гидротехника и мелиорация, 1956, № 6.
6. Л а п т у р е в И.В. О расчете устойчивых русл каналов в слабых мелкозернистых грунтах. Гидротехника и мелиорация, 1969, № 10.

А.Т.Базарбаев  
младший научный сотрудник  
(КазНИИВХ)

### РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НАНОСНОГО РЕЖИМА АЛААРЧИНСКОГО ГИДРОУЗЛА

Река Алаарча берет свое начало на нижних склонах Киргизского хребта, в высокогорных снегах и ледниках. Расход реки подвержен резким колебаниям как в течение года, так и в течение суток. Ввиду значительных продольных уклонов по реке в вегетационный период транспортируется значительное количество наносов.

Гидрологические характеристики р.Алаарча по данным УТМС /1,2/ приведены в табл. I.

Таблица I

Гидрологические характеристики р.Алаарча  
(гидропост-устье р.Кашкасу)

| Тип<br>пита-<br>ния<br>реки      | Расходы реки, м <sup>3</sup> /с |          |          |          |               |                                 |                                |              |    |                       | Средний<br>диаметр<br>наносов,<br>мм |
|----------------------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|---------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------|----|-----------------------|--------------------------------------|
|                                  | срочные                         |          |          |          | среднегодовой | характерные                     |                                |              |    | Средний уклон<br>реки |                                      |
|                                  | среднесуточные                  |          |          |          |               | максим.<br>дата наблю-<br>дения | миним.<br>дата наблю-<br>дения |              |    |                       |                                      |
|                                  | обеспеченности                  |          |          |          |               |                                 |                                |              |    |                       |                                      |
|                                  | 0,1%                            | 1,0%     | 10%      | 25%      |               |                                 |                                |              |    |                       |                                      |
| ледни-<br>ково-<br>снего-<br>вое | 75<br>41                        | 58<br>33 | 38<br>25 | 30<br>21 | 4             | 50<br>1953                      | 0,8<br>1964                    | 16/1<br>0,03 | 35 | 0,21                  | 32,0                                 |



Интенсивный транспорт наносов по реке наблюдается с апреля по сентябрь месяцы. За этот период по реке транспортируется более 90 % годового стока наносов.

С целью забора воды из р. Алаарча для орошения в 1966 г. был построен водозаборный узел /3/. Учитывая сложные гидрологический, наносный режимы и селеносность реки, при компоновке водозаборного узла принята схема "Донно-решетчатого водозабора с искусственным криволинейным подводным руслом" и с бассейном суточного регулирования (БСР) в верхнем бьефе. Водозаборное сооружение вынесено из транзитной зоны селевого потока на левый край БСР-а.

Бассейн суточного регулирования служит для регулирования жидкого стока реки и для полного задержания влекомых и частичного осаждения взвешенных наносов.

Водозаборное сооружение включает водосливную плотину с донной галереей. Общий фронт водослива составляет 12,0 м, ширина решетчатой части — 2,4 м. Порог плотины поднят относительно понура на 0,8 м.

Объем бассейна, созданный плотиной высотой 15 м, оценивается в 150 тыс. м. Однако в этом же году, при прохождении паводка 10 %-обеспеченности, полезная емкость бассейна была полностью занесена наносами. После чего крупные фракции наносов, поступающие через водоприемник в железобетонный канал Туш, вызвали разрушение облицовки канала. Для предотвращения попадания наносов в канал была произведена реконструкция водозаборного узла /4/.

По проекту реконструкции водосливная плотина разделена бычком на две части: сбросную и водоприемную. Щитовый сброс, шириной 4,0 м и высотой 3,6 м, оборудован сегментным затвором и служит для пропуска катастрофического паводка, а также для периодического промыва наносов из подводного русла сооружений.

Водоприемник представляет собой траншею шириной 6,5 м и глубиной 3,8 м, перекрытую сверху металлической сороудерживающей решеткой. Рассчитан на пропуск расхода 18 м<sup>3</sup>/с. Порог водоприемника поднят на 1,5 м относительно порога щитового сброса. Отвод воды из водоприемника осуществляется двухочковой безнапорной трубой размерами отверстий 1,75 x 1,55 м.



В раздельном бычке имеется промывное отверстие размерами 1,5 x 1,5 м, предназначенное для непрерывного смыва наносов в нижний бьеф сооружения.

Для улавливания вредных фракций наносов, завлеченных водным потоком в водоприемник, перед каналом "Туш" построен двухсекционный четырехкамерный отстойник периодической промывки. Ширина камер поверху равна 4,7 м, по дну — 2,5 м, высота — от 3 до 5,5 м. Рабочая длина отстойника составляет 130 м. Верх отстойника выполнен без уклона, дно — с уклоном  $i = 0,019$ . На рис. 1 дан схематический план гидроузла после его реконструкции.

В 1978 г. нами были проведены натурные исследования на Алаарчинском гидроузле с целью оценки работы гидроузла.

Для установления картины распределения крупности наносов в чаше бассейна-отстойника были взяты пробы наносов для их гранулометрического анализа (табл. 2).

Для определения объема отложений наносов, осаждаемых в четырехкамерном отстойнике за вегетационный период, нами выполнена нивелирная съемка. Участок отстойника длиной 150 м был разбит через 20 м на 7 поперечников. При съемке отметки брали по ширине камеры в трех точках у стенок и по оси камеры. По данным нивелирной съемки 1978 г. за период с марта по сентябрь в Алаарчинском отстойнике отложилось 4497,53 м<sup>3</sup> наносов: из них 973,11 м<sup>3</sup> — в первой камере, 1546,3 м<sup>3</sup> — во второй, 897,45 м<sup>3</sup> — в третьей и 1080,67 м<sup>3</sup> — в четвертой камере отстойника. На рис. 2 показаны продольные профили отложения наносов в камерах отстойника.

В период проведения натурных исследований была осуществлена промывка второй камеры отстойника, которая длилась 3 часа 14 мин. Промывка осуществлялась промывным расходом 0,65 м<sup>3</sup>/с, при этом скорость воды в промывном канале достигала 2,73 м/с.

После промывки во второй камере была выполнена исполнительная съемка: объем оставшихся наносов в камере равен 413,06 м<sup>3</sup>, из них 211,2 м<sup>3</sup> остались между 0 и I поперечниками, что является переходной зоной отстойника. До промыва объем наносов между I и VII поперечниками был равен 1229,4 м<sup>3</sup>,



## Распределение крупности наносов в БСР-е

| Мл<br>то-<br>чек | Местона-<br>хождение<br>точ-<br>ки отно-<br>сительно<br>кривой<br>подпора | Местона-<br>хождение<br>точки<br>относи-<br>тельно<br>водоза-<br>борного<br>сооруже-<br>ния       | Диаметр частиц (в мм) и ее<br>содержание (в %) по весу |       |       |      |      |              |              |              |          |      | $d_{cp}$ ,<br>мм |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|-------|------|------|--------------|--------------|--------------|----------|------|------------------|
|                  |                                                                           |                                                                                                   | 40                                                     | 40-20 | 20-10 | 10-5 | 5-3  | 3-2          | 2-1          | 1-0,5        | 0,5-0,25 | 0,25 |                  |
| 1.               | В зоне<br>подпора                                                         | Перед во-<br>дозабор-<br>ным со-<br>оружени-<br>ем                                                | -                                                      | -     | -     | -    | 0,4  | 0,4          | 8,9          | 32,3<br>50,6 | 7,4      | 0,6  |                  |
| 2.               | В зоне<br>подпора                                                         | В начале<br>подводя-<br>щего рус-<br>ла у вог-<br>нутого<br>берега,<br>20 м от<br>сооруже-<br>ний | -                                                      | -     | -     | 4,96 | 4,96 | 5,67<br>31,5 | 25,5<br>24,1 | 3,31         | 1,5      |      |                  |
| 3.               | В зоне<br>подпора                                                         | В чаше<br>бассейна-<br>отстойника,<br>60 м от со-<br>оружений                                     | -                                                      | -     | -     | -    | 1,57 | 2,83<br>26,1 | 29,5<br>31,4 | 8,6          | 0,87     |      |                  |
| 4.               | Вне зоны<br>кривой<br>подпора                                             | В месте<br>слияния<br>реки в<br>бассейн-<br>отстойник                                             | -                                                      | 68,4  | 27,4  | 3,1  | 0,48 | 0,62         | -            | -            | -        | -    | 25,0             |



а после промыва —  $201,86 \text{ м}^3$ , что составляет 16,6 % от общего объема наносов между I и III поперечниками.

Для определения крупности наносов и представления картины распределения фракционного состава их по длине отстойника были взяты пробы наносов из первой камеры, с каждого поперечника (табл. 3).

Таблица 3

Фракционный анализ крупности наносов в отстойнике

| № по-<br>переч-<br>ников | Размеры фракции, мм |               |               |                |                 |       | $d_{\text{ср}}$<br>мм |
|--------------------------|---------------------|---------------|---------------|----------------|-----------------|-------|-----------------------|
|                          | I—<br>0,25          | 0,25—<br>0,05 | 0,05—<br>0,01 | 0,01—<br>0,005 | 0,005—<br>0,001 | 0,001 |                       |
| поп 0                    | 8,26                | 77,66         | 2,96          | 1,00           | 0,92            | 9,20  | 0,1691                |
| поп I                    | 24,92               | 61,96         | 3,96          | —              | 1,48            | 7,68  | 0,2427                |
| поп 2                    | 0,034               | 85,046        | 4,00          | 2,40           | 0,12            | 8,40  | 0,1291                |
| поп 3                    | —                   | 76,92         | 11,32         | 3,68           | —               | 8,08  | 0,1184                |
| поп 4                    | —                   | 74,52         | 13,0          | 0,68           | 1,08            | 10,72 | 0,1160                |
| поп 5                    | —                   | 74,36         | 15,16         | —              | 1,60            | 8,88  | 0,1156                |
| поп 6                    | 0,032               | 67,17         | 21,88         | 1,12           | 2,12            | 7,68  | 0,1079                |
| поп 7                    | —                   | 64,12         | 24,28         | 3,12           | —               | 8,48  | 0,1033                |
| поп 8                    | —                   | 64,12         | 24,28         | 3,12           | —               | 8,48  | 0,1033                |

По данным таблицы 3 построены интегральные кривые фракционного состава наносов по каждому поперечнику (рис. 3) и изменения среднего диаметра наносов по длине отстойника (рис. 4).

Как видно из графика интегральных кривых (рис. 3) основная масса наносов до 50 % представлена частицами размером  $0,06 + 0,14 \text{ мм}$  и около 5 % — частицами размером  $0,2 - 0,7 \text{ мм}$ . Крупные фракции наносов, превышающие  $1,0 \text{ мм}$ , в первой камере отстойника не обнаружены.

Оценивая работу гидроузла, необходимо отметить:

— малая наносоудерживающая способность бассейна-отстойника привела к сработке регулирующей емкости за один паводок 10%-обеспеченности.

— по первому варианту проекта гидроузла не был предусмотрен гидравлический способ промывки наносов из верхнего бьефа

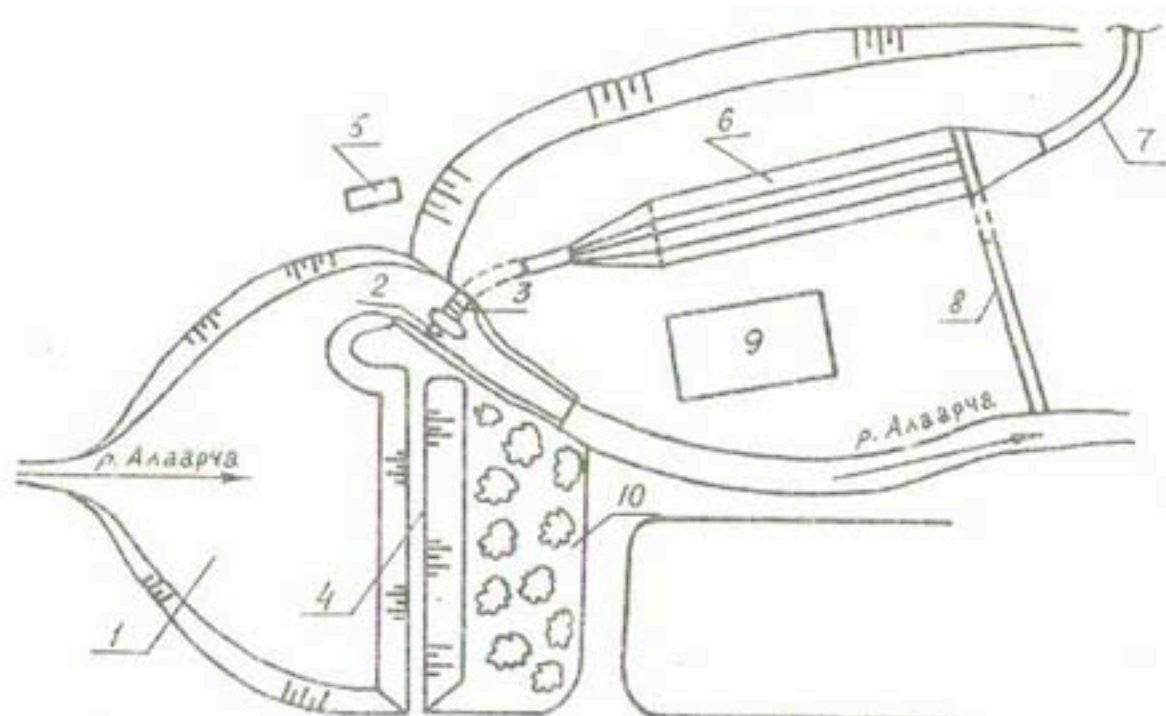


Рис. 1. Схематический план Алаарчинского гидроузла

- 1 - бассейн-отстойник; 2 - щитовой сброс;  
 3 - водоприемник; 4 - земляная дамба;  
 5 - диспетчерская; 6 - четырехкамерный  
 отстойник; 7 - ж/бетонный канал "Туш";  
 8 - промывной канал; 9 - бетонный завод;  
 10 - сад.

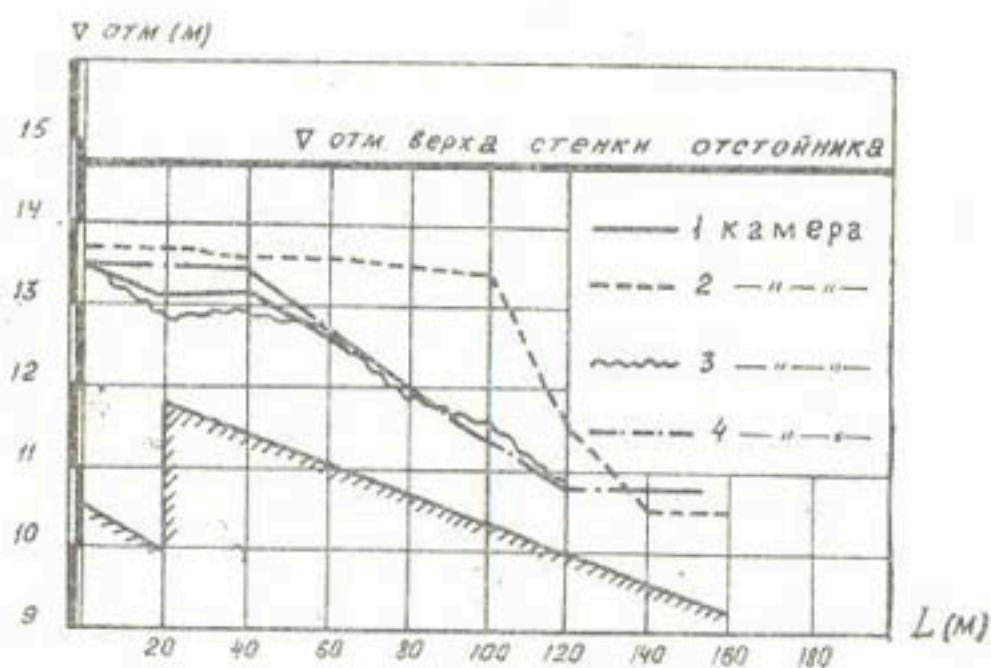


Рис. 2. Продольные профили отложения наносов в камерах отстойника.



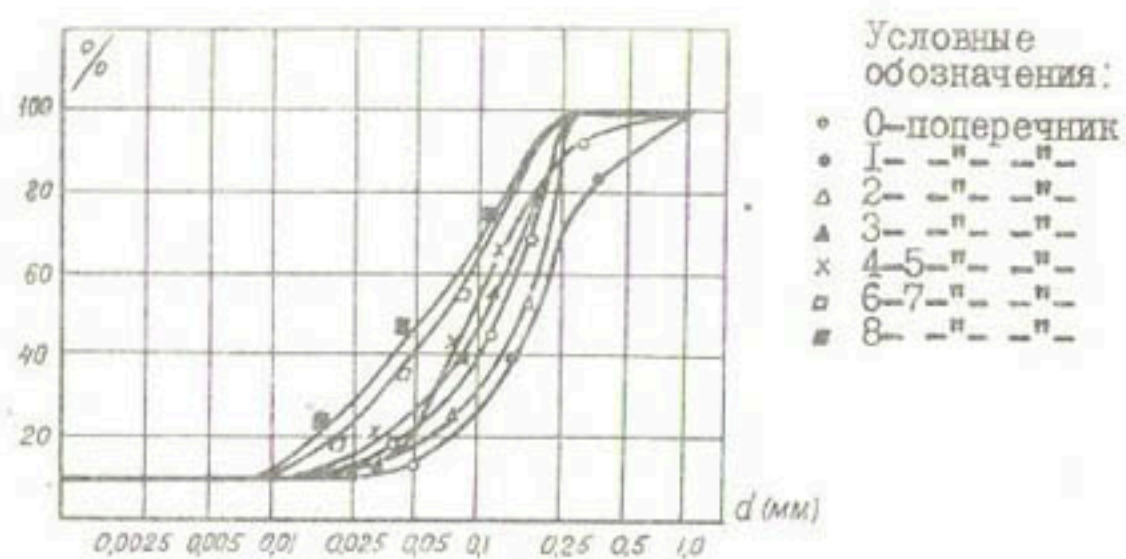


Рис.3. Интегральные кривые фракционного состава наносов в первой камере отстойника.

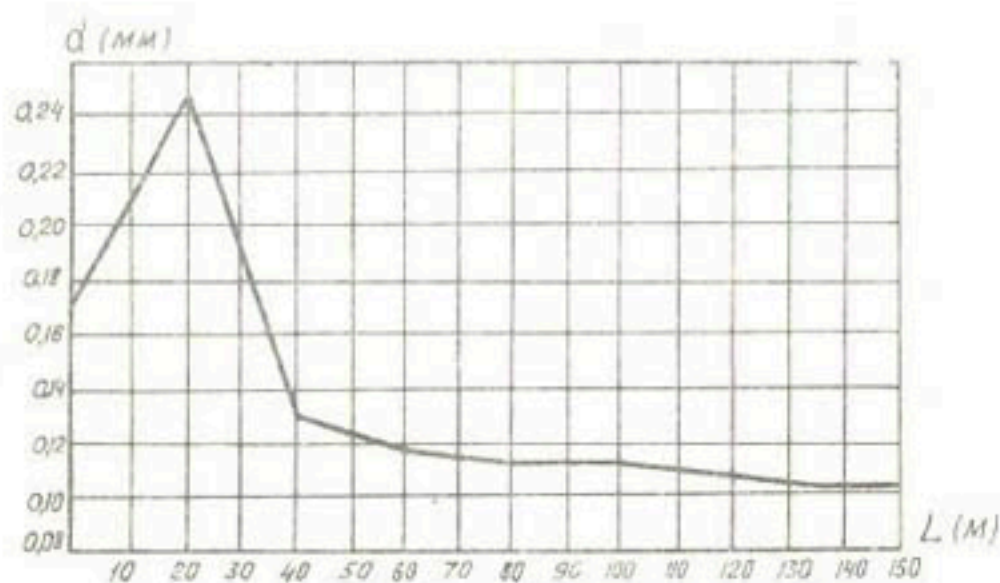


Рис.4. Изменение среднего диаметра наносов по длине отстойника.

сооружения, что исключает возможность ежегодного восстановления его полезной емкости.

- после полного занесения полезной емкости бассейна-отстойника, в целях частичного восстановления его наносоудерживающей способности, ежегодно по окончании вегетационного периода производится механическая очистка наносов в объеме 10-15 тыс. т, что повышает эксплуатационные затраты водозаборного узла.

- наличие бассейна-отстойника в верхнем бьефе водозаборного узла улучшает работу водозаборного сооружения, создает дополнительный подпор, что способствует отложению влекомых наносов в зоне выклинивания кривой подпора.

- хорошее функционирование четырехкамерного отстойника способствует осаждению вредных фракций твердых частиц.

Неучет селеносности реки при назначении емкости бассейна занижает полезную емкость регулирующего бассейна, в результате этого удачный по замыслу и компоновке водозаборный узел оказался неэффективным. С целью обеспечения достаточной надежности работы водозаборных узлов такого типа необходимо разработать наиболее эффективный способ по восстановлению полезной емкости бассейнов-отстойников. Таким способом, на наш взгляд, является гидравлический способ промывки наносов.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики, том I4, Средняя Азия, вып. 2, Гидрометеиздат, Л., 1977.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР, том I4, Средняя Азия, вып. 2, Гидрометеиздат, Л., 1973.
3. Технический проект. "Водозаборный узел на р.Алаарча и каналы Туш и Джантай Аламединского района". Часть гидротехническая. Пояснительная записка, книга I, том I, Киргизгипроводхоз; техн.архив, 1964.
4. Технический проект "Отстойник с гидравлической промывкой в голове канала Туш, том I, книга I, Киргизгипроводхоз, техн.архив, 1969.



М. Н. Сенников  
ст. преподаватель

И. А. Каюков  
ст. преподаватель  
(ЛГМСИ)

### О СХЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПАПИЛЬОНИРОВАНИЯ ЗЕМСНАРЯДА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КАНАЛА КРИВОЛИНЕЙНОЙ ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ

Для обеспечения работы грунтонасоса в оптимальном режиме в течение длительного периода необходимо непрерывно по мере увеличения расстояния между поверхностью забоя и приемным отверстием всасывающей трубы перемещать грунтозаборное устройство посредством папильонирования земснаряда.

Характер грунта в поперечном сечении канала изменяет условия всасывания и для обеспечения работы грунтонасоса в оптимальном режиме необходимо изменять скорости рабочих перемещений в ту или другую сторону.

Придание каналу криволинейной формы поперечного сечения /3/ требует перемещения грунтозаборного устройства по соответствующей траектории, что обеспечивается дифференцированной манипуляцией папильонажных лебедок и лебедки грунтозаборной рамы.

Непрерывные изменения условий разработки грунта, а также процессов при всасывании и транспортировании обуславливают дифференцированную работу всех лебедок, а также невозможность визуальных наблюдений за процессом грунтозабора, требуют постоянного сосредоточенного наблюдения багермейстера за показаниями контрольно-измерительных приборов (манометра, вакуумметра, глубиномера, прибора положения земснаряда в прорези) и четких его действий по перемещению грунтозаборного устройства в целях поддержания заданного режима работы грунтонасоса. Такое напряженное состояние в течение всей смены не может выдержать ни один оператор. Кроме того, придание каналу криволинейной формы поперечного сечения в виде параболы 3-ей, 4-й степени /3/ осуществлять сложно при ручном управлении папильонажными лебедками и лебедкой по подъему и опусканию грунтозабор-



ной рамы. Автоматизация процесса рабочих перемещений землесосного снаряда при строительстве канала криволинейной формы поперечного сечения не только сокращает численность обслуживающего персонала и облегчает условия их труда, но и повышает технико-экономические показатели работы землесосного снаряда.

Предлагаемая схема автоматизированного папильонирования (рис. 1) работает в следующем порядке. Нажатием на кнопку ПУСК ВН контактами ВН /I3-II/ включается грунтозаборное устройство на погружение. При достижении в составе гидросмеси грунта заданной максимальной величины включается реле Р1 и отключается реле Р2, грунтозаборное устройство начинает подниматься вверх. Процентное содержание грунта в гидросмеси уменьшается, достигнув заданной минимальной величины. Реле Р2 включается, а реле Р1 отключается, переводя грунтозаборное устройство из подрыва в состояние погружения. Такая система управления грунтозаборным устройством позволяет поддерживать процентное содержание грунта в гидросмеси в заданных пределах.

В режиме разработки строящегося канала папильонирование начинается от левого откоса к правому любой рабочей сваей.

Задающим органом на папильонирование является командоаппарат типа КЭП-12У. Четные контакты командоаппарата включают правое папильонирование, нечетные контакты — левое папильонирование.

После включения грунтонасоса и грунтозаборного устройства включается первым нечетным контактом правое папильонирование. Грунтозаборное устройство работает в режиме оптимизации заданной величины процентного содержания грунта в гидросмеси. При достижении заданной ширины разработки канала поверху первый нечетный контакт КЭП-12У размыкается, останавливая папильонажные лебедки, затем замыкается первый четный контакт КЭП-12У, который включает IIII и IIII лебедок, и земснаряд перемещается влево, до левого откоса разработки. Таким образом, земснаряд срезает стружку разработки в вертикальном направлении до заданной глубины разработки за 12 проходок (рис. 2), которые позволяют выполнить КЭП-12У.



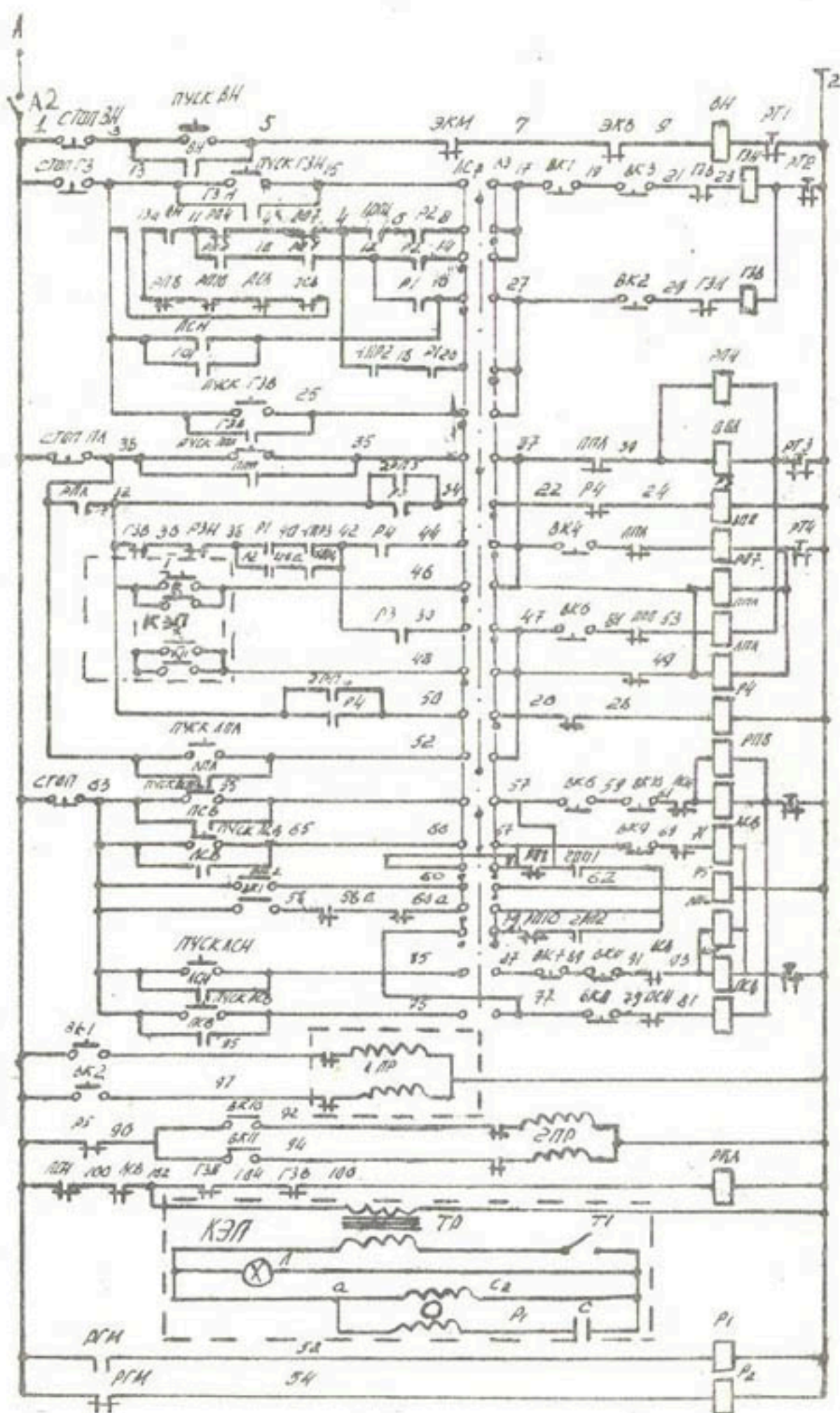


Рис. 1. Принципиальная схема управления земснарядом.

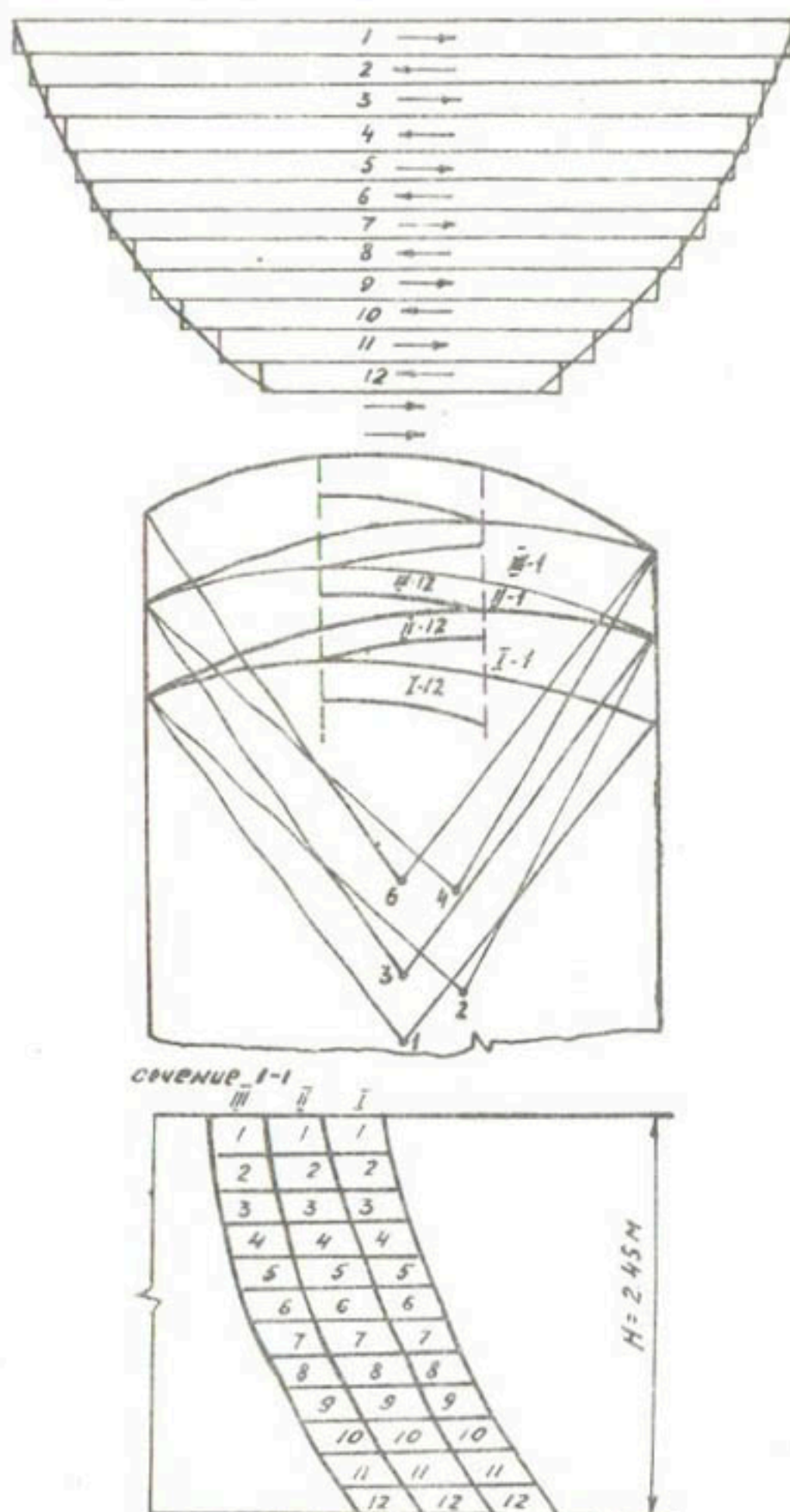


Рис. 2. Схема разработки канала.



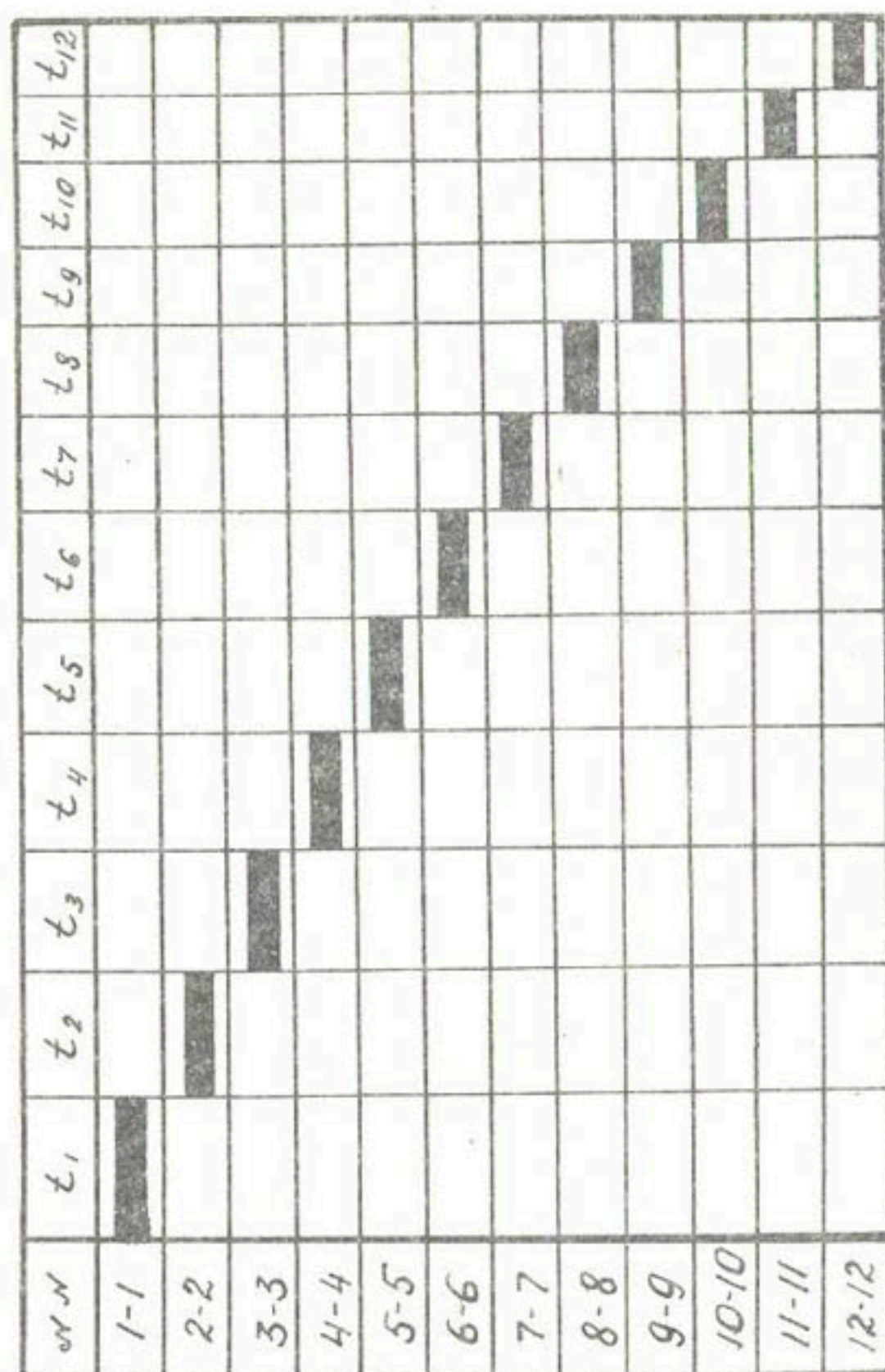


Рис. 3. Диаграмма настройки КЭП-12У.

Ширина разработки канала поверху устанавливается временем одной проходки:

$$B = V \cdot t ,$$

где  $B$  — ширина разработки;

$V$  — скорость перемещения грунтозабора;

$t$  — продолжительность первой проходки.

Для получения очертания разрабатываемого канала, близкого к параболическому, длительность последующих проходов с увеличением порядкового номера уменьшается. Последняя проходка определяет ширину канала по дну.

При достижении земснарядом заданной глубины контакт /58-58а/ ВКІ замыкается и при остановленных лебедках папильонирования происходит смена рабочей сваи.

Включение пускателя правой папильонажной сваи вниз происходит по цепи 63-66-62-57-59-6І. При опускании сваи в грунт, ВК-ІО /59-6І/, разрывается цепь питания катушки ПСН и РП8 и РП8 /73-57/ включает ЛСВ по цепи /63-66-62-57-59-6І/. Левая свая поднимается вверх до крайнего верхнего положения. ВК-9 /67-69/ разрывает цепь катушки пускателя ЛСВ. Отключаясь, ЛСВ подготавливает цепь для включения грунтозаборного устройства вниз.

При этом разрывается цепь /І3-І3а/ элементами управления папильонажных свай /РП8, РПІО, ЛСВ, АСН/. Грунтозаборное устройство включается по цепи І3-І6-27-29 и поднимается до верхнего положения. По окончании процесса смены рабочей сваи грунтозаборное устройство включается по цепи /І3-ІІ-ІО-І4/ или по цепи /І3-ІІ-ІО-І6/ после включения папильонажных лебедок. Цикл разработки новой стружки в вертикальном направлении повторяется.

Внедрение автоматизированного папильонажа обеспечит /І,2,4,5/ повышение производительности земснарядов на І8-35%, при одновременном облегчении труда обслуживающего персонала, повышении срока службы рабочих органов (в результате работы грунтонасоса в оптимальном режиме). Кроме того, обеспечивается высокое качество и точность работ, от которых зависит заиляемость канала и срок службы оросительных систем.



## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ж а р н и ц к и й Е.П. Автоматическое управление землесосным снарядом. Оргтрансстрой, М., 1965.
2. К а з а н с к и й Л.В. Автоматизация землесосных снарядов. Стройиздат, М., 1968.
3. К а ю м о в И.А. О форме поперечного сечения каналов, очищаемых земснарядами. Труды ТИИМСХ, вып. 89, Ташкент, 1977.
4. М и т ю ш и н Д.Н. Исследования технологических параметров автоматического регулирования работы землесосных снарядов. Труды ВНИИГСа, вып. 24, Стройиздат, 1967.
5. С е н н и к о в М.Н. Результаты анализа технологии и способов разработки профильных выемок. Труды ТИИМСХ, вып. 96, Ташкент, 1978.

Я.В. Бочкарев  
доктор техн. наук, профессор

Н.П. Лавров  
а с п и р а н т

А.И. Рохман  
а с с и с т е н т  
(Кир.СХИ)

#### АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВОДОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ УЗЕЛ НА КАНАЛЕ-БЫСТРОТОКЕ СО СВЕРХБУРНЫМ РЕЖИМОМ ТЕЧЕНИЯ

Состояние объекта до переустройства

Водораспределительный узел, эксплуатируемый до 1978 г. на канале Беловодский Московского района Киргизской ССР, рассчитан на пропуск максимального расхода  $Q = 3 \text{ м}^3/\text{с}$ . Он включает (рис. 1): отвод 1, армированный плоскими щитами, сбросной пролет 2, также перекрываемый плоским щитом, катастрофический водослив 3, полку 4 и порог 5 для транспортировки наносов на сброс.

Подводящий канал трапецеидального сечения 6 в грунтовом русле проходил с уклоном  $i = 0,0234$ .

Натурное обследование канала и сооружения показало, что в результате многолетней эксплуатации канала в условиях высо-

ких скоростей потока, русло его подвергалось значительным размывам, имело большие потери на фильтрацию, в то время как приемная часть водораспределительного узла заваливалась наносами (высота призмы наносов в конце вегетационного периода 1977 г. составляла 0,55 м). В связи с этим сооружение не пропускало расчетных расходов, а наносы из верхнего бьефа сооружения смывались в отвод.

#### Цель переустройства

Целью переустройства канала было увеличение его пропускной способности (до  $4 \text{ м}^3/\text{с}$ ) и ликвидация потерь на фильтрацию, что было достигнуто облицовкой канала Г-образными железобетонными блоками.

Дальнейшая задача — определить существующими методами режим работы канала-быстротока и разработать средства гашения энергии и средства автоматизации, обеспечивающие отбор постоянного расхода в отвод независимо от колебаний горизонтов воды в верхнем бьефе, а также добиться транспорта наносов, по-прежнему влекомых каналом из-за включения в него логов, из застойной зоны вододелителя.

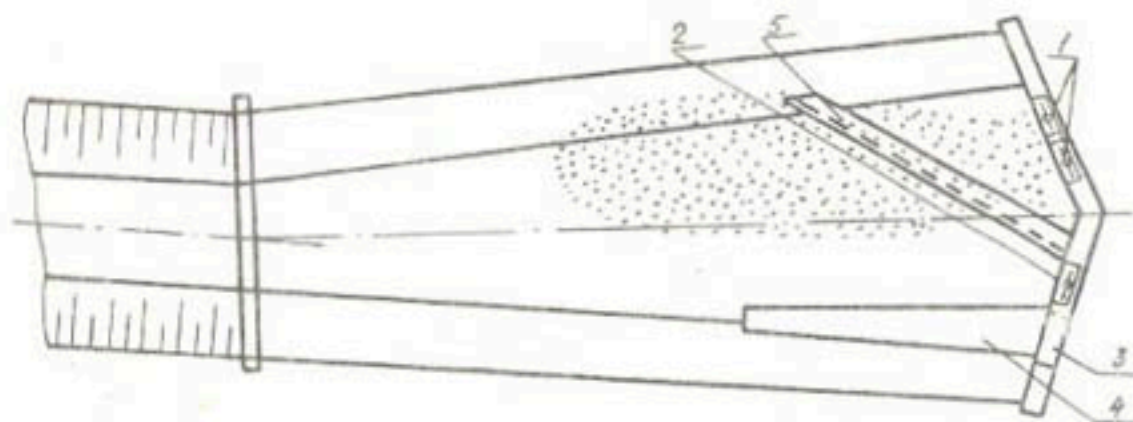


Рис. I. Водораспределительный узел до переустройства.



## Состав исследований и разработок

Перед началом модельных исследований был выполнен гидравлический расчет подводящего канала-быстротока на аэрацию и волнообразование по методике /I/.

Проведенная по рекомендуемой методике графическим путем проверка показала, что при всех расходах в пределах водопропускного тракта поток не аэрируется.

Асимптотическая устойчивость бурного неаэрированного потока определялась по критерию Т.Г.Войнич-Сяноженцкого для расходов канала от  $Q_{max}/4$  до  $Q_{max}$ . Этот критерий имеет вид:

$$\frac{1}{F_2} = \frac{g\omega_0}{V_0^2 B} > \alpha_0 \Pi^2 \left( 6.5 \alpha_0 - 4.5 + \frac{3.2 g_*}{C^2} \right) \Pi + 4 \alpha_0 - 3 + \frac{2.5 g_*}{C} \quad (I)$$

Расчет по критерию прогнозировал потерю устойчивости потока и, следовательно, появление катящихся волн, начиная с расхода  $Q_{max}/2$  и менее.

Вычислив по известной зависимости А.О.Гамбаряна [2]  $\bar{S} = \frac{S_i}{h_{кр}} = 4.2 F_{20}^{2/3}$  (2) положение створа начала зарождения катящихся волн и сложив эту величину с расстоянием до их предельного развития, рассчитанного, в свою очередь, по соотношению /I/:

$$l_{np} = 2.3 \frac{h_0 \Pi^2 F_{20}}{\alpha_* i} \lg \frac{a_{np}}{a_j}, \quad (3)$$

получаем, что длины конечного участка канала со сверхкритическим уклоном (а она составляет 650 м) достаточно для полного развития волн неустойчивости при всех расходах, меньших  $Q_{max}/2$ .

Средняя скорость распространения гребня волны при максимальном волновом режиме по расчету составила 6,1 м/с, а предельная глубина потока при полностью развитом режиме оказалась соразмерной с глубиной равномерного режима при расходе  $Q_{max}$ .

В этих условиях водобойный колодец первоначально запроектированный с целью гашения энергии, не мог обеспечить перевод потока из сверхбурного режима в спокойный, что неизбежно повлекло бы за собой неустойчивый волновой режим в камере водodelителя с резкими динамическими нагрузками на перегородающее сооружение, сопровождающееся выплесками воды, инфильт-



рацией за облицовку и, в конечном счете, вызвало бы разрушение сооружения.

Эти причины обусловили необходимость замены водобойного колодца гасителем энергии сверхбурного потока, только при установке которого возможна эксплуатация средств автоматизации водораспределения на отводах.

В качестве устройства для ликвидации катящихся волн после апробации нескольких известных конструкций был принят ГЭПВ-гаситель энергии потока воды (а.с. № 586229) с переменной высотой зигзагообразных ребер.

В гидравлической лаборатории Киргизского СХИ вначале были проведены исследования раздельной компоновки ГЭПВ - водораспределительный узел.

Экспериментом с различными фракциями наносов выявлен существенный недостаток этой компоновки. Скорость потока гасителем была погашена настолько, что не обеспечивался транспорт наносов в камере узла, где снова образовался отстойник.

В связи с этим был принят вариант совмещения гасителя энергии с водораспределительным узлом, чтобы использовать гидравлическую энергию потока, выходящего из боковых каналов ГЭПВ для промыва наносов.

При этом гаситель энергии разместился в пределах существующего сооружения, начиная от переднего зуба, что позволило также сократить объемы бетонных работ при переустройстве.

На волновом лотке и в гидравлической лаборатории Киргизского СХИ была проведена серия опытов с целью определения количества перегородок гасителя и их высоты при использовании его в комбинированном-сверхбурном и бурном режимах. Эксперимент проводился при масштабе моделирования 1:10, как при донном режиме сопряжения за ГЭПВ (щиты на отводах полностью открыты) так и при подтоплении гасителя с нижнего бьефа. При этом многократными измерениями с помощью индикатора уровня (электротестера) определялись параметры катящихся волн или наполнение в верхнем бьефе и колебания горизонтов воды в каналах ГЭПВ, а также в трех створах за гасителем при трех расходах сверхбурного потока и двух бурных.

Достаточно хорошую работу показал гаситель энергии, состоящий из 6 ребер с изломом, имеющих в натуре возрастаю-



шую высоту от 60 см до 110 см при глубине колодца 80 см. Окончательный вариант компоновки представлен на рис. 2.

Стабилизация уровня как в условиях бурного, так и сверхбурного режимов происходила в пределах гасителя.

Волнообразные колебания уровня за гасителем при максимальном волновом расходе не превышали 7 % от напора в камере вододелителя. При пропуске максимального (неволнового) расхода, соответствующего в натуре  $4 \text{ м}^3/\text{с}$ , наблюдалось полное затопление ребер гасителя и сопряжение происходило в форме поверхностного гидравлического прыжка-волны, надвинутого к последнему ребру гасителя. При меньших расходах гидравлического прыжка за гасителем не наблюдалось, что указывает на то, что поток переведен в спокойное состояние.

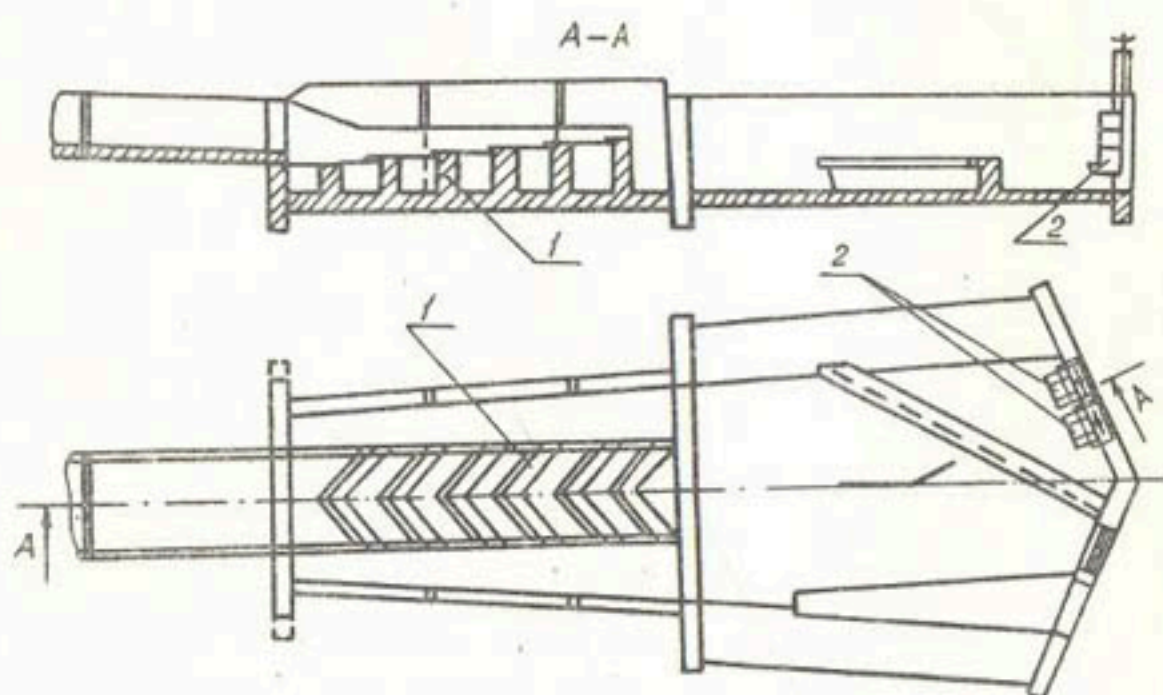


Рис. 2. Новая компоновка сооружения.



Согласно кадастровых материалов Московского УОС, на канале Беловодский имеют место значительные колебания суточных расходов, которые, в свою очередь, вызывают изменение уровня перед регуляторами отвода водораспределительного узла, достигающего  $30 \pm 70\%$  действующего напора. В этих условиях невозможно обеспечить плановый забор и оперативный учет подачи воды существующими типами плоских щитов и стабилизаторов расхода.

Для обеспечения водоподачи с точностью, удовлетворяющей требованиям эксплуатации, предложена новая конструкция стабилизатора расхода воды /3/, имеющего достаточный диапазон стабилизации.

Широкий диапазон регулирования по уровню у всережимного стабилизатора достигается сочетанием истечения из-под двух козырьков (криволинейного и плоского горизонтального), а точность стабилизации поддерживается благодаря секционной ступенчатой конструкции коробчатого щита.

Лабораторные и натурные гидравлические исследования стабилизаторов, проведенные совместно с работой гасителя энергии сверхбурного потока, показали, что во всем диапазоне колебаний уровня расход в отводящий канал забирался с точностью не ниже 4%.

## ВЫВОДЫ

Разработанный и исследованный тип автоматизированного водораспределительного узла был внедрен на канале-быстротоке Беловодский в начале 1978 г.

Опыт его эксплуатации показывает, что вопрос гашения энергии сверхбурного потока и последующего автоматизированного водораспределения можно считать удовлетворительно решенным путем применения гасителя энергии потока воды и всережимных стабилизаторов расхода.

Технико-экономический эффект от внедрения этих устройств, согласно акта внедрения, составил 14653 руб. в год.

В ближайшее время для полной автоматизации этого регулирующего сооружения намечается оснастить его сбросной пролет автоматом предельного уровня прислонного типа.

Описанная схема водораспределительного узла может быть рекомендована, как типовая, для применения на каналах-быстротоках со сверхбурным режимом движения воды.



## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Рекомендации по гидравлическому расчету водопропускных трактов безнапорных водосбросов на аэрацию и волнообразование. П 66-77 Л., 1978 .  
ВНИИГ
2. Г а м б а р я н А.О. Экспериментальные и полевые исследования катящихся волн в сверхбурном потоке. ВНИИГ, труды координационного совещания по гидротехнике, вып. 52.
3. Положительное решение на изобретение от 30 ноября 1978г. по заявке № 2571983/29-15 "Стабилизатор расхода воды" на имя Я.В. Бочкарева, Р.Н. Мухутдиновой, А.И. Рохман.

А.Я. Рабинович  
канд. техн. наук, заведующий отделом  
Н.Ю. Креккер  
з а в е д у щ и й л а б о р а т о р и е й  
А.А. Таттибаев  
с т а р ш и й и н ж е н е р  
(КазНИИВХ)

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОВЫПУСКА ПОСТОЯННОГО РАСХОДА ДЛЯ ПОЛИВНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Полив по бороздам, являющийся основным не только в аридной зоне, но и в стране, применяется на 70 % всей орошаемой площади. Прогрессивная технология его проведения заключается в распределении воды непосредственно в поливные борозды с использованием жестких и гибких поливных трубопроводов. С целью экономии поливной воды и снижения затрат рабочей силы необходима более полная автоматизация всех процессов полива, что было отмечено на IX Международном Конгрессе по ирригации и дренажу (МКИД) в докладах специалистов из СССР и НРБ /1/.

При автоматизации бороздкового полива на массивах со сложным рельефом с применением поливных трубопроводов конечным звеном в системе автоматики являются автоматические устройства, равномерно распределяющие воду по длине трубопровода -- водовыпуски постоянного расхода. Основной их элемент --



клапан, предназначенный для непрерывного дросселирования входного отверстия и выполненный в виде диафрагмы, сопла, пробки и т.д. /2-6/.

При разработке таких устройств обязательно выполнение следующих основных положений: площадь входного отверстия водовыпуска должна быть меньше площади остальных участков его водоподающего тракта и изменяться обратно пропорционально корню квадратному из действующего напора, что достигается установлением взаимосвязи между ходом (деформацией упругой части) клапана и изменяющимся напором в трубопроводе, выражающейся в изменении регулируемого сечения; за регулируемым входным отверстием следует резкое увеличение живого сечения водоподающего тракта (для гашения энергии поливной струи).

В водовыпуске к гибким трубопроводам, исследованном экспериментально /7/, регулирование входного отверстия достигается путем отгибания внутрь трубопровода одной из его кромок, выполняющей назначение клапана (рис. I). Так как последний представляет собой упругий элемент, перемещение (деформация) которого прямо пропорционально действующему на него усилию, площадь отверстия водовыпуска будет изменяться линейно от изменяющегося напора в трубопроводе. Это усложняет осуществление вышеприведенного положения. Для упрощения его выполнения несколько изменена конструкция водовыпуска (рис. 2). Регулируемое сечение при этом образуется между концевой частью клапана и противоположной стенкой отверстия корпуса (регулирующей поверхностью). После этого сущность установления вышеупомянутой взаимосвязи сводится к определению экспериментальным путем формы кривизны регулирующей поверхности. Методика ее установления заключается в обосновании и выборе конструкции клапана, предварительном расчете кривизны регулирующей поверхности, корректировке полученной кривизны поверхности.

Для обоснования конструкции клапана в опытном образце водовыпуска предусматривалось изменение текущих значений входного сечения в зависимости от напора воды в трубопроводе так, чтобы обеспечить постоянный расход. Для этого по найденным опытным путем начальному и конечному положениям торца



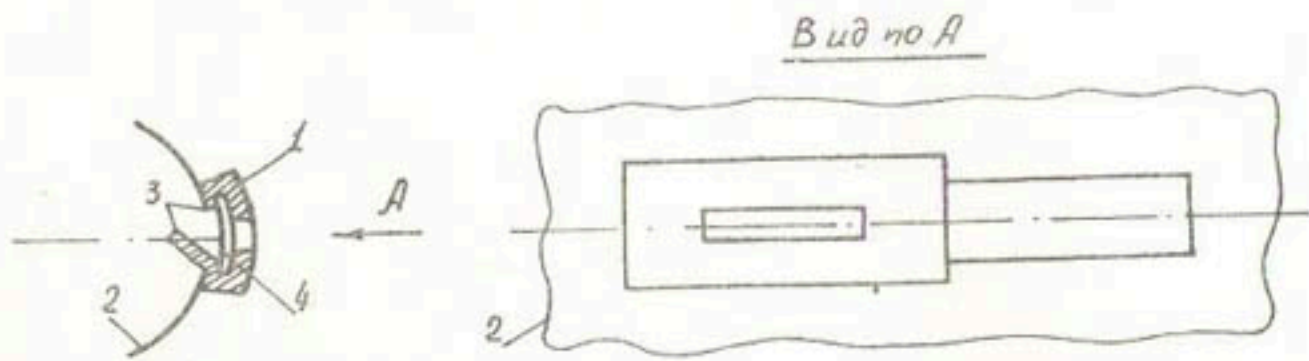


Рис. 1. Водовыпуск

1-корпус; 2-трубопровод; 3-кромки водовыпускного отверстия; 4-запирающая крышка.

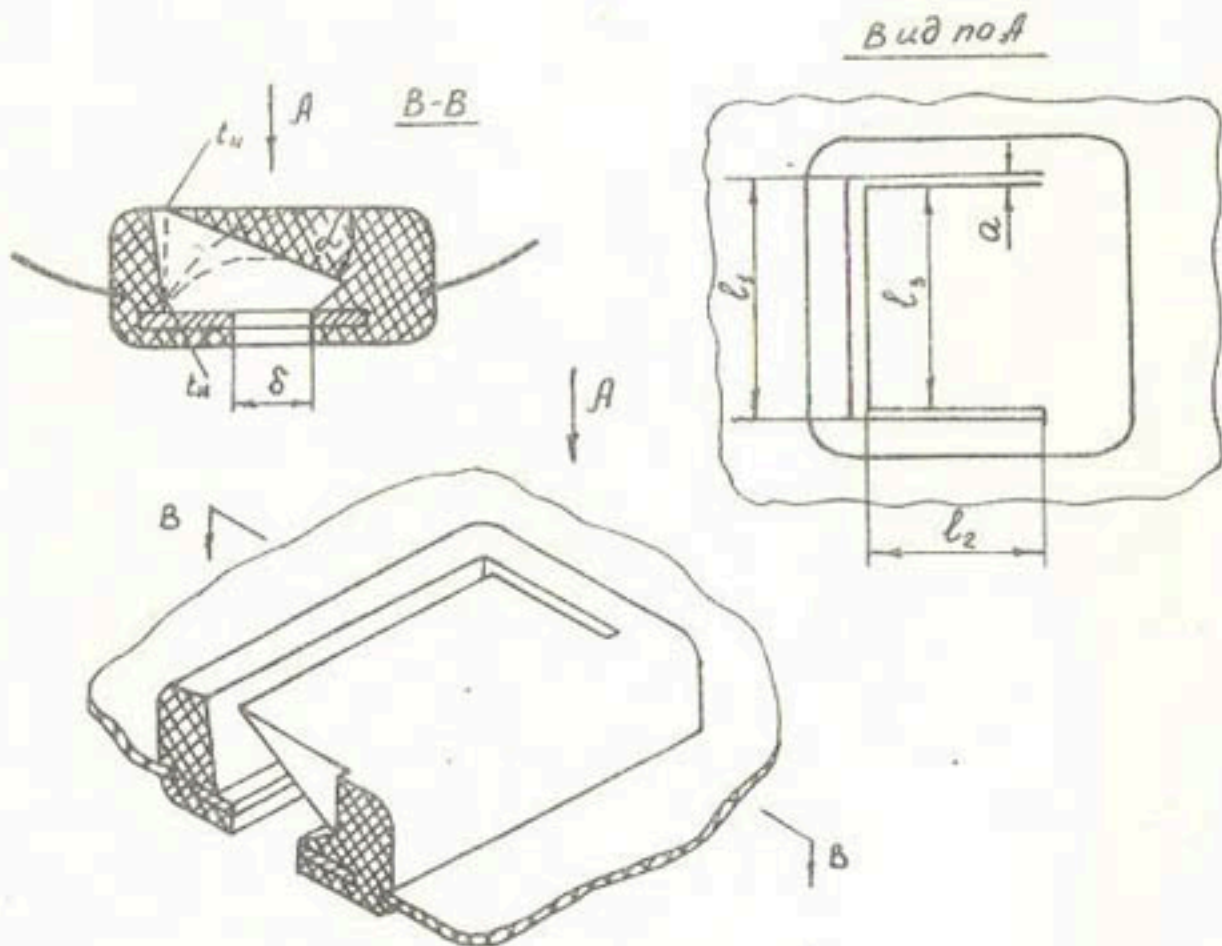


Рис. 2. Усовершенствованная конструкция водовыпуска.

клапана и соответствующим им перепадам давлений определяют соответственно начальную и конечную площади входного сечения, в зависимости от которых получают приближенный наклон стенки отверстия.

Для установления параметров клапана и выбора его конструкции изготавливались водовыпуски с различными профилями клапана. Установлено, что наиболее приемлемой конфигурацией клапана является клиновидный профиль, угол которого определяет допустимый диапазон перепада давлений работы водовыпуска и подбирается исходя из оптимального соотношения сечения входного и выходного отверстий, обеспечивающего полный ход клапана при заданном верхнем диапазоне перепада давлений. Начало срабатывания клапана должно совпадать с нижним перепадом давлений.

Для испытания клапана корпус водовыпуска разрезался по боковой стенке и вмонтировался в специальное смотровое устройство. Во время опыта фиксировались положение торца клапана и соответствующее ему давление над клапанами.

Параметры водовыпуска и принятые размеры, необходимые для расчета, следующие: ширина клапана  $\ell_2 = 25$  мм, длина входного и выходного сечения  $\ell_1 = 2\ell_2 = 50$  мм, ширина входного сечения в начальном положении  $t_n = 4,0$  мм и конечном  $t_k = 0,5$  мм, ширина выходного сечения  $\delta = 15$  мм, ширина боковых щелей водоподающего тракта  $a = 1,0$  мм, образующий угол клапана  $\alpha = 25^\circ$ .

Кривизна регулирующей поверхности определяется для конкретно заданного расхода. Начальное входное сечение водовыпуска:

$$W_{вх.н} = \ell_1 (t_n + a), \quad (1)$$

конечное:

$$W_{вх.к} = \ell_1 (t_k + a), \quad (2)$$

Расход водовыпуска определяется перепадом давлений в тракте водоподачи устройства:

$$\Delta P_i = P_{гpi} - P_{пкл}, \quad (3)$$



где  $P_{rp.i}$  — давление в трубопроводе;  
 $P_{n.кл.}$  — давление в подклапанной полости.

Считая, что через водовыпуск идет постоянный расход, уравнение его имеет вид соответственно для входного и выходного сечения:

$$q_o = \mu_1 l_1 (t_i + a) \sqrt{\frac{2g(P_{rp.i} - P_{n.кл.})}{\gamma}}; \quad (4)$$

$$q_o = \mu_2 l_2 \delta \sqrt{\frac{2gP_{n.кл.}}{\gamma}}, \quad (5)$$

где  $\mu_1, \mu_2$  — коэффициенты расхо<sup>он</sup>ды для входного и выходного сечения;

$t_i$  — текущая ширина входного сечения, соответствующая  $P_{rp.i}$ ;

$\gamma$  — удельный вес воды;

$g$  — ускорение силы тяжести.

Для предварительного расчета приняты коэффициенты расхода:

$$\mu_1 = \mu_2 = 0.65, \quad \text{тогда}$$

$$P_{n.кл.} = \frac{P_{rp.i}}{1 + \left(\frac{\delta}{t_i + a}\right)^2}. \quad (6)$$

По известному значению  $W_{бх.н}$  (или  $W_{бх.к}$ ) и давлению в трубопроводе определяем  $P_{n.кл.}$  по зависимости (6), а затем по известным  $P_{rp.i}$  и уравнению (3) — соответствующие им перепады давлений  $\Delta P_i$  в тракте водоподачи. Постоянный расход  $q_o$  является суммой меняющихся расходов через входное регулируемое сечение ( $W_{бх.н} = l_1 t_i$ ) и боковые щели ( $W_{бщ} = 2 l_2 a = l_1 a$ ), т.е.

$$q_o = \mu l_1 (t_i + a) \sqrt{2g \frac{\Delta P_i}{\gamma}}, \quad (7)$$

откуда текущие значения  $t_i$  в промежутках  $t_n$  и  $t_k$  определяются по зависимости:

$$t_i = \frac{q_o}{\mu l_1 \sqrt{2g \frac{\Delta P_i}{\gamma}}} - a. \quad (8)$$

Проводя радиусами  $t_i$  дуги с центрами в соответствующих им фиксированных точках перемещения торца клапана (рис.3) и соединив полученные дуги плавной огибающей, получим предварительный профиль регулирующей поверхности. Начало огибающей

лежит между перемещениями торца клапана (от начального положения), равными 1,5–2,3 мм. Следовательно, регулирование постоянного расхода будет производиться после достижения торца клапана этих величин. Это связано с недостаточной чувствительностью клапана на нижний предел диапазона перепада давлений.

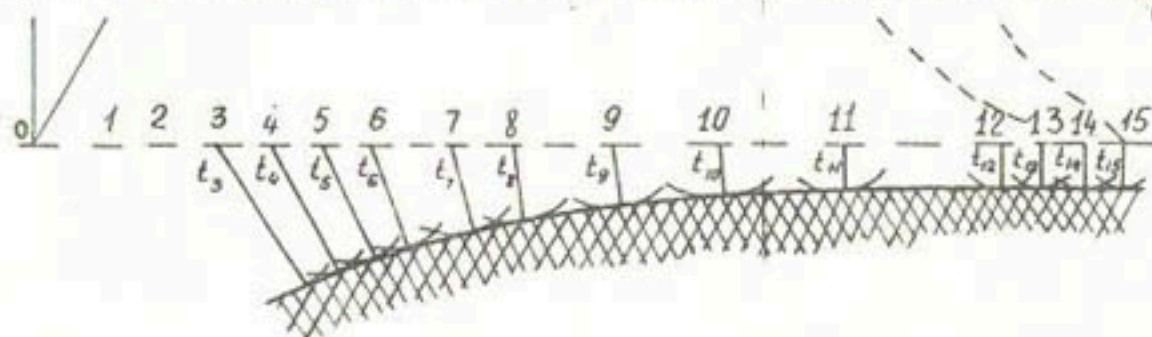


Рис. 3. Профиль регулирующей поверхности водовыпуска.

По данной методике путем эксперимента и расчета разработаны опытные образцы исследованного водовыпуска, экспериментальные и расчетные параметры одного из которых приведены в табл. I.

Таблица I

Экспериментальные и расчетные данные по установлению конструктивных параметров водовыпуска  
(при  $q_{расч} = 0,422$  л/с;  $P_{н. клас} = 0,4$  кПа)

| № точек<br>положения<br>клапана | Перепад давлений<br>в водоподающем<br>тракте $\Delta P$ , кПа | Перемещение торца<br>клапана, мм | Регулируемая<br>ширина входно-<br>го сечения,<br>$t_i$ мм |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| I                               | 4,0                                                           | 1,0                              | 4,00                                                      |
| 2                               | 6,1                                                           | 1,5                              | 2,81                                                      |
| 3                               | 9,6                                                           | 2,3                              | 2,06                                                      |
| 4                               | 12,4                                                          | 3,0                              | 1,64                                                      |
| 5                               | 15,1                                                          | 3,6                              | 1,40                                                      |
| 6                               | 18,1                                                          | 4,2                              | 1,20                                                      |
| 7                               | 21,1                                                          | 5,2                              | 1,03                                                      |
| 8                               | 22,6                                                          | 6,0                              | 0,95                                                      |
| 9                               | 24,6                                                          | 7,2                              | 0,89                                                      |
| 10                              | 28,6                                                          | 8,5                              | 0,74                                                      |
| 11                              | 32,6                                                          | 10,0                             | 0,62                                                      |
| 12                              | 35,6                                                          | 12,0                             | 0,56                                                      |
| 13                              | 36,6                                                          | 12,5                             | 0,54                                                      |
| 14                              | 37,6                                                          | 13,0                             | 0,51                                                      |
| 15                              | 38,6                                                          | 13,5                             | 0,50                                                      |



Расчетный расход указанного водовыпуска при максимальном перепаде давлений в водоподающем тракте, соответствующей ему ширине регулируемого входного сечения 0,5 мм и принятом коэффициенте расхода 0,65 составляет 0,422 л/с. В результате испытаний, в стендовых условиях, установлены расходные характеристики водовыпусков и определены их фактические коэффициенты расхода (табл.2), имеющие переменное значение и отличающиеся от заданных при предварительном расчете. Следствием этого явилось изменение фактического среднего расхода (0,51 л/с) для указанного опытного образца в сравнении с расчетным, а также отклонение расхода от среднего при изменении рабочего давления в трубопроводе.

Таблица 2

Расходная характеристика и расчетные параметры  
опытного образца водовыпуска ( $q_{ср} = 0,51$  л/с)

| Рабочее<br>давление,<br>кПа | Регулируемая<br>ширина вход-<br>ного сечения,<br>мм | Расход,<br>л/с | Коэффициент<br>расхода |         | Уточненная<br>регулируемая<br>ширина вход-<br>ного сечения,<br>мм (на рас-<br>ход 0,5 л/с) |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------|----------------|------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             |                                                     |                | $\mu_1$                | $\mu_2$ |                                                                                            |
| 4                           | 4,50                                                | 0,34           | 0,466                  | 0,512   | 6,68                                                                                       |
| 6                           | 2,95                                                | 0,42           | 0,642                  | 0,632   | 3,71                                                                                       |
| 8                           | 2,45                                                | 0,47           | 0,713                  | 0,705   | 2,62                                                                                       |
| 10                          | 2,05                                                | 0,50           | 0,754                  | 0,752   | 2,06                                                                                       |
| 12                          | 1,80                                                | 0,53           | 0,795                  | 0,799   | 1,64                                                                                       |
| 14                          | 1,55                                                | 0,55           | 0,835                  | 0,829   | 1,32                                                                                       |
| 16                          | 1,37                                                | 0,57           | 0,870                  | 0,858   | 1,08                                                                                       |
| 18                          | 1,25                                                | 0,57           | 0,865                  | 0,858   | 0,97                                                                                       |
| 20                          | 1,13                                                | 0,56           | 0,857                  | 0,844   | 0,89                                                                                       |
| 22                          | 1,02                                                | 0,55           | 0,848                  | 0,829   | 0,81                                                                                       |
| 24                          | 0,92                                                | 0,54           | 0,833                  | 0,813   | 0,76                                                                                       |
| 26                          | 0,83                                                | 0,53           | 0,818                  | 0,796   | 0,72                                                                                       |
| 28                          | 0,76                                                | 0,52           | 0,799                  | 0,780   | 0,69                                                                                       |
| 30                          | 0,70                                                | 0,51           | 0,782                  | 0,765   | 0,67                                                                                       |
| 32                          | 0,65                                                | 0,50           | 0,766                  | 0,750   | 0,65                                                                                       |
| 34                          | 0,60                                                | 0,49           | 0,752                  | 0,736   | 0,63                                                                                       |
| 36                          | 0,55                                                | 0,48           | 0,739                  | 0,722   | 0,61                                                                                       |
| 38                          | 0,51                                                | 0,48           | 0,727                  | 0,714   | 0,59                                                                                       |
| 40                          | 0,47                                                | 0,47           | 0,724                  | 0,707   | 0,57                                                                                       |

Из расходной характеристики изготовленного по полученным данным образца водовыпуска видно, что отклонение экспериментальных данных от средних значений при диапазоне изменения давления в трубопроводе 10 + 38 кПа составляет  $\pm 8,5\%$ . Это подтверждает приемлемость предложенной методики для предвари-



тельного расчета водовыпуска данного типа.

Для повышения точности стабилизации расхода необходимо изменить принятый расчетный профиль регулирующей поверхности в соответствии с полученными значениями коэффициентов расхода. Требуемая уточненная ширина входного сечения рассматриваемого образца водовыпуска по его высоте на стабилизированный расход 0,5 л/с приведена в табл.2.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Прогрессивные способы орошения, включая машинное. Труды IX Международного конгресса по ирригации и дренажу (вопрос 32). ЦЕНТИ Минводхоза СССР, М., 1975.
2. В е л и ч к о И.И. Передвижной поливной трубопровод. А.с. № 165946, "Изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", № 20, 1964.
3. В е с м а н о в В.М. и др. Водовыпуск. А.с. № 198818, "Изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", № 14, 1967.
4. Г о н ч а р о в И.Ф. Линзовый автоматический водовыпуск-регулятор. А.с. № 204811, "Изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", № 22, 1967.
5. М е щ а н о в А.Е. Водовыпуск. А.с. № 261015, "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", № 4, 1970.
6. К а н д р а ч у к В.Ф. и др. Водовыпуск к гибким трубопроводам. А.с. № 378592, "Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", № 19, 1973.
7. Т а т т и б а е в А.А. и др. Водовыпуск к гибким трубопроводам. Научно-технический отчет по экспериментальной проверке изобретения (а.с. № 378592). Фонд КазНИИВХ, Джабул, 1975.



С.А.Сарсекеев  
канд. техн. наук, доцент

Т.К.Карлиханов  
а с с и с т е н т  
(ЦГМСИ)

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИУСА ПОВОРОТА НА КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКАХ УСТОЙЧИВЫХ РУСЛ

В естественных условиях, в результате длительного взаимодействия потока и русла, между морфологическими и гидравлическими показателями проявляются особого рода закономерности. Поэтому изучение русловых форм позволяет судить о направлении руслового процесса и получить количественную характеристику о вероятных средних размерах речных русл.

Определение возможных русловых деформаций в естественном русле является одной из важных и сложных задач речной гидравлики и гидротехники.

Однако несмотря на актуальность проблемы и большое количество теоретических и экспериментальных работ в этой области, задача расчета максимальных русловых деформаций в естественных руслах все еще не имеет общепринятых, апробированных для массового применения в проектной практике решений.

Характерная особенность всех естественных русловых потоков – извилистость очертания русла в плане с чередованием изогнутых и коротких прямолинейных участков.

Как показывают результаты неоднократных натурных измерений, на криволинейных участках устанавливаются определенные связи между гидравлическими элементами потока и радиусами динамической оси поворота /3,6,9/.

Определение радиуса кривизны из условия динамической устойчивости русла имеет важное значение для решения многих практических задач: при выборе створа водозабора, при расчете отводящих и подводящих русл проектируемых гидроузлов, при проектировании защитных и регулировочных сооружений, криволинейных песколовков-отстойников и др.

Вопросу определения радиуса кривизны на криволинейных участках посвящены работы Н.И.Маккавеева, В.М.Маккавеева, Н.А.Ржаницина, Н.В.Разина, С.Т.Алтунина, Х.А.Исмагилова, А.Н.Крошкина и др. /2,4,5,7,8,10/.



Анализируя материалы полевых исследований на равнинных реках Европейской части СССР Н.И.Маккавеев вывел эмпирическую формулу, связывающую радиус кривизны динамической оси потока с расходом воды и уклоном:

$$R = K \frac{Q^{0,5}}{i^n}, \quad (1)$$

где  $K = 0,0014$ ;  $n = 1,0$ .

В этом выражении  $R$  является размерной величиной.

В.М.Маккавеев получил аналогичную формулу:

$$R = A \frac{Q^{4/7}}{i^{6/7}}, \quad (2)$$

где конкретное значение  $A$  не приводится.

Н.В.Разин предложил зависимость:

$$R = \frac{100 \sqrt{Q}}{\varphi^2}, \quad (3)$$

где  $\varphi$  – угол поворота, в радианах.

Рипплей предложил формулу следующего вида:

$$R = 40 \sqrt{\omega}, \quad (4)$$

где  $\omega$  – площадь живого сечения,  $m^2$ .

Н.А.Ржаницын предлагает соотношение:

$$R = K \frac{Q}{V_* \sqrt{\omega \varphi}}, \quad (5)$$

где  $V_* = \sqrt{g H_i}$  – динамическая скорость;

$\omega$  – площадь поперечного сечения;

$\varphi$  – угол поворота русла в радианах;

$Q$  – расход воды;

$K$  – морфометрический параметр изгиба, определяемый по зависимости:

$$K = \frac{e R g}{B H C^2}, \quad (6)$$

где  $R$  – радиус кривизны русла;

$H, B$  – средняя глубина и ширина русла;

$C$  – длина излучины.

При ограниченном изгибе величина  $K$  составляет в среднем 18–22, для свободного изгиба – 4–6, для вынужденного – 1,2–2,5. Отвечая принципу размерности формула Н.А.Ржаницына, наиболее



полно учитывает гидравлические характеристики и угол поворота русла.

С.Т.Алтуний в результате многолетних исследований рр.Средней Азии в целях регулирования русл при водозаборе приближенно рекомендует радиус поворота в пределах:

$$R = (3,5 \div 8) B, \quad (7)$$

где  $B$  – ширина реки по зеркалу воды на прямолинейном участке.

А.Н.Крошкин, используя уравнение турбулентного потока в цилиндрических координатах (в интерпретации И.Л.Розовского) получил связь радиуса изгиба геометрической оси потока с расходом, уклоном и крупностью русловых отложений для горных рр. Киргизии:

$$R = \frac{3}{i^{0,15}} \left( \frac{Q}{\sqrt{g}} \right)^{0,4}. \quad (8)$$

Указанное выражение (8) рекомендуется для  $i > 0,001, Q < 10,0 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Х.А.Исмагилов на основе постулата В.М.Лохтина и, применяя теорию размерности, получил зависимость:

$$R = C \cdot d \left( \frac{Q}{d^{2,5} \sqrt{g i}} \right)^x, \quad (9)$$

где коэффициенты  $C$  и  $x$  получены на основе обработки натуральных материалов.

Анализируя вышеприведенные зависимости следует отметить, что формулы М.И.Маккавеева и В.М.Маккавеева не отвечают принципу размерностей и не учитывают физико-механический состав грунта, слагающего ложе русла. Значения расчетных коэффициентов  $R$  и  $A$  в зависимости от конкретных условий должны меняться в довольно широких пределах, однако, конкретных указаний об их однозначности в работах нет.

Формулы Н.В.Разина и Л.Рипплей также дают однозначный ответ только для конкретно рассмотренных авторами условий, принятые коэффициенты установлены только для равнинных рр. Европейской части СССР.

Основным недостатком этих формул является не учет характеристик ложа русла.

Формула С.Т.Алтунина вследствие изменения расчетного коэффициента в довольно широких пределах применима только для ориентировочных расчетов.



Расчетные зависимости А.И.Крошкина и Х.А. Исмагилова, отвечающая принципу размерностей, более точно отражают основные факторы, влияющие на радиус кривизны потока, и рекомендованы для рассмотренных авторами зон, что ограничивает область их применения. Как видно из анализа, в целом отсутствует аналитический подход к установлению радиуса поворота русла в зависимости от всех определяющих факторов, описывающих данное явление. Следовательно, указанные выше формулы не учитывают весь сложный механизм взаимодействия потока и грунта, слагающего ложе русла.

Взаимодействие потока и русла на повороте – весьма сложный процесс, обусловленный многими факторами как зависящими, так и независящими друг от друга. Очевидно, физическое обобщение данного процесса и нахождение общего закона взаимодействия потока и русла зависят от правильного определения основных факторов, влияющих на величину радиуса поворота динамической оси потока. На наш взгляд, при рассмотрении данного вопроса необходимо учесть центробежную силу, действующую на частицу жидкости, как основной определяющий фактор, описывающий данный процесс.

На изогнутом участке реки формирование русла зависит от структуры потока и движения донных наносов. На изгибе к силам, действующим на частицу наносов ложа, присоединяется центробежная сила, действующая по направлению радиуса кривизны (рис. I):

$$G_u = \frac{m v^2}{z}, \quad (10)$$

где  $v$  – предельная скорость потока;  
 $z$  – радиус кривизны траектории.

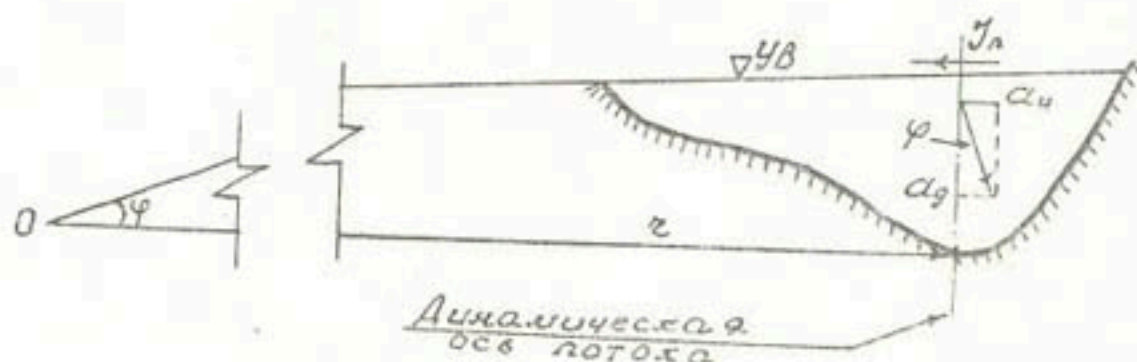


Рис. I. Расчетная схема.



Под влиянием центробежной силы возникает перекос свободной поверхности воды в поперечном профиле. Угол наклона  $\varphi$  поверхности определяется из соотношения:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{a_u}{a_g} = \frac{m v'^2}{z} : mg = \frac{v'^2}{z \cdot g}. \quad (\text{II})$$

Вводим коэффициент  $\alpha$ , учитывающий неравномерность распределения скоростей по вертикали, тогда будем иметь:

$$\operatorname{tg} \varphi = \alpha \frac{v^2}{zg} = J_n, \quad (\text{I2})$$

где  $J_n$  — поперечный уклон свободной поверхности.

Делаем допущение, что русло будет находиться в динамическом равновесии при условии, если продольный и поперечный уклоны равны между собой или имеют постоянное соотношение, т.е.:

$$J_n = J_{\text{прод}} = i \quad \text{при} \quad \alpha \approx 1,$$

где  $i$  — уклон дна русла, определяемый из уравнения Шези:

$$i = \frac{v^2}{C^2 R}. \quad (\text{I3})$$

Из уравнения (I2) находим:

$$z = \frac{v^2}{g J_n} = \frac{v^2}{g i}. \quad (\text{I4})$$

Подставляя из уравнения (I3) значение уклона дна  $i$  в уравнение (I4), получим:

$$z = \frac{v^2 C^2 R}{g v^2} = \frac{C^2 R}{g}. \quad (\text{I5})$$

В общем случае из общего курса гидравлики известна зависимость  $\lambda = \frac{8g}{C^2}$  (I6), которую можно представить в виде

$$\frac{C^2}{g} = \frac{8}{\lambda}.$$

Следовательно,  $z = \frac{C^2 R}{g} = \frac{8R}{\lambda}$ , (I7)  
 где  $R$  — гидравлический радиус на подходном участке;  
 $\lambda$  — коэффициент гидравлического трения.

Эта зависимость относится к предельно активным условиям речного русла, т.е. при предельных уровнях, не выходящих на пойму, так как именно при расходах, соответствующих этим уровням, в реках наблюдаются наибольшие средние скорости.



Полученное значение  $\lambda$  позволяет проектировать поворот русла более устойчивым к размыву и деформации, т.е. русло будет находиться в динамическом равновесии.

Для сравнения вычисленных значений радиуса поворота с натурными данными были обработаны материалы натурных наблюдений по Аму-Дарье. Эти материалы взяты из гидрологического ежегодника.

Русло Аму-Дарьи непрерывно деформируется из-за больших скоростей течения (до 2,5–3,5 м/с), изменчивости гидрографа в течение года, особенно в период паводка (рис. 2,3). Русло сложено из легкоразмываемых мелких песчаных наносов, диаметр которых не превышает 0,25 мм, а  $d_{cp} = 0,20\text{--}0,12$  мм [1].

В таблице I приводится сравнение вычисленных значений расчетного значения радиуса поворота по формулам различных авторов с натурными данными.

В вычисленных расчетах коэффициент гидравлического трения, определенный по формуле О.А.Каюмова, установлен для бассейна р. Аму-Дарьи в следующем виде:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2,6 \left( \frac{h}{d} \right)^{0,15}, \quad (18)$$

где  $h$  – средняя глубина потока;

$d$  – средний диаметр донных отложений.

Среднюю глубину воды определяли за счет сопоставления осредненного гидрографа с графиком изменения уровня воды в реке. Графическое решение приводится на рис. 2,3. Так как русло имеет большую ширину, то в расчетах гидравлический радиус заменен глубиной потока.

Как известно, коэффициент сопротивления определяется в зависимости от степени шероховатости ложа. Для песчаных наносов коэффициент гидравлического трения определяется в зависимости от геометрических размеров гряд. Как показано Р.Р.Абдурауповым [1] на основе специальных исследований по р.Аму-Дарье, форма и размеры гряд зависят от относительной скорости  $\frac{U}{U_*}$  и на основе натурных измерений построен график связи  $\lambda = f\left(\frac{U}{U_*}\right)$ , где  $U$  – средняя скорость потока;

$U_*$  – неразмывающая скорость.



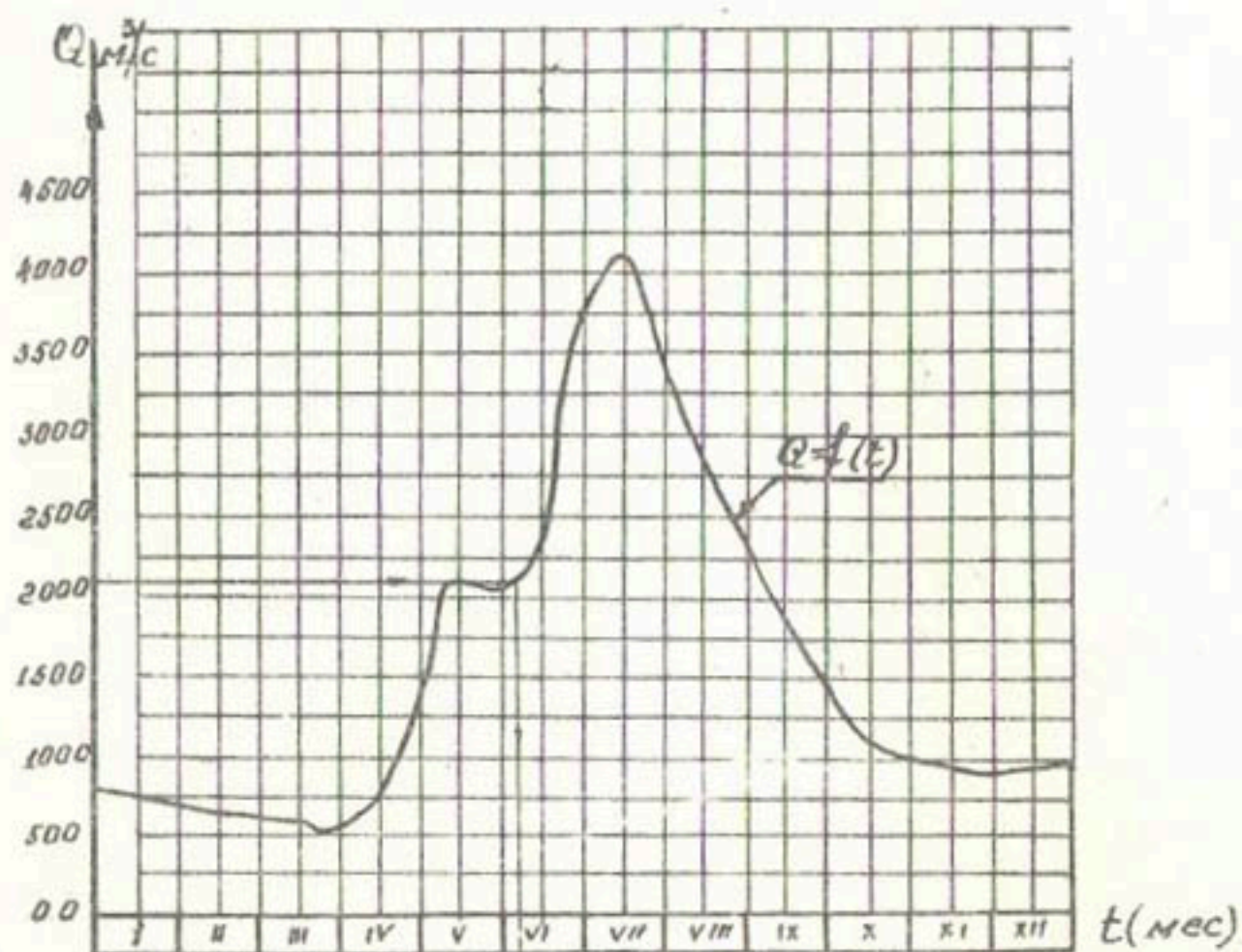


Рис.2. График колебания расхода воды р.Аму-Дарья.

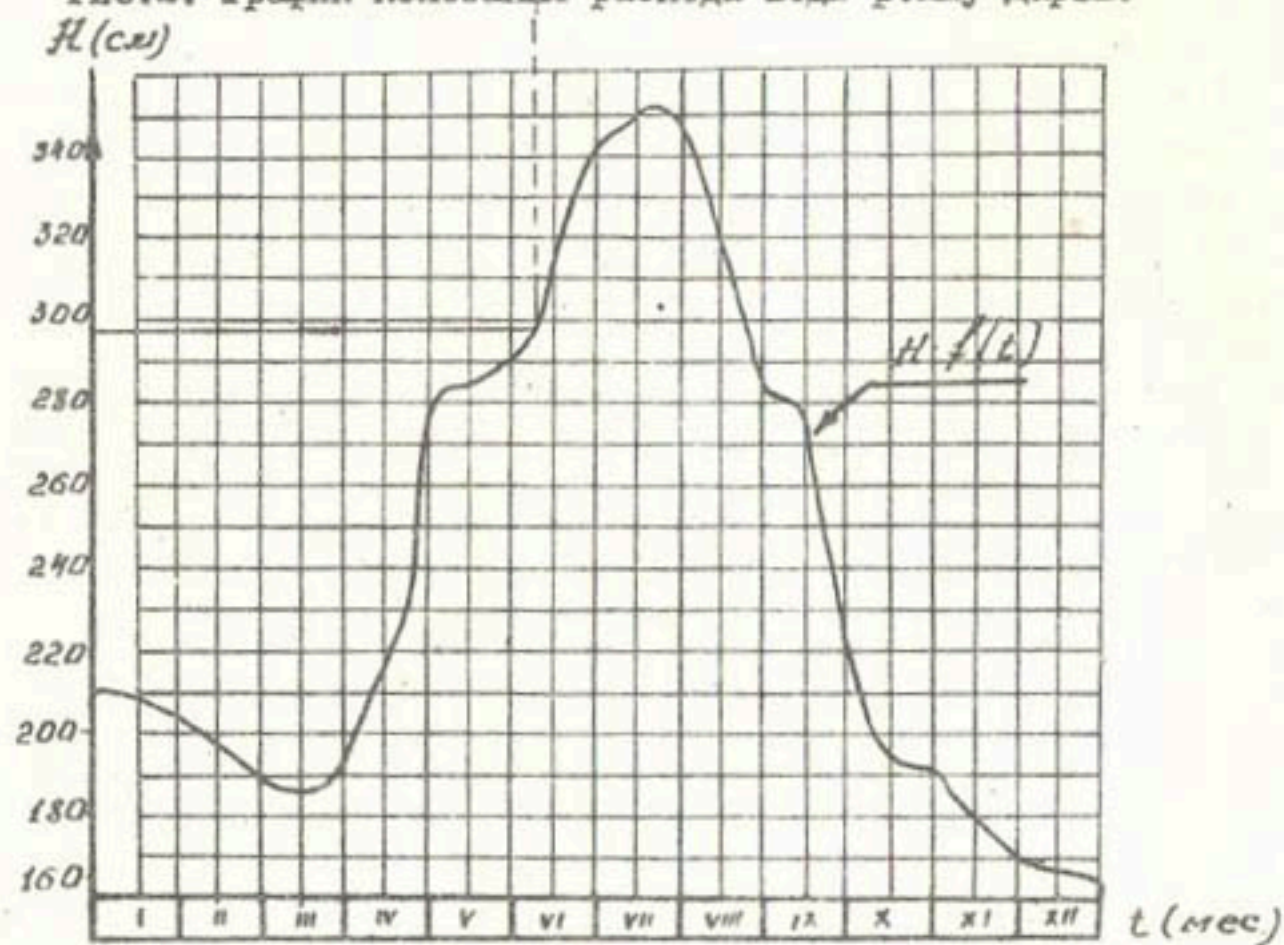


Рис.3. График колебания горизонта воды р.Аму-Дарья.

Таблица I

Сравнение фактических и расчетных значений радиусов поворота по формулам различных авторов

| Исходные данные   |                |              |             | Измерен-<br>ный в<br>натуре,<br>м | По формуле<br>С.Т. Алтунина |               | По формуле<br>Н.И. Макавеева |               | По формуле<br>Х.А. Исмагилова |               | По формуле<br>авторов |               |
|-------------------|----------------|--------------|-------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|-----------------------|---------------|
| $\frac{Q}{M^3/c}$ | $\epsilon, \%$ | $d_{cp}, мм$ | $H_{cp}, м$ |                                   | $Z, м$                      | $\varphi, \%$ | $Z, м$                       | $\varphi, \%$ | $Z, м$                        | $\varphi, \%$ | $Z, м$                | $\varphi, \%$ |
| 621               | 0,20           | 0,15         | 1,50        | 1200                              | 720                         | 40            | 500                          | 23            | 1300                          | 8             | 1360                  | 13            |
| 550               | 0,17           | 0,15         | 1,56        | 1600                              | 700                         | 60            | 550                          | 64            | 1260                          | 21            | 1360                  | 15            |
| 1000              | 0,18           | 0,13         | 2,28        | 2275                              | 930                         | 47            | 702                          | 69            | 1800                          | 21            | 1980                  | 13            |
| 1000              | 0,27           | 0,30         | 2,18        | 1900                              | 1110                        | 42            | 470                          | 75            | 1360                          | 23            | 1630                  | 14            |
| 1200              | 0,23           | 0,14         | 2,40        | 1930                              | 970                         | 50            | 601                          | 106           | 1870                          | 3             | 1660                  | 16            |
| 1200              | 0,19           | 0,14         | 2,50        | 1150                              | 1010                        | 13            | 730                          | 37            | 1700                          | 32            | 1320                  | 15            |
| 1170              | 0,17           | 0,14         | 2,32        | 2000                              | 1020                        | 48            | 800                          | 60            | 1810                          | 7             | 2020                  | 10            |
| 1890              | 0,20           | 0,15         | 2,50        | 1800                              | 1250                        | 30            | 870                          | 52            | 2150                          | 19            | 1800                  | 0             |
| 2306              | 0,20           | 0,15         | 2,80        | 1900                              | 1400                        | 26            | 960                          | 49            | 2500                          | 31            | 2240                  | 18            |
| 2323              | 0,27           | 0,27         | 2,82        | 2500                              | 1310                        | 45            | 715                          | 71            | 2100                          | 16            | 2280                  | 9             |
| 2960              | 0,23           | 0,14         | 2,85        | 1900                              | 1530                        | 20            | 945                          | 50            | 2300                          | 21            | 2200                  | 16            |
| 2800              | 0,22           | 0,12         | 2,84        | 2050                              | 1500                        | 25            | 960                          | 110           | 2330                          | 13            | 2260                  | 10            |



Вычисленное значение  $\lambda$  по формуле (18) и значение, снятое с графика Р.Р.Абдураупова тождественны, что указывает на возможность использования указанной зависимости для мелкопесчаных русл.

Как видно из табл. I сравнение вычисленных значений радиуса поворота с натурными измерениями показало их удовлетворительную сходимость. Следовательно зависимость (17) может найти широкое применение в инженерных расчетах, наряду с существующими формулами.

### ЛИТЕРАТУРА

1. А б д у р а у п о в Р.Р. К вопросу взаимосвязи русловых форм и явления дейгиша. Труды САНИИРИ, вып.120, Ташкент, 1970.
2. А л т у н и н С.Т. Регулирование русл рек при водозаборе. М., Сельхозгиз, 1950.
3. В е л и к а н о в М.А. Динамика русловых потоков. Л., Гидрометиздат, ч. II, 1956.
4. И с м а г и л о в Х.А. Изучение гидроморфологии р.Аму-Дарьи в среднем и нижнем течении. Автореферат канд. диссертации, Ташкент, 1970.
5. К р о ш к и н А.Н. Некоторые особенности участков русл горных рек Киргизии. Автореферат канд. диссертации, Ташкент, 1962.
6. Л о х т и н М.В. О механизме речного русла, 1897.
7. М а к к а в е е в В.М. Некоторые теоретические задачи динамики открытых потоков. Труды ГИ, вып. 8 (62), 1948.
8. М а к к а в е е в Н.И. Русловый режим рек и трассирование прорезей, М., изд.МодНИИРФ, 1949.
9. Р а у з Х. Механика жидкости для инженеров-гидротехников, М., Госэнергоиздат, 1958.
10. Р ж а н и ц ы н Н.А. Морфомологические и гидрологические закономерности строения речной сети. Л., Гидрометиздат, 1960.
11. Ц в е т к о в а Н.А. Режим наносов реки Аму-Дарьи. В сб. "Вопросы гидротехники", вып. 13, АН Уз.ССР, 1963.



И. К. Рыков  
старший научный сотрудник  
(КазНИИВХ)

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИТРАТНОГО И АММИАЧНОГО АЗОТА В ОДНОЙ ВЫТЯЖКЕ ИЗ ПОЧВЫ

Совместное определение нитратного и аммиачного азота в одной вытяжке из почвы сокращает время на проведение этих очень распространенных видов анализов.

На такую возможность определения нитратного азота с индиго, где нитратный азот извлекается из почвы 0,1 N раствором хлористого калия, нас натолкнул метод Замятиной /3/.

Согласно большинству методов определения аммиачного азота /1,2,4/ он извлекается из почвы 0,1 N, 1% или 2% растворами хлористого калия (воднорастворимый и обменный аммоний).

Так, например, Мачигин Б.П. /4/ для извлечения аммонийного азота из почвы рекомендует применять 1% раствор хлористого калия. Для этой цели на 10 г почвы берется 100 мл раствора. По Аринушкиной Е.В. /2/ он извлекается 2% хлористым калием, где на навеску почвы также берется 10-кратное количество 2% хлористого калия.

Проверка, проведенная нами, показала, что Мачигин Б.П. прав, т.к. и 5-кратное количество 2% хлористого калия вполне достаточно для полного извлечения аммония из светло-каштановых, сероземных, лугово-сероземных и тапировидных почв. Поскольку при определении нитратов лучше брать меньшее разведение (Замятина В.Б. берет отношение почвы к раствору как 1:2,5), то этот раствор наиболее подходящий для определения нитратов. Метод определения нитратов с индиго отличается высокой чувствительностью при определении визуально по Замятиной и его чувствительность повышается при определении на калориметре, поэтому вышеизложенное позволило брать соотношение почва - раствор не 1:2,5, как это делает Замятина В.Б., а 1:5 или даже 1:10. Для определения нитратов в почве нами использован не метод Замятиной В.Б., а его модификация по Карманцевой М.С. /5/, где нитратный азот в конечном итоге определяется на фотокалориметре.

В свою очередь, нами в значительной мере видоизменен этот метод. Такая модификация методики позволит одновременно



из одной вытяжки определить как нитратный, так и аммиачный азот.

#### Методика определения нитратного азота

Приготовление вытяжки. В зависимости от содержания нитратов берут 10–20 г свежей почвы (если будут определяться только нитраты, то и воздушно-сухой) и помещают в склянку емкостью 200–250 мл. Для этой цели лучше брать склянки сокслета (детские бутылочки).

Одновременно определяют влагу в почве с пересчетом навески на сухую почву по формуле:

$$K = \frac{100}{100 - y}$$

где  $y$  — влажность почвы, в %.

К навеске почвы в склянку 100 мл приливают 2% раствор хлористого калия, приготовленный на безаммиачной воде. Если раствор приготовлен на обычной дистиллированной воде, то для определения в ней нитратов и аммиака ставится контрольное определение с последующим вычитанием содержания нитратов и аммиачного азота из результатов определения этих форм азота в той или иной партии почвенных образцов.

К раствору в склянке добавляют 2 капли толуола для подавления микробиологической деятельности (как показали наши определения, толуол в таком количестве не влияет на результаты определения нитратов). Склянки закрывают пробками, встряхивают 5 минут и ставят на 18–20 часов. Длительное отстаивание можно заменить часовым взбалтыванием. Подготавливают воронки со складчатыми фильтрами (лучше беззольными плотными или двойными), тщательно их промывают горячей дистиллированной водой. После стекания воды фильтры промывают небольшим количеством 2% раствора хлористого калия, заменяют склянки и фильтруют через фильтры вытяжки. Одновременно фильтруют контрольную пробу на чистоту реактивов.

#### Сущность метода и определение нитратов в вытяжке

Определение нитратов в вытяжке основано на реакции окисления синего индиго до бесцветного изатина ионом азотной кислоты. Чем больше нитратов в почве, тем слабее окраска раствора после взаимодействия индиго с нитрат-ионом.



При высоком содержании нитратов индиго-кармин может полностью обесцветиться. В этом случае вытяжку разводят 2% раствором хлористого калия. В мерные колбы на 50 мл помещают по 5 мл взятого пипеткой фильтрата и приливают из микробюретки 1,5 мл рабочего раствора индиго-кармина. Содержимое перемешивают и осторожно по стенке колбы вливают из бюретки с краном 5 мл концентрированную серную кислоту, которую тщательно перемешивают и оставляют на 10–15 минут для охлаждения. После охлаждения колбу доливают до метки дистиллированной водой и закрывают пробкой, содержимое перемешивают и калориметрируют на фотоэлектрокалориметре (например, на ЛМФ-69) через 20 минут после приливания реактивов.

Приготовление рабочей шкалы образцовых растворов. Для приготовления основного раствора с содержанием азота 0,1 мг/мл берут 0,722 г х ч перекристаллизованного азотнокислого калия и растворяют его в 1 л 2% раствора хлористого калия. Получают основной раствор № 1 с содержанием 0,1 мг/мл азота. Разбавив его 10 раз получают основной раствор № 2 с содержанием 0,01 мг/мл N. Основной раствор № 2 наливают в 100 мл мерные колбы в количествах 2–5–10–20–30–40–50–60–70–80 мл и 2% раствором хлористого калия доводят до метки. Получаем соответственно 10 стандартных растворов с содержанием 0,0002; 0,0005; 0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006; 0,007; 0,008 мг/мл. Для приготовления шкалы образцовых растворов берут соответственно 11 мерных колб на 50 мл и пронумеровывают их от 0 до 10. В нулевую колбу наливают 5 мл 2% раствора хлористого калия, в колбу № 1–5 мл – стандартного раствора № 1, в колбу № 2 – 5 мл стандартного раствора № 2, в колбу № 3 – 5 мл стандартного раствора № 3 и т.д.

Соответственно в мерных колбах в 50 мл будет 0,000; 0,001; 0,0025; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; 0,025; 0,03; 0,035; 0,04 мг азота или на 1 кг почвы приходится 0 мг, 2 мг/кг, 5 мг/кг и т.д. Затем в каждую колбу из микробюретки приливают 1,5 мл рабочего раствора индиго-кармина (по методике Карманцевой М.С. 1 мл), т.к. многочисленные определения показывают, что в указанных почвах, даже при низком содержании нитратов 1 мл индиго-кармина быстро обесцвечивается.



Содержимое колбы перемешивают, осторожно по стенке приливают 5 мл концентрированной серной кислоты, вновь перемешивают и оставляют на 10–15 минут для охлаждения. После чего доводят колбу дистиллированной водой до метки, перемешивают и через 20 минут с момента добавления реактивов калориметрируют образцовые растворы, например, на фотоэлектрокалориметре ЛМФ-69 со светофильтром при длине волны 610 н.м. (светло-красный, № 4).

По показаниям прибора на миллиметровке строят калибровочный график, где на вертикальной оси откладывают показания шкалы гальванометра, на горизонтальной – содержание азота, в мг на 1 кг почвы.

Для того, чтобы убедиться в правильности определения нитратного азота, извлеченного из почвы не 0,1 *N* раствором хлористого калия (по методике Замятиной) /3/, а 2%, мы провели ряд опытов в четырехкратной повторности как видоизмененным методом Замятиной В.Б. (в нашей модификации), так и классическим методом Грандваль-Ляшу (табл.).

Как видно из таблицы, результаты определения нитратов двумя методами очень близки между собой для большинства взятых почв (в пределах ошибки). Расхождение не превышает 1,5 мг/кг и только в одном случае эта разница составляет 2,1 мг/кг. Такое расхождение обусловлено засоленностью почв, поэтому по методу Грандваль-Ляшу получены несколько заниженные результаты. Метод Замятиной приемлем тем, что в присутствии хлор-ионов чувствительность реакции повышается. Таким образом, этот метод в нашей модификации вполне применим для определения нитратов в почве и тем более для массовых анализов, где точность в 3–4 мг вполне достаточна.

Очевидно, что этот метод определения нитратного азота универсален, т.к. для всех типов почв дает с 2% раствором хлористого калия прозрачные почвенные вытяжки и в них по Аринушкиной Е.В. /2/ определяется аммиачный азот с реактивом Несслера, калориметрически.

Кроме того, как известно из работ Замятиной В.Б. /3/ и Карманцевой М.С. /5/, метод по определению нитратов применим для всех основных типов почв при использовании 0,1 *N* раствора хлористого калия. Метод применим для определения нитратов в воде.

Сравнительное определение нитратного азота двумя методами  
(мг/кг воздушно-сухой почвы)

| №  | Почвы                                 | Метод Замятиной |         |      |              |      | Метод Грандваль-Ляшу |         |      |              |      |
|----|---------------------------------------|-----------------|---------|------|--------------|------|----------------------|---------|------|--------------|------|
|    |                                       | M               | $\pm m$ | p, % | $\pm \delta$ | V, % | M                    | $\pm m$ | p, % | $\pm \delta$ | V, % |
| 1. | Такировидные                          | 5,2             | 0,142   | 2,7  | 0,28         | 5,44 | 5,1                  | 0,153   | 3,0  | 0,30         | 5,98 |
| 2. | Такировидные                          | 6,5             | 0,300   | 4,6  | 0,60         | 9,23 | 5,0                  | 0,057   | 1,1  | 0,11         | 1,14 |
| 3. | Такировидные окультуренные            | 17,8            | 0,294   | 1,6  | 0,59         | 3,30 | 18,2                 | 0,440   | 2,4  | 0,88         | 4,83 |
| 4. | Сероземы обыкновенные слабозасоленные | 7,2             | 0,014   | 0,2  | 0,03         | 0,39 | 5,1                  | 0,100   | 0,96 | 0,2          | 3,92 |
| 5. | Лугово-сероземные                     | 12,7            | 0,126   | 1,0  | 0,25         | 1,98 | 11,9                 | 0,332   | 2,8  | 0,66         | 5,57 |
| 6. | Сероземы луговые                      | 9,9             | 0,239   | 2,4  | 0,48         | 4,78 | 9,7                  | 0,192   | 2,0  | 0,38         | 3,95 |
| 7. | Сероземы обыкновенные                 | 5,4             | 0,153   | 2,8  | 0,31         | 5,65 | 5,2                  | 0,115   | 2,2  | 0,23         | 4,42 |

Примечание. Все анализы выполнены в четырехкратной повторности.



Использование же 2% раствора хлористого калия для определения нитратов открыло возможность одновременного определения в той же нитяжке из почвы аммиачного азота, например, калориметрическим методом с реактивом Несслера, который излагается в большом количестве руководств, например, у Аринушкиной Е. В. /2/, в "Агрохимических методах исследования почв" /1/ и т.д.

#### Реактивы для определения нитратного азота

1. Калий хлористый х.ч. 2% раствор.

2. Индиго-кармин. Растворяют 4 г индиго-кармина в 400 мл теплой дистиллированной воды (50–60°C), после охлаждения объем доводят до 500 мл (раствор "А"); 90 мл раствора "А" в мерной колбе разводят в 500 мл дистиллированной воды (рабочий раствор). Его готовят ежедневно перед определением.

3. Серная кислота (плотность 1,84). Кислота пригодна для анализа в том случае, если с добавлением одной капли рабочего раствора индиго к 50 мл разбавленной водой кислоты (1:1), получается устойчивая голубая окраска. Если для получения стабильной окраски требуется 3–4 капли, то ее использование допускается, только перед анализом на каждые 50 мл разбавленной кислоты необходимо добавлять 6–8 капель рабочего раствора индиго. Если же индиго требуется больше, то кислота не пригодна для анализа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимические методы исследования почв. Изд. "Наука", М., 1975.
2. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. Изд. Московского университета, 1970.
3. Замятина В. Б. Определение нитратов в почве с помощью индиго. Советская агрономия, № 7, 1950.
4. Мачигин Б. П. Методы определения азота в почве. В кн. Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах". Ташкент, 1963.
5. Карманцева М. С. Определение нитратов по методу Замятиной на фотоэлектрокалориметре. Химия в сельском хозяйстве, № 5, 1971.



А.Ф.Мац  
зав.лабораторией  
Г.С.Любина  
ст.инженер  
И.С.Мауленов  
мл.научный сотрудник  
(КазНИИВХ)

## РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОГРЕШНОСТИ ФИЛЬТРОМЕРА ФК-3

Определение водопроницаемости почвы в окружающей водной среде является основной частью изучения водного баланса почвогрунтов и очень важно для расчета и установления конструктивных параметров совершенных оросительных систем и гидротехнических сооружений.

Существующие приборы-фильтромеры не позволяют с необходимой точностью измерять искомые параметры. Кроме того, они чрезвычайно трудоемки и чувствительны к волнобоям.

В КазНИИВХ разработан новый фильтромер ФК-3, позволяющий производить измерение водопроницаемости почвогрунтов при переменном уровне воды в водоеме и полностью автоматизировать процесс измерений.

Фильтромер ФК-3 (рис.1) имеет ограждающий элемент I, сосуд 2, клапан 3 со штоком 4 и тарелкой 5, электропривод 7,8,9, зубчатую рейку 10, несущую электроконтактный датчик II, электродвигатель 12, редуктор 13 и эксцентричный диск 15 подъема, клапан 3, концевой выключатель 16 с кулачком 14, электронный блок управления 17, самописец 18 и источник питания 19.

Первоначально уровни воды в сосуде 2 и вне его одинаковы; верхняя игла электроконтактного датчика II находится на уровне воды; реверсивные приводы 7,8,9 выключены, а клапан 3 закрыт.

При впитывании воды в ограждающем элементе I уровень воды в мерном сосуде 2 понижается и при сработке определенной порции в момент разрыва контакта уровня с нижней иглой датчика автоматически открывается клапан 3, происходит выравнивание уровней, затем электропривод 8 устанавливает верхнюю иглу датчика на новый уровень, клапан закрывается и начинается сра-



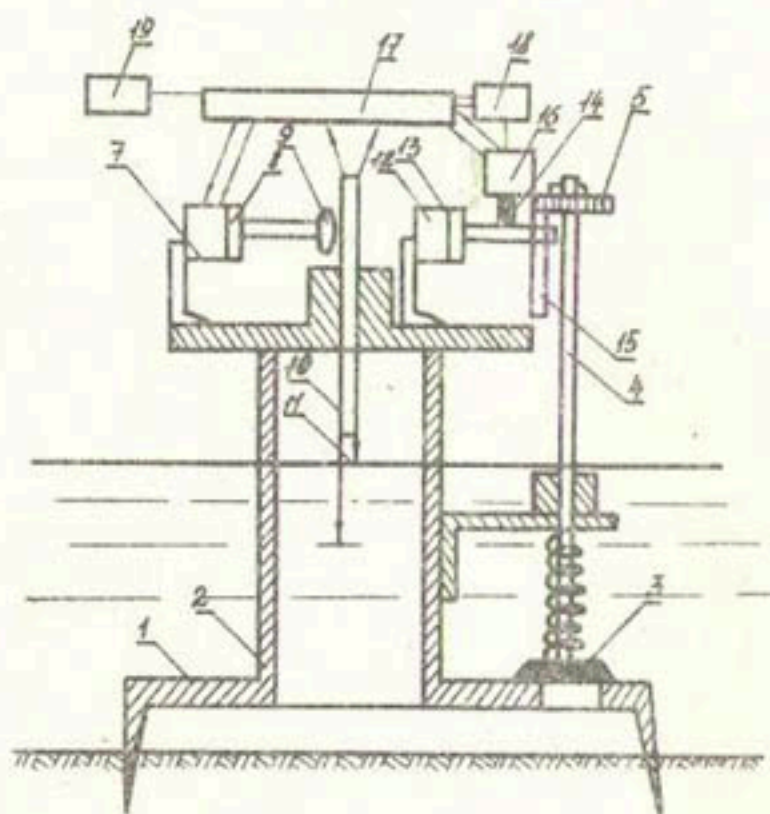


Рис. I. Схема фильтромера ФК-3.

ботка новой порции воды. На ленте самописца записываются рис-  
ки по завершению каждого цикла.

Основная задача стендовых испытаний — установление по-  
грешности работы фильтромера, которая показывает на сколько  
процентов и с какой вероятностью измеренная скорость филь-  
трации отличается от истинной. Основной причиной появления по-  
грешности в фильтромере ФК-3 является определенное непостоян-  
ство регистрируемых объемов порций воды, расходуемых на филь-  
трацию через площадь ограждающего элемента.

Имитируя в стендовых условиях фильтрацию сливом воды из  
ограждающего элемента стабилизированным расходом при постоян-  
ном расстоянии между концами игл датчика, правомерно утверж-  
дать, что погрешность порционной дозировки слива можно уста-  
новить по результатам многократных определений продолжитель-  
ности слива порций. При этом необходимо, чтобы погрешность из-  
мерительного комплекса была на 1-2 порядка ниже ожидаемой по-  
грешности исследуемого прибора, составляющей до 3-5 %.

Измерительный комплекс обеспечивал нестабильность слива  
на 0,2-0,5 %, а точность регистрации продолжительности слива  
каждой порции составляла 0,01 с.



108 измерений продолжительности слива при одном значении сливного расхода составляют одну реализацию и относятся к одному статистическому ряду. Матрица значений случайной функции погрешности прибора во времени включала 43 реализации, полученные при 14 значениях сливного расхода в трехкратной повторности и составлена из абсолютных отклонений каждого члена ряда от его арифметической середины. Сечения случайной функции равноудалены друг от друга на интервал времени, равный 6 с.

В результате статистической обработки матрицы на ЭВМ Напри 2 получены оценки математических ожиданий, дисперсий, средних квадратических отклонений, коэффициентов вариации по всем 108 сечениям случайной функции, а также значения корреляционной функции и нормированной корреляционной функции. В табл. I приведены результаты проверки статистических рядов на соответствие нормальному закону распределения.

Линейно преобразованные ряды при значениях средних квадратических отклонений, равных 3,4 – 4,5, подчиняются нормальному закону распределения с высоким уровнем вероятности по критерию Пирсона и лишь в отдельных случаях примерно подчиняются нормальному закону.

Случайная функция, параметры которой характеризуют случайный стохастический процесс изменения погрешности прибора во времени, должна являться стационарной по своей сущности. Это обстоятельство обусловлено специфическими особенностями фильтромера ФК-3, электронный блок управления которого выполнен на транзисторах, работающих в облегченном тепловом режиме. При этом длительность переходных процессов бесконечно мала по сравнению с длительностью учетных циклов, а долговременные флуктуации теплового характера для тиристовых выходных каскадов не могут вызвать нестационарность случайной функции. В табл. 2 приведены оценки случайной функции и нормированной корреляционной функции для некоторых сечений.

Приведенные данные показывают, что математическое ожидание случайной функции погрешности прибора во времени изменяется в пределах 0,001–0,2, что составляет 0,06–0,6 % от амплитуды случайных величин. Дисперсия случайной функции примерно постоянна и равна 0,12–0,22. Средне-квадратические отк-



Таблица I

Результаты проверки характерных статистических рядов на соответствие нормальному закону распределения по критерию Пирсона и параметры эмпирического распределения

| №<br>серий | Количество<br>измерений | Математическое<br>ожидание, $M_0$ |                                  | Дисперсия                     |                                  | Среднее квадратическое отклонение, $\sigma$ |                                  | Коэффициент вариации | Критерий Пирсона | Доверительная вероятность | Ассиметрия | Экссесс |
|------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|----------------------|------------------|---------------------------|------------|---------|
|            |                         | линейно-преобразованного ряда     | натурально-преобразованного ряда | линейно-преобразованного ряда | натурально-преобразованного ряда | линейно-преобразованного ряда               | натурально-преобразованного ряда |                      |                  |                           |            |         |
| 15         | 106                     | 475,31                            | 23,77                            | 11,74                         | 0,029                            | 3,43                                        | 0,17                             | 0,007                | 13               | 0,74                      | 0,19       | 2,28    |
| 19         | 106                     | 246,97                            | 24,69                            | 5,45                          | 0,054                            | 2,34                                        | 0,23                             | 0,0094               | 16               | 0,14                      | -0,08      | 4,61    |
| 25         | 97                      | 618,76                            | 61,88                            | 8,79                          | 0,088                            | 2,97                                        | 0,297                            | 0,0047               | 18               | 0,16                      | -0,39      | 2,99    |
| 30         | 110                     | 557,3                             | 27,86                            | 9,71                          | 0,024                            | 3,12                                        | 0,156                            | 0,0055               | 15               | 0,31                      | 0,95       | 3,57    |
| 37         | 91                      | 298,8                             | 14,94                            | 2,30                          | 0,066                            | 1,52                                        | 0,076                            | 0,005                | 13               | 0,45                      | -0,15      | 2,48    |
| 44         | 105                     | 458,08                            | 15,27                            | 10,49                         | 0,012                            | 3,24                                        | 0,108                            | 0,0071               | 8                | 0,89                      | -0,198     | 2,5     |
| 45         | 143                     | -                                 | 164,87                           | -                             | 4,78                             | -                                           | 2,19                             | 0,013                | 6                | 0,97                      | 13,68      | 11,119  |
| 50         | 100                     | -                                 | 64,4                             | -                             | 0,86                             | -                                           | 0,93                             | 0,014                | 19               | 0,12                      | -4,59      | 1,97    |
| 52         | 100                     | -                                 | 134,87                           | -                             | 1,81                             | -                                           | 1,36                             | 0,01                 | 19               | 0,12                      | 0,017      | 2,13    |
| 41         | 134                     | -                                 | 14,91                            | -                             | 0,014                            | -                                           | 0,119                            | 0,8                  | 17               | 0,08                      | 0,449      | 0,08    |

### III

лонения составляют 0,27-0,49, а коэффициенты вариации опытных данных - 0,004-0,001.

Значения корреляционной функции по характерным сечениям свидетельствуют о слабой взаимной корреляции экспериментальных данных для различных сечений.

Амплитуда корреляционной функции в пределах опыта изменяется совершенно случайно без проявления признаков ее возрастания или затухания. Все это позволяет утверждать, что процесс измерений искомых параметров с помощью фильтромера ФК-3 носит полностью стохастический и стационарный характер.

Таблица 2

Оценка случайной функции погрешности фильтромера ФК-3

| № сечения | Количество реализаций в сечении | Абсолютное значение оценок |                  |                                   | Математическое ожидание погрешности, % | Значения нормированной корреляционной функции |
|-----------|---------------------------------|----------------------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|
|           |                                 | математическое ожидание, с | дисперсия, $c^2$ | среднее квадратическое отклонение |                                        |                                               |
| 4         | 43                              | -0,192                     | 0,290            | 0,539                             | 0,632                                  | 0,476                                         |
| 16        | 43                              | -0,247                     | 0,179            | 0,423                             | 0,813                                  | 0,230                                         |
| 25        | 43                              | 0,010                      | 0,183            | 0,428                             | 0,032                                  | 0,616                                         |
| 34        | 43                              | 0,066                      | 0,184            | 0,429                             | 0,217                                  | 0,326                                         |
| 43        | 43                              | 0,054                      | 0,109            | 0,330                             | 0,157                                  | 0,028                                         |
| 54        | 43                              | 0,038                      | 0,184            | 0,429                             | 0,110                                  | 0,144                                         |
| 61        | 43                              | 0,054                      | 0,289            | 0,538                             | 0,177                                  | 0,522                                         |
| 70        | 43                              | 0,001                      | 0,319            | 0,565                             | 0,012                                  | 0,001                                         |
| 85        | 43                              | 0,010                      | 0,165            | 0,406                             | 0,029                                  | 0,441                                         |
| 94        | 43                              | 0,066                      | 0,167            | 0,409                             | 0,192                                  | 0,300                                         |
| 100       | 43                              | 0,122                      | 0,292            | 0,547                             | 0,356                                  | 0,422                                         |
| 108       | 43                              | 0,039                      | 0,329            | 0,574                             | 0,113                                  | -0,219                                        |



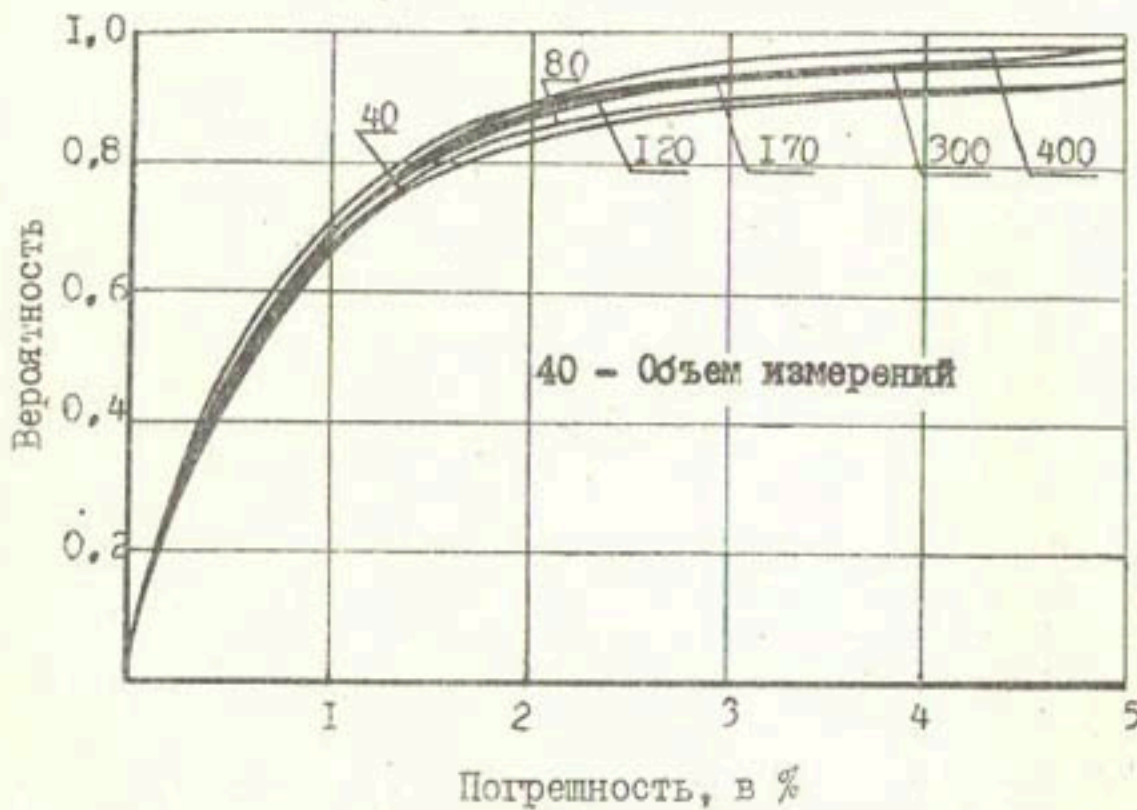


Рис. 2. График зависимости погрешности фильтромера ФК-3 от объема измерений и доверительной вероятности.

График связи погрешности фильтромера и вероятности ее появления для различных объемов выборки показан на рис.2. Как видно при количестве измерений более 40 с вероятностью 0,9 погрешность не превышает 3 %, с достаточно высоким уровнем вероятности 0,85 обеспечивается погрешность в 2 %.

#### ВЫВОДЫ

Фильтромер ФК-3 обеспечивает измерение фильтрации воды в открытых водоемах глубиной до 1 м при переменном уровне с погрешностью 3 % и вполне применим для проведения научно-исследовательских работ и проектных изысканий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник по вероятностным расчетам. Воениздат. Москва, 1970.
2. В е н т ц е л ь Б.С. Теория вероятностей. "Наука", Москва, 1969.
3. М а ц А.Ф., Л о п а т и н В.Я., Г е р р Ф.Г. Устройство для определения водопроницаемости почвы в окружающей водной среде, а.с. № 561119.



В.К.Шевцова  
старший научный сотрудник  
(КазНИИВХ)

### ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНОСТИ РЕКИ ИШИМ ПОД ВЛИЯНИЕМ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

С каждым годом увеличивающееся использование водных ресурсов и хозяйственное освоение территории вносит определенные изменения в естественный водный режим и водный баланс речных бассейнов.

В районе освоения целинных и залежных земель Казахстана основными мероприятиями, влияющими на водность рек, являются массовая распашка земель, создание большого количества прудов и водохранилищ, воды которых используются для сельскохозяйственных и промышленных нужд. Растущее использование водных ресурсов народным хозяйством обуславливает здесь изменения гидрологического режима рек.

В настоящей работе выполнена количественная оценка влияния комплекса основных факторов хозяйственной деятельности на сток в бассейне р. Ишим у г.Целинограда и г.Петропавловска.

Исследуемый бассейн расположен в степной зоне Казахстана, в районе резко выраженного недостаточного увлажнения. Засушливый континентальный климат и плоский равнинный рельеф территории являются основными факторами, определяющими особый казахстанский тип рек. Этот тип характеризуется незначительной величиной среднего многолетнего слоя стока, большой изменчивостью годовых величин расходов воды. Распределение стока в течение года крайне неравномерно, особенно в маловодные годы. В зависимости от площади водосбора на долю половодья здесь приходится около 90-100 % объема годового стока, который проходит в течение одного месяца. Поверхностный сток р.Ишим формируется исключительно за счет талых снеговых вод.

В бассейне р.Ишим основными антропогенными факторами, влияющими на водные ресурсы, являются регулирование стока водохранилищами и агромерелиоративные мероприятия. Наибольшее развитие хозяйственная деятельность в бассейне реки получила за последние 20-25 лет. Эта территория, как и весь Северный Казахстан - арена уникального эксперимента, позволяющего оце-



нить изменения в формировании стока, связанные с началом массовой распашки целинных и залежных земель. За первые два года освоения целинных и залежных земель, площадь распаханной территории возросла на 30 %, а к 1965 г. распаханность водосбора р.Ишим до г.Петропавловска составила 65 %. В сельском хозяйстве в этот период внедряется современная агротехника: глубокая зяблевая вспашка, снегозадержание и т.п. Увеличивается количество мелких прудов и прудокопаней, вводятся в строй Вячеславское (1970 г.) и Сергеевское (1968 г.) водохранилища, начинает развиваться орошаемое земледелие. Все это не могло не сказаться на гидрологическом режиме рек и водных ресурсах бассейна. В то же время до 1954–1955 гг. никаких крупных водохозяйственных мероприятий не производилось, водопотребление было незначительным. В этот период хозяйственная деятельность в бассейне не могла повлиять на водность реки, поэтому сток р.Ишим в период 1932–1954 гг. принят за естественный.

Уровнем развития хозяйственной деятельности на водосборе и в русле реки, показывает уменьшение годового стока за период развития агротехнических мероприятий в бассейне реки (1955–1968 гг.) по сравнению со стоком, не искаженным хозяйственной деятельностью (естественным). Это уменьшение составляет на р.Ишим у г.Целинограда 12 %, а у г.Петропавловска – 19 %. Причем изменчивость стока ( $C_v$ ) за период развития антропогенных факторов меньше изменчивости естественного стока (табл. I).

В табл. I дано изменение годового стока реки в модульных коэффициентах ( $K = \frac{Q_i}{Q_{ср}}$ ) на различные уровни развития хозяйственной деятельности на водосборе и в русле реки по сравнению с периодом естественного стока.

Для выявления причин уменьшения водности в качестве основного приема исследований, принято сопоставление и анализ изменения стока р.Ишим и основных факторов его формирования за периоды с различным уровнем развития хозяйственной деятельности на водосборе и в русле реки.

Период наблюдений за естественным стоком (1932–1953 гг.) составляет 21 год. Хронологический ход водности р.Ишим характеризуется резкими колебаниями стока. В 1932–1940 гг. наблюдалось исключительное по длительности маловодье, вызвавшее



Таблица I

Изменение стока р.Ишим под влиянием хозяйственной деятельности на различные уровни ее развития

| Показатели                                | Условные обозначения                                | р.Ишим - г.Целиноград | р.Ишим - г.Петропавловск |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| Естественный сток за период 1932-1954 гг. | $Q_0$<br>$C_v$<br>$K_0$                             | 6,20<br>0,92<br>1     | 57,7<br>1,07<br>1        |
| Средний сток за период 1955-1968 гг.      | $Q_{ср.1}$<br>$C_v$<br>$K_1 = \frac{Q_{ср.1}}{Q_0}$ | 5,43<br>0,66<br>0,88  | 46,8<br>0,70<br>0,81     |
| $K_1 - K_0 \%$                            |                                                     | -12                   | -19                      |
| Средний сток за период 1955-1975 гг.      | $Q_{ср.2}$<br>$C_v$<br>$K_2$                        | 5,15<br>0,77<br>0,83  | 50,1<br>0,64<br>0,87     |
| $K_2 - K_0 \%$                            |                                                     | -17                   | -13                      |

массовое усыхание озер и колодцев. Маловодье сменилось исключительным многоводным периодом (1941-1948 гг.), когда годовой сток не опускался ниже среднемноголетней величины, а в 1941, 1942, 1946, 1947, 1948, 1949 гг. достиг рекордно больших значений. Начиная с 1950 г. наблюдается незначительное уменьшение водности с подъемами и спадами в отдельные годы и лишь после 1966 г. сток р.Ишим у г.Петропавловска стал заметно уменьшаться.

Анализ разностных интегральных кривых стока ( $Q$ ) (рис.1) показывает наличие полного цикла водности 1932-1949 гг., который характеризуется резкой ветвью спада за 1932-1940 гг. и отчетливой ветвью подъема за 1941-1949 гг., с небольшим уменьшением водности в 1944-1945 гг.

В качестве основных климатических факторов, определяющих



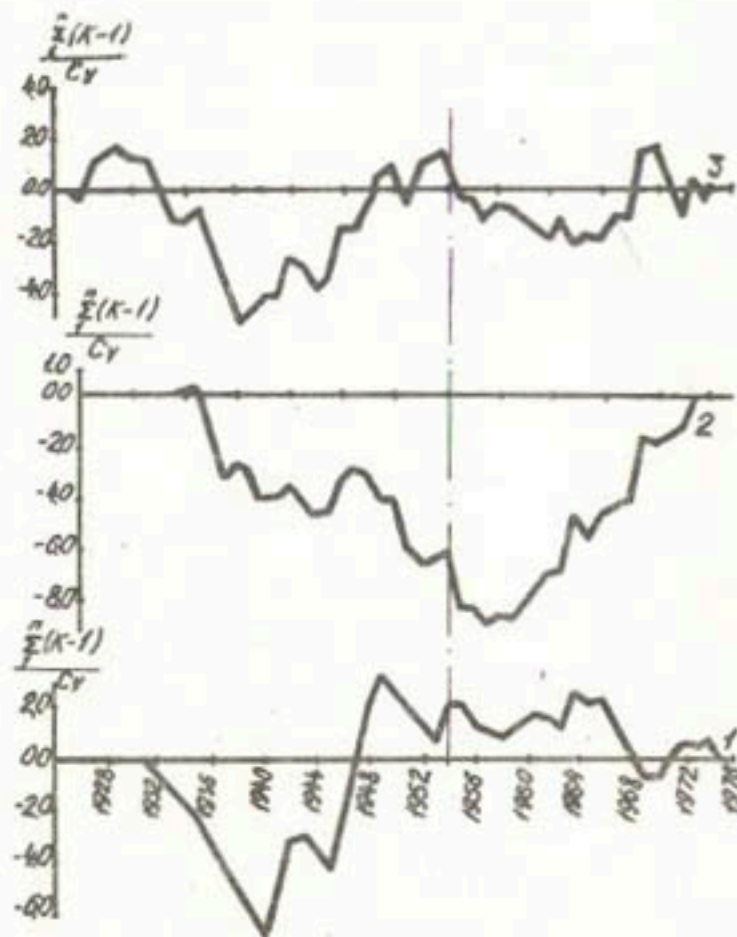


Рис. 1. Разностные интегральные кривые годового стока р.Ишим - г.Петропавловск (1), годовых сумм осадков (2), осеннего увлажнения (3).

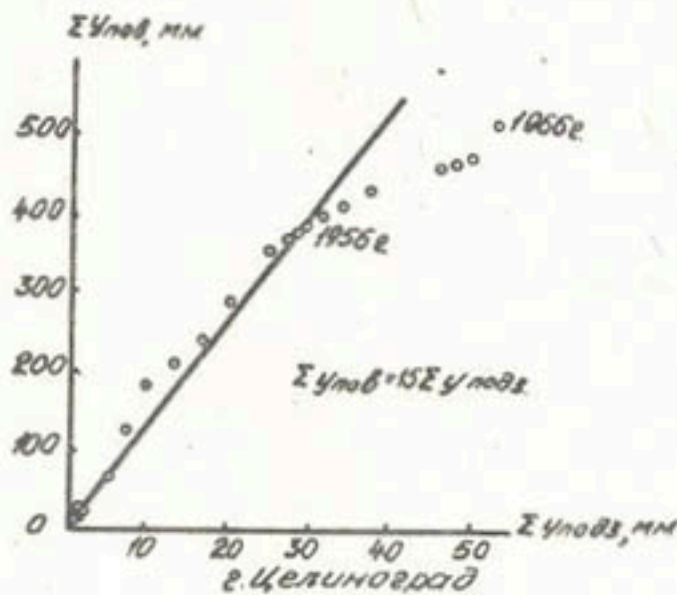


Рис.2. Двойная интегральная кривая поверхностного и подземного стока р.Ишим - г.Целиноград.

водность реки, использованы атмосферные осадки за водохозяйственный год ( $X$ ) и характеристика осеннего увлажнения почвогрунтов ( $U$ ), рассчитанная как сумма атмосферных осадков за предзимний период (октябрь и ноябрь).

Анализ разностных интегральных кривых климатических факторов показал, что зависимость стока р.Ишим от осеннего увлажнения почвогрунтов подтверждается полным соответствием в ходе характеристики осеннего увлажнения и стока р.Ишим (рис.1). Начиная с 50-х годов, ход характеристики осеннего увлажнения и годового стока реки становится асинхронным, в 1954-1961 гг. заметное уменьшение увлажнения почвогрунтов не привело к уменьшению стока реки. В период 1966-1972 гг., несмотря на увеличение осеннего увлажнения, сток р.Ишим у г.Петропавловска уменьшился. Однако это не является следствием уменьшения стокообразующих факторов (табл.2) и обусловлено влиянием антропогенных факторов.

Таблица 2

Сравнение климатических стокообразующих факторов за периоды с различным уровнем хозяйственного освоения бассейна р.Ишим

| Река-пункт                     | Осеннее увлажнение, мм<br>(ср. за период) |       |       |                   |                   | Атмосферные осадки, мм<br>(ср. за период) |       |       |                   |                   |
|--------------------------------|-------------------------------------------|-------|-------|-------------------|-------------------|-------------------------------------------|-------|-------|-------------------|-------------------|
|                                | 1934                                      | 1954  | 1969  | $U_2$             | $U_3$             | 1934                                      | 1954  | 1969  | $X_2$             | $X_3$             |
|                                | 1953                                      | 1968  | 1974  | $\frac{U_2}{U_1}$ | $\frac{U_3}{U_1}$ | 1953                                      | 1968  | 1974  | $\frac{X_2}{X_1}$ | $\frac{X_3}{X_1}$ |
|                                | $U_1$                                     | $U_2$ | $U_3$ |                   |                   | $X_1$                                     | $X_2$ | $X_3$ |                   |                   |
| Ишим -<br>г.Целиноград         | 48                                        | 38    | 43    | 0,79              | 0,90              | 233                                       | 307   | 335   | 1,32              | 1,44              |
| Ишим -<br>г.Петропав-<br>ловск | 50                                        | 45    | 49    | 0,90              | 0,98              | 270                                       | 296   | 328   | 1,10              | 1,21              |

Изменение полного речного стока  $\Delta V_{\text{п.р.}}$  под влиянием антропогенных факторов, а также начало этого изменения определялись по интегральным кривым поверхностного и подземного стока. За поверхностный сток ( $U_{\text{пов.}}$ ) р.Ишим принимался весенний сток, формирующийся за счет зимних осадков. Осадки теплого периода поверхностного стока не образуют. Поэтому за подзем-



ную составляющую стока ( $U_{подз}$ ) принимали разность между годовым и весенним стоком. На графике (рис.2) двойная интегральная кривая поверхностного и подземного стока отображает суммарный сток за период 1932–1966 гг., а также чередование маловодных и многоводных фаз водности. Угол наклона кривой ( $tg \alpha = \frac{\sum U_{подз}}{\sum U_{пов}}$ ), характеризующий соотношение между поверхностным стоком и подземной его составляющей, является постоянным для бассейна за период естественного стока (1953–1932 гг.). Начиная с 1955–1956 гг., наблюдается заметное систематическое отклонение точек от прямой. Это свидетельствует об изменении стока за период 1954–1966 гг. под влиянием агролесомелиорации. Связь суммарного поверхностного ( $\sum U_{пов}$ ) и подземного ( $\sum U_{подз}$ ) стока за период 1932–1953 гг. для бассейна р.Ишим у г.Петропавловска представлена в виде уравнения:

$$\sum U_{пов} = 8,7 \sum U_{подз} ;$$

у г.Целинограда:

$$\sum U_{пов} = 1,5 \sum U_{подз}.$$

Данные уравнения были использованы для восстановления значений поверхностного и подземного стока за период его преобразования. Величина изменения поверхностного, подземного и суммарного (годового) речного стока, полученные как разность между восстановленным и наблюдаемым стоком, приведена в табл.3.

Таблица 3

Изменение поверхностного, подземного и годового стока р.Ишим под влиянием агролесомелиоративных мероприятий

| Расчетный период<br>1932–1975 гг. | Период преобразования стока | Поверхностный сток, мм |     |            | Подземный сток, мм |     |            | Годовой сток, мм |     |            |              |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------|-----|------------|--------------------|-----|------------|------------------|-----|------------|--------------|
|                                   |                             | $U$                    | $U$ | $\Delta U$ | $U$                | $U$ | $\Delta U$ | $V$              | $V$ | $\Delta V$ |              |
|                                   |                             | набл                   | вос |            | набл               | вос |            | набл             | вос | мм         | %            |
|                                   |                             |                        |     |            |                    |     |            |                  |     |            | от $V_{вос}$ |
| Ишим-г.Целиноград                 | 1954–1975 гг.               | 439                    | 576 | -137       | 41                 | 31  | 10         | 480              | 607 | -126       | 21           |
| Ишим – г.Петропавловск            | –“–                         | 270                    | 334 | -64        | 39                 | 31  | 8          | 309              | 370 | -16        | 16,5         |



Результаты расчета показывают, что основное изменение годового стока произошло в результате изменения поверхностного (весеннего) стока. Величина этого изменения составляет 21 % у г.Целинограда и 16 % у г.Петропавловска. Более существенное уменьшение весеннего стока р.Ишим у г.Целинограда объясняется не только разницей в размерах распаханых площадей, но и глубоким залеганием уровня грунтовых вод верхнего водоносного горизонта при отсутствии дренирования вод в русло р.Ишим у г.Целинограда.

## ВЫВОДЫ

1. В бассейне р.Ишим можно выделить три периода с различным уровнем развития хозяйственной деятельности: 1932–1953 гг. – период незначительного развития хозяйственной деятельности на водосборе и незначительного использования стока р.Ишим; 1954–1968 гг. – период интенсивной распашки целинных и залежных земель; 1969–1975 гг. – период регулирования и безвозвратных отъемов стока.

2. Анализ водности р.Ишим и климатических факторов формирования стока показал наличие зависимости стока реки от запасов воды в снеге и осеннего увлажнения почвогрунтов в период незначительного развития хозяйственной деятельности в бассейне. Уменьшение стока в последующий период (1954–1975 гг.) является следствием влияния антропогенных факторов.

3. Уменьшение годового стока р.Ишим под влиянием комплекса хозяйственной деятельности за период 1954–1975 гг., по сравнению с восстановленным стоком, составляет 21 % у г.Целинограда и 16 % – у г.Петропавловска.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Родионов В.З. Оценка влияния комплекса факторов хозяйственной деятельности на сток р.Тобол у г.Кустаная. Сб.работ по гидрологии, 1978, № 13.
2. Шикломанов И.А. О методах оценки влияния комплекса факторов хозяйственной деятельности на водные ресурсы и водный режим водосборов. Труды ГТИ, 1972, вып.206.



А.Г. Рау  
зав. лабораторией, канд. сельскохозяйств. наук  
(КазНИИВХ)

# МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ДРЕНАЖНО-СБОСНЫХ ВОД И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ КУЛЬТУР РИСОВОГО СЕВООБОРОТА

Дренажно-сбросной сток с Кзыл-Кумской рисовой системы составляет 800-900 млн.м<sup>3</sup> воды в год, из них 70 % можно использовать для орошения риса. Минимальная минерализация дренажных вод (1,4-4,7 г/л) приходится на оросительный период, когда в коллекторно-дренажные каналы поступает вода с рисовых чеков при проведении поверхностных сбросов, максимальная минерализация (5,5-7,1 г/л) - на осенне-зимний и ранне-весенний периоды, когда дренажный сток формируется за счет грунтовых вод. Тип засоления дренажно-сбросных вод в летний период сульфатно-натриевый и сульфатно-хлоридный, в осенне-зимний и ранне-весенний периоды - хлоридно-сульфатный.

В оросительный период в дренажно-сбросных водах Кзыл-Кумского массива содержится ионов сульфата 0,993 г/л, натрия - 0,366, хлора - 0,364, гидрокарбоната - 0,119 г/л. Ионы карбоната и нормальной соды отсутствуют, реакция среды слабощелочная (рН 7,3-8,4). Между минерализацией воды и содержанием в ней ионов существует корреляционная связь, равная 0,84-0,95, что позволяет по общей минерализации воды определить содержание отдельных ионов и установить степень пригодности воды для орошения (табл.1), где  $\Sigma_{\text{и}}$  - общая минерализация воды.

Анализ качественного состава солей дренажно-сбросных вод показывает, что содержание в них токсичных солей составляет 65-80 %, солей натрия - 50-65 %, в том числе сульфата натрия - 0,3-1,7 г/л, хлорида натрия - 0,1-0,55, гидрокарбоната натрия - 0,07-0,31 г/л. С увеличением общей минерализации воды возрастает процентное содержание токсичных солей и при минерализации воды более 2,5 г/л вместо солей сульфата магния появляются соли хлорида натрия. Нетоксичные соли в основном гипс (0,35 - 1,1 г/л) составляют 35-20 % и уменьшаются с повышением минерализации воды (табл.2).

Пригодность минерализованных дренажно-сбросных вод для орошения определяется взаимодействием различных факторов, но



Таблица 1

Зависимость между минерализацией дренажно-сбросной воды и концентрацией ионов, г/л

| Ионы                    | Выборка | Максимум | Минимум | Среднеарифметическая | Коэффициент корреляции | Ошибка коэффициента корреляции | Критерии достоверности коэффициента корреляции | Уравнение                                         |
|-------------------------|---------|----------|---------|----------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| $\text{HCO}_3'$         | 332     | 0,706    | 0,119   | 0,251                | 0,045                  | 0,054                          | 0,829                                          | $\text{HCO}_3' = 0,245 + 0,002 \Sigma u$          |
| $\text{Cl}'$            | 332     | 1,206    | 0,098   | 0,364                | 0,894                  | 0,024                          | 36,254                                         | $\text{Cl}' = 0,122 + 0,212 \Sigma u$             |
| $\text{SO}_4''$         | 332     | 3,429    | 0,176   | 0,993                | 0,954                  | 0,016                          | 58,361                                         | $\text{SO}_4'' = -0,055 + 0,458 \Sigma u$         |
| $\text{Ca}''$           | 332     | 0,368    | 0,079   | 0,181                | 0,840                  | 0,029                          | 28,220                                         | $\text{Ca}'' = 0,058 + 0,053 \Sigma u$            |
| $\text{Mg}''$           | 332     | 0,359    | 0,047   | 0,124                | 0,853                  | 0,028                          | 29,696                                         | $\text{Mg}'' = 0,022 + 0,044 \Sigma u$            |
| $\text{Na}^+ \text{K}'$ | 332     | 1,419    | 0,119   | 0,366                | 0,943                  | 0,018                          | 51,769                                         | $\text{Na}^+ \text{K}' = -0,124 + 0,214 \Sigma u$ |

Таблица 2

Качественный состав солей в дренажно-сбросных водах

| Минерализация, г/л | Ион хлора, г/л | Ион натрия и калия, г/л | Безвредных солей, % | Токсичных солей, % | Солей натрия, % | Коэффициент ионного обмена | Ирригационный коэффициент |
|--------------------|----------------|-------------------------|---------------------|--------------------|-----------------|----------------------------|---------------------------|
| 1,0                | 0,10           | 0,03                    | 30-55               | 65-70              | 50-55           | 1,9                        | 9,0                       |
| 1,5                | 0,21           | 0,19                    | 30-35               | 65-70              | 50-55           | 1,5                        | 6,0                       |
| 2,0                | 0,32           | 0,35                    | 30-35               | 65-70              | 55-60           | 1,4                        | 3,5                       |
| 2,5                | 0,42           | 0,50                    | 25-30               | 70-75              | 55-60           | 1,3                        | 2,4                       |
| 3,0                | 0,52           | 0,66                    | 25-30               | 70-75              | 55-60           | 1,2                        | 1,8                       |
| 4,0                | 0,75           | 1,06                    | 20-25               | 75-80              | 60-65           | 1,0                        | 1,1                       |
| 5,0                | 0,97           | 1,20                    | 20-25               | 75-80              | 60-65           | 0,9                        | 0,95                      |



основным критерием служит ирригационный коэффициент, который с точки зрения опасности вторичного засоления и осолонцевания почв определен по методике И.Н. Антипова-Каратаева и лаборатории засоленных почв США. По ирригационному коэффициенту дренажно-сбросная вода с минерализацией до 2,5 г/л пригодна для длительного орошения, с минерализацией 2,5-4,0 г/л для периодических поливов, чередующихся с опреснительными промывными поливами (табл. 2). При орошении дренажно-сбросными водами более высокой минерализации (4,0 г/л и более) необходимо улучшить их качество путем смешивания с оросительной водой.

Опыты по изучению влияния орошения дренажно-сбросными водами на урожай культур рисового севооборота и мелиоративное состояние земель Кзыл-Кумской рисовой системы проводились в рисосовхозе 50 лет Октября на двух участках площадью 56 га с различной степенью дренированности. Почвы участков светлые сероземы, с поверхности залегают суглинки, с глубины 2,5-3,0 м - пески с прослойками супеси и суглинка, водоупор находится на глубине 50 м. Объемная масса покровных отложений равна 1,2 - 1,5 г/см<sup>3</sup>, порозность - 50-44 %, коэффициент фильтрации - 0,18-0,25 м/сут.

При возделывании риса минерализация и химический состав поливной воды в исследуемых вариантах составляли: на первом варианте общая минерализация - 1,3 г/л, содержание хлора - 0,156, сульфата - 0,625 г/л; на втором и третьем вариантах - соответственно: 2,85; 0,498; 1,230 г/л и 2,30; 0,375; 1,09 г/л. На четвертом и пятом вариантах минерализация поливной воды в период прорастания и всходов была такая же как на первом варианте, после полных всходов на четвертом варианте - как и на третьем, а на пятом варианте - как на втором (табл. 3). При возделывании люцерны минерализация поливной воды на первом варианте составляла 1,2-1,4 г/л, на втором - 3,0-3,5, на третьем - 2,0-2,4 г/л, на четвертом варианте первого года вегетации - 1,2-1,4, второго года вегетации - 3,0-3,5 г/л. На первом варианте в поливной воде содержание ионов хлора составляло 0,15-0,20 г/л, на втором - 0,508-0,627, третьем - 0,326-0,405, четвертом - 0,126-0,627 г/л; сульфата соответственно - 0,582-0,658; 1,363-1,569; 0,910-1,073; 0,582-1,569 г/л. При возделывании риса и люцерны самое высокое содержание хлора



(0,4-0,6 г/л) и сульфата (1,1-1,5 г/л) отмечалось в поливной воде второго варианта, самое низкое (0,12-0,16 и 0,32-0,77 г/л) - первого варианта (табл.3).

Таблица 3

## Минерализация поливной воды, г/л

| Варианты | Годы | Плотный остаток | $\text{HCO}_3'$ | $\text{Cl}'$ | $\text{SO}_4''$ | $\text{Ca}''$ | $\text{Mg}''$ | $\text{Na}'+\text{K}'$ | pH |
|----------|------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|---------------|------------------------|----|
| I        | 2    | 3               | 4               | 5            | 6               | 7             | 8             | 9                      | 10 |

## При возделывании риса

## 1. Полив оросительной водой

|                    |      |      |       |       |       |       |       |       |     |
|--------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| СИТЕЛЬНОЙ<br>ВОДОЙ | 1973 | 1,24 | 0,171 | 0,142 | 0,587 | 0,114 | 0,075 | 0,163 | 7,4 |
| Контроль           | 1974 | 1,26 | 0,242 | 0,156 | 0,489 | 0,112 | 0,075 | 0,171 | 7,6 |
|                    | 1975 | 1,30 | 0,174 | 0,145 | 0,620 | 0,138 | 0,084 | 0,160 | 7,5 |
|                    | 1976 | 1,28 | 0,150 | 0,142 | 0,625 | 0,114 | 0,082 | 0,166 | 7,5 |

## 2. Полив дренажно-сбросной водой

|                           |      |      |       |       |       |       |       |       |     |
|---------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| нажно-сорос-<br>ной водой | 1973 | 2,76 | 0,243 | 0,480 | 1,200 | 0,254 | 0,164 | 0,480 | 7,8 |
|                           | 1974 | 2,85 | 0,236 | 0,498 | 1,230 | 0,260 | 0,151 | 0,480 | 7,6 |
|                           | 1975 | 2,49 | 0,230 | 0,370 | 1,104 | 0,205 | 0,114 | 0,420 | 7,7 |
|                           | 1976 | 2,48 | 0,233 | 0,377 | 1,110 | 0,195 | 0,130 | 0,418 | 7,7 |

## 3. Полив смешанной водой-оросительной с дренажно-сбросной в пропорции 1:1

|                  |      |       |       |       |       |       |       |     |
|------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 4. Полив до 1973 | 1,44 | 0,234 | 0,149 | 0,620 | 0,124 | 0,073 | 0,185 | 7,5 |
| ПОЛИВ ВОС-       | 2,39 | 0,255 | 0,392 | 1,03  | 0,180 | 0,125 | 0,410 | 7,6 |

## 4. Полив до полных всходов оросительной водой (1,44), затем смешанной с дренажно-сбросной в пропорции 1:1 (2,39)

|      |      |       |       |       |       |       |       |     |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 1973 | 1,44 | 0,234 | 0,149 | 0,620 | 0,124 | 0,073 | 0,185 | 7,5 |
|      | 2,39 | 0,255 | 0,392 | 1,03  | 0,180 | 0,125 | 0,410 | 7,6 |
| 1974 | 1,40 | 0,156 | 0,175 | 0,660 | 0,130 | 0,087 | 0,175 | 7,6 |
|      | 2,38 | 0,210 | 0,370 | 1,10  | 0,186 | 0,136 | 0,380 | 7,6 |
| 1975 | 1,25 | 0,140 | 0,160 | 0,600 | 0,120 | 0,071 | 0,170 | 7,6 |
|      | 2,00 | 0,244 | 0,290 | 0,912 | 0,150 | 0,116 | 0,280 | 7,6 |
| 1976 | 1,30 | 0,180 | 0,227 | 0,557 | 0,110 | 0,078 | 0,210 | 7,6 |
|      | 2,03 | 0,270 | 0,280 | 0,895 | 0,160 | 0,130 | 0,285 | 7,7 |



| I                                                                                    | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 5. Полив до полных всходов оросительной водой (1,14), затем дренажно-сбросной (2,81) | 1973 | 1,14  | 0,230 | 0,150 | 0,620 | 0,124 | 0,078 | 0,185 | 7,7 |
|                                                                                      |      | 2,81  | 0,256 | 0,376 | 1,320 | 0,200 | 0,116 | 0,428 | 7,7 |
|                                                                                      | 1974 | 1,458 | 0,171 | 0,160 | 0,628 | 0,120 | 0,090 | 0,190 | 7,7 |
|                                                                                      |      | 2,86  | 0,244 | 0,433 | 1,280 | 0,210 | 0,153 | 0,470 | 7,7 |
|                                                                                      | 1975 | 1,30  | 0,17  | 0,14  | 0,626 | 0,116 | 0,08  | 0,165 | 7,7 |
|                                                                                      |      | 2,42  | 0,280 | 0,230 | 1,180 | 0,190 | 0,110 | 0,430 | 7,8 |
|                                                                                      | 1976 | 1,32  | 0,156 | 0,158 | 0,66  | 0,120 | 0,09  | 0,173 | 7,6 |
|                                                                                      |      | 2,30  | 0,243 | 0,320 | 1,08  | 0,186 | 0,142 | 0,330 | 7,7 |

При возделывании люцерны

|                                                                                              |      |      |       |       |       |       |       |       |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 1. Полив оросительной водой                                                                  | 1975 | 1,19 | 0,153 | 0,126 | 0,582 | 0,120 | 0,077 | 0,136 | 7,9 |
| Контроль                                                                                     | 1976 | 1,42 | 0,201 | 0,160 | 0,658 | 0,132 | 0,087 | 0,177 | 7,2 |
| 2. Полив дренажно-сбросной водой                                                             | 1975 | 3,02 | 0,263 | 0,508 | 1,363 | 0,353 | 0,152 | 0,376 | 7,3 |
|                                                                                              | 1976 | 3,46 | 0,232 | 0,627 | 1,569 | 0,218 | 0,183 | 0,643 | 7,8 |
| 3. Полив смешанной водой - оросительной с дренажно-сбросной, в пропорции 1:1                 | 1975 | 2,03 | 0,210 | 0,326 | 0,910 | 0,249 | 0,122 | 0,212 | 7,4 |
|                                                                                              | 1976 | 2,41 | 0,221 | 0,405 | 1,073 | 0,192 | 0,138 | 0,379 | 7,7 |
| 4. Полив люцерны первого года вегетации оросительной водой, второго года - дренажно-сбросной | 1975 | 1,19 | 0,153 | 0,126 | 0,582 | 0,120 | 0,077 | 0,136 | 7,9 |
|                                                                                              | 1976 | 3,46 | 0,232 | 0,627 | 1,569 | 0,218 | 0,183 | 0,643 | 7,8 |

В оросительной воде первого варианта содержание токсичных солей составляло: сульфат натрия - 0,37 г/л, сульфат магния - 0,09, хлорид магния - 0,20, гидрокарбонат натрия - 0,15, гидрокарбонат магния - 0,06 г/л. В поливной воде второго варианта количество токсичных солей было значительно выше: сульфат натрия - 0,9 - 1,2 г/л, хлорид магния - 0,4-0,6 г/л и появилась



более токсичная соль - хлорид натрия - 0,1 - 0,2 г/л. В поливной воде третьего варианта количество токсичных солей уменьшилось, вместо соли хлорид натрия появилась менее токсичная соль - сульфат магния; содержание сульфата натрия в воде равнялось 0,8 - 0,9 г/л, хлорида магния - 0,3 - 0,4, сульфата магния - 0,1 - 0,2 г/л.

На всех вариантах минерализация воды в рисовых чеках на 35-45 % выше минерализации поливной воды. Увеличение минерализации воды в рисовых чеках происходит за счет испарения с водной поверхности и диффузии солей из верхнего слоя почвогрунта в слой воды. Процент содержания токсичных солей в воде на рисовых чеках увеличивается и появляется новая соль - хлорид натрия.

В почвах опытного участка до проведения опытов в 0-100 см слое находилось 0,23-0,80 % солей по плотному остатку; хлора - 0,007-0,021 %; сульфата - 0,094-0,515 %; в 100-200 см слое соответственно - 0,23-0,74; 0,007-0,018; 0,116-0,500 %; в 200-300 см слое - 0,14-0,41; 0,007-0,014; 0,06-0,266 %. Максимальное количество солей по плотному остатку в верхнем 0-40 см слое составляло 0,74-0,80 % и сульфат-иону - 0,018-0,021 % (рис.), а запас солей в 100-200 см слое - 46 т/га, в 200-300 см слое - 19 т/га. В общем балансе солей преобладали сульфат натрия (20 %) и сульфат кальция (35 %). По процентному содержанию солей и суммарному эффекту токсичности 0-300 см слой почвы был слабозасоленным.

После двухлетнего возделывания риса на участке исследования 1973-1974 гг. содержание солей в 0-100 см слое почв уменьшилось на первом варианте на 50 т/га, втором - 20, третьем - 40, четвертом - 30, пятом - 10 т/га. В 100-200 см слое содержание солей на первом варианте уменьшилось на 25 т/га, на третьем - 6 т/га, на четвертом - 26 т/га и увеличилось на втором варианте на 30 т/га, на пятом - 6 т/га. В 200-300 см слое содержание солей уменьшилось на четвертом варианте на 14 т/га, на остальных вариантах увеличилось: на первом варианте - 8 т/га, втором - 28, третьем - 3, пятом - 30 т/га (табл. 4).

За два года возделывания риса запасы солей в 0-300 см слое почвогрунта на участках первого варианта уменьшились с 146,6 до 67,8 т/га по плотному остатку и с 6,4 до 2,6 т/га по хлору; на третьем и четвертом вариантах соответственно - с 241,8 до 99,6 т/га, с 142,1 до 83,1 т/га по плотному остатку, с 6,4 до 5,2 и 6,7 до 6,0 т/га по хлору; а на участках второго и пя-



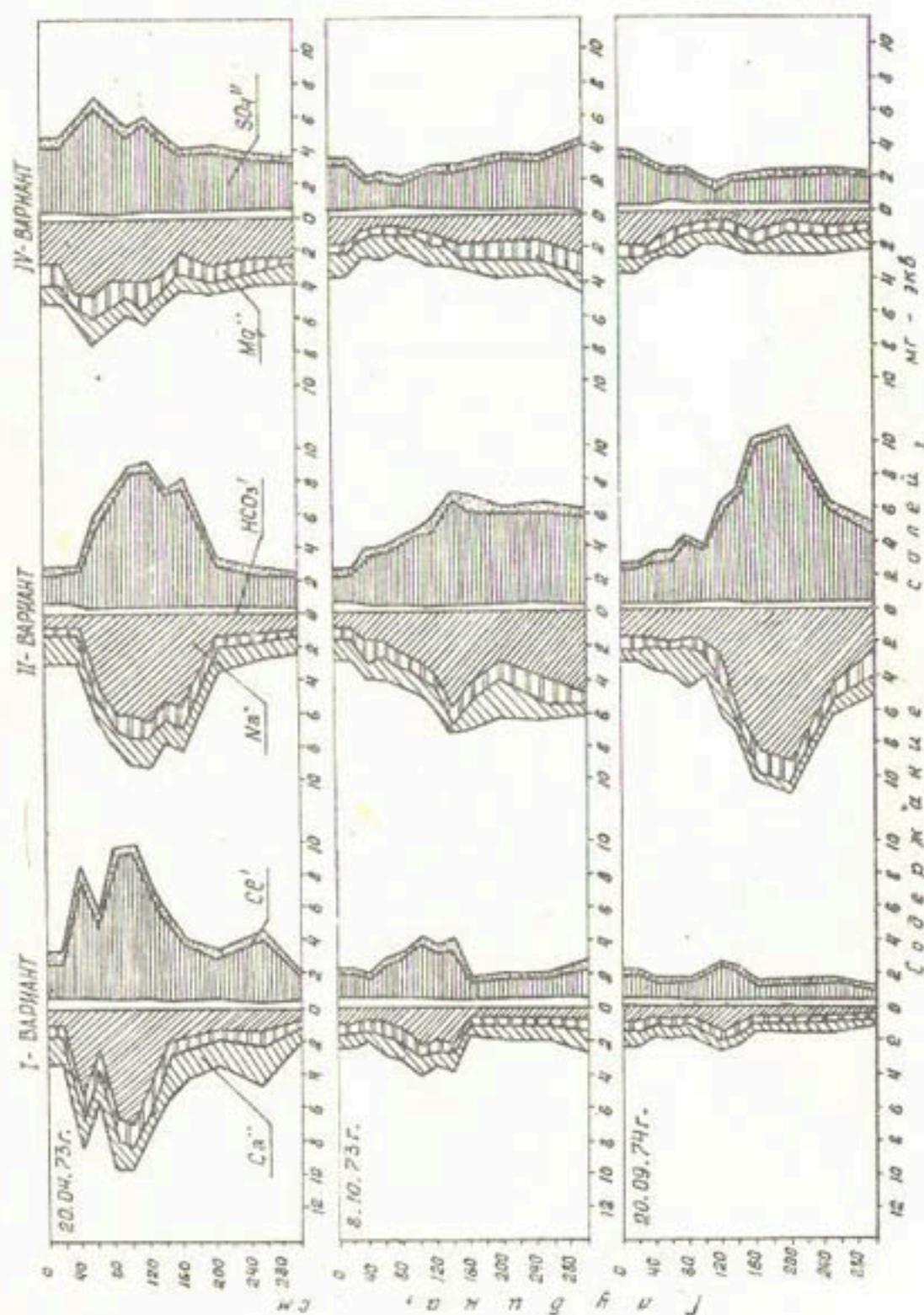


Рис. Солевой профиль почвогрунтов на вариантах опыта 1973-1974 гг.



Динамика содержания солей в почвогрунтах, т/га

| Варианты | Годы исследования, культура | Слой почвогрунта, см | Исходное засоление |     |      |      |     |     |   |   |   |   | После двух лет орошения |             |     |      |      |     |    |    |    |    |    |    |  |
|----------|-----------------------------|----------------------|--------------------|-----|------|------|-----|-----|---|---|---|---|-------------------------|-------------|-----|------|------|-----|----|----|----|----|----|----|--|
|          |                             |                      | сумма солей        | Ca  | Mg   | Na   | 4   | 5   | 6 | 7 | 8 | 9 | 10                      | сумма солей | Ca  | Mg   | Na   | 11  | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |  |
| I        | 2                           | 3                    |                    |     |      |      |     |     |   |   |   |   |                         |             |     |      |      |     |    |    |    |    |    |    |  |
| I        | 1973-1974 гг. рис           | 0-100                | 70,6               | 6,3 | 38,0 | 17,1 | 6,3 | 2,9 |   |   |   |   |                         | 19,2        | 5,9 | 2,5  | 7,6  | 1,4 |    |    |    |    |    |    |  |
|          |                             | 100-200              | 45,8               | 5,6 | 16,5 | 17,8 | 3,2 | 2,7 |   |   |   |   |                         | 19,1        | 4,4 | 4,8  | 6,2  | 2,1 |    |    |    |    |    |    |  |
|          |                             | 200-300              | 4,9                | 7,0 | 15,8 | 1,4  | 2,1 | -   |   |   |   |   |                         | 13,5        | 4,2 | 1,5  | 5,0  | 1,4 |    |    |    |    |    |    |  |
| 2        |                             | 0-100                | 54,8               | 6,3 | 23,6 | 20,7 | 2,9 | 3,3 |   |   |   |   |                         | 35,5        | 5,8 | 12,1 | 12,2 | 2,9 |    |    |    |    |    |    |  |
|          |                             | 100-200              | 60,2               | 7,2 | 20,2 | 25,0 | 4,0 | 3,8 |   |   |   |   |                         | 90,0        | 5,5 | 44,2 | 28,9 | 8,1 |    |    |    |    |    |    |  |
|          |                             | 200-300              | 24,7               | 4,5 | 3,0  | 12,9 | 1,4 | 2,9 |   |   |   |   |                         | 52,5        | 5,6 | 27,8 | 10,9 | 4,1 |    |    |    |    |    |    |  |
| 3        |                             | 0-100                | 73,9               | 5,5 | 44,8 | 13,7 | 6,3 | 4,0 |   |   |   |   |                         | 34,7        | 6,2 | 11,2 | 12,3 | 2,1 |    |    |    |    |    |    |  |
|          |                             | 100-200              | 41,2               | 3,5 | 16,3 | 11,0 | 5,0 | 2,9 |   |   |   |   |                         | 35,1        | 4,8 | 16,5 | 10,0 | 1,2 |    |    |    |    |    |    |  |
|          |                             | 200-300              | 26,7               | 6,5 | 1,4  | 13,7 | 1,4 | 3,7 |   |   |   |   |                         | 29,8        | 2,9 | 16,5 | 7,5  | 1,3 |    |    |    |    |    |    |  |
| 4        |                             | 0-100                | 56,3               | 5,2 | 32,2 | 10,4 | 4,8 | 2,8 |   |   |   |   |                         | 27,0        | 4,8 | 8,8  | 8,7  | 2,0 |    |    |    |    |    |    |  |
|          |                             | 100-200              | 48,1               | 6,5 | 23,6 | 9,3  | 5,9 | 2,8 |   |   |   |   |                         | 22,5        | 5,8 | 1,40 | 9,5  | 2,0 |    |    |    |    |    |    |  |
|          |                             | 200-300              | 37,8               | 6,7 | 16,1 | 8,9  | 2,2 | 2,2 |   |   |   |   |                         | 23,4        | 4,4 | 5,1  | 1,1  | 1,5 |    |    |    |    |    |    |  |
| 5        |                             | 0-100                | 51,3               | 3,1 | 38,3 | 5,3  | 3,1 | 1,5 |   |   |   |   |                         | 42,1        | 5,4 | 14,2 | 15,9 | 1,8 |    |    |    |    |    |    |  |
|          |                             | 100-200              | 42,0               | 6,5 | 19,0 | 11,9 | 2,6 | 1,3 |   |   |   |   |                         | 48,1        | 6,6 | 24,5 | 8,1  | 5,3 |    |    |    |    |    |    |  |
|          |                             | 200-300              | 35,2               | 5,6 | 14,8 | 12,3 | 1,4 | 1,1 |   |   |   |   |                         | 65,3        | 7,0 | 42,1 | 5,7  | 5,6 |    |    |    |    |    |    |  |
| I        | 1975-1976 гг. рис           | 0-100                | 100,5              | 3,6 | 58,3 | 27,0 | 8,4 | 3,2 |   |   |   |   |                         | 36,1        | 5,9 | 9,9  | 12,2 | 5,2 |    |    |    |    |    |    |  |
|          |                             | 100-200              | 39,3               | 3,7 | 25,7 | 3,3  | 5,1 | 1,6 |   |   |   |   |                         | 18,2        | 3,8 | 6,8  | 5,6  | 0,5 |    |    |    |    |    |    |  |
|          |                             | 200-300              | 25,9               | 5,0 | 12,6 | 3,4  | 3,8 | 1,1 |   |   |   |   |                         | 14,0        | 3,0 | 6,5  | 3,5  | 0,4 |    |    |    |    |    |    |  |



| I | 2                          | 3                           | 4                       | 5                    | 6                      | 7                    | 8                    | 9                    | 10         | 11                      | 12                   | 13                     | 14                     | 15                 | 16                   | 17                     |
|---|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------|-------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|
| 2 | 1975-<br>1976гг.<br>рис    | 0-100<br>100-200<br>200-300 | 59,8<br>76,8<br>27,3    | 5,2<br>3,7<br>4,6    | 37,8<br>57,2<br>11,2   | 8,0<br>7,0<br>3,5    | 6,7<br>6,9<br>6,3    | 2,1<br>2,0<br>1,4    | -          | 83,8<br>68,7<br>63,4    | 5,6<br>5,3<br>5,4    | 60,1<br>50,8<br>40,3   | 18,8<br>11,4<br>10,0   | 10,8<br>7,2<br>5,0 | 4,7<br>4,0<br>2,7    | -                      |
| 3 |                            | 0-100<br>100-200<br>200-300 | 58,6<br>25,3<br>30,6    | 4,2<br>4,0<br>7,0    | 42,0<br>8,1<br>3,3     | 5,0<br>6,5<br>16,1   | 7,7<br>2,4<br>0,8    | 1,4<br>3,7<br>2,8    | 0,5<br>0,7 | 27,5<br>37,2<br>30,5    | 6,5<br>5,3<br>4,9    | 4,6<br>13,7<br>12,4    | 11,3<br>12,5<br>7,5    | 2,0<br>0,9<br>0,4  | 4,0<br>3,9<br>4,9    | 0,90                   |
| 4 |                            | 0-100<br>100-200<br>200-300 | 69,2<br>41,8<br>29,5    | 5,2<br>4,2<br>5,4    | 30,2<br>4,6<br>10,7    | 17,8<br>13,6<br>6,0  | 10,1<br>5,4<br>4,7   | 5,4<br>3,1<br>2,7    | -          | 42,7<br>24,5<br>40,8    | 5,0<br>3,9<br>5,9    | 17,4<br>6,6<br>17,6    | 11,2<br>9,7<br>13,1    | 4,9<br>1,5<br>0,8  | 4,2<br>1,3<br>3,4    | -                      |
| 5 |                            | 0-100<br>100-200<br>200-300 | 38,4<br>28,1<br>19,1    | 6,6<br>3,3<br>2,8    | 27,3<br>17,9<br>7,2    | 8,5<br>2,3<br>7,1    | 8,9<br>3,3<br>-      | 3,3<br>1,6<br>2,0    | -          | 50,9<br>30,6<br>29,6    | 3,6<br>3,5<br>3,1    | 39,2<br>18,1<br>7,6    | 11,2<br>3,7<br>4,0     | 4,4<br>3,8<br>3,1  | 2,6<br>1,5<br>1,8    | -                      |
| 1 | 1975-<br>1976гг.<br>лицер- | 0-100<br>100-200<br>200-300 | 30,17<br>19,65<br>17,93 | 4,76<br>4,48<br>4,00 | 11,9<br>3,97<br>4,79   | 8,3<br>8,46<br>5,51  | 2,28<br>0,38<br>1,48 | 2,23<br>2,35<br>2,15 | 0,47       | 31,2<br>41,99<br>19,57  | 3,7<br>6,15<br>2,90  | 10,05<br>12,27<br>5,22 | 9,78<br>15,3<br>7,97   | -                  | 4,64<br>6,16<br>2,90 | 2,96<br>1,85<br>0,72   |
| 2 | на                         | 0-100<br>100-200<br>200-300 | 48,89<br>30,85<br>26,03 | 4,07<br>3,13<br>3,48 | 28,1<br>23,17<br>11,38 | 8,37<br>6,68<br>7,25 | 6,42<br>4,08<br>0,87 | 1,92<br>1,67<br>3,04 | -          | 53,40<br>45,12<br>25,01 | 6,78<br>6,66<br>6,64 | 12,97<br>11,65<br>3,19 | 23,9<br>18,7<br>11,3   | -                  | 7,68<br>6,39<br>3,77 | 1,50<br>1,69<br>-      |
| 3 |                            | 0-100<br>100-200<br>200-300 | 51,90<br>25,24<br>13,41 | 5,07<br>5,37<br>4,06 | 30,9<br>7,50<br>2,46   | 9,5<br>7,23<br>5,15  | 3,70<br>2,77<br>0,22 | 2,50<br>2,02<br>1,52 | 0,35       | 57,61<br>48,32<br>20,73 | 5,14<br>6,07<br>2,86 | 15,6<br>16,9<br>3,77   | 25,6<br>17,2<br>8,99   | 0,8<br>2,8<br>0,22 | 8,83<br>5,17<br>2,9  | 1,60                   |
| 4 |                            | 0-100<br>100-200<br>200-300 | 74,9<br>32,26<br>21,24  | 5,05<br>5,68<br>5,29 | 51,4<br>9,28<br>5,94   | 8,51<br>10,6<br>6,16 | 7,22<br>3,81<br>1,88 | 2,32<br>2,86<br>1,96 | -          | 42,67<br>35,84<br>24,00 | 6,18<br>5,84<br>5,44 | 7,16<br>7,78<br>4,86   | 20,6<br>16,11<br>10,22 | -                  | 6,97<br>5,46<br>3,33 | 1,76<br>0,659<br>0,145 |



того вариантов увеличились соответственно: с 139,7 до 167,7 т/га, с 150,6 до 156,5 т/га по плотному остатку и с 6,1 до 8,9 т/га, с 6,0 до 8,7 т/га по хлору. В почвогрунтах первого, третьего и четвертого вариантов суммарный эффект токсичности ионов уменьшился до 0,28–0,58 %, содержание токсичных солей: сульфата натрия – на 20–30 %, хлорида магния – 10–20 %. На участках второго и пятого вариантов запас солей возрос более чем в два раза. Земли из слабозасоленных перешли в разряд средnezасоленных.

Аналогичная картина наблюдается и на участке исследования 1975–1976 гг. Здесь также, как на участке исследования 1973–1974 гг., происходит рассоление почвогрунта на первом, третьем, четвертом вариантах и засоление на втором и пятом вариантах. Только степень рассоления менее значительна, а степень засоления выше, что связано с уменьшением дренированности территории. На участках исследования 1973–1974 гг. фильтрация и дренажный сток за оросительный период составили 10700 м<sup>3</sup>/га, а на участках исследования 1975–1976 гг. – 7300 м<sup>3</sup>/га.

На участке исследования 1975–1976 гг. количество солей в 0–300 см слое почвогрунта за два года уменьшилось на первом варианте с 165,8 до 89,3 т/га по плотному остатку и с 4,4 до 2,8 т/га по хлор-иону, на третьем и четвертом вариантах соответственно: с 112,4 до 94,8 т/га; с 140,5 до 99,2; с 5,7 до 5,5 и с 7,6 до 4,9 т/га. На втором и пятом вариантах количество солей повысилось соответственно: с 163,9 до 220,1 т/га; с 85,6 до 110,2 т/га по плотному остатку и с 3,6 до 9,0; с 3,6 до 8,5 т/га по хлору. На этих вариантах увеличился также суммарный эффект токсичных ионов и содержание токсичных солей: сернокислого натрия и хлористого магния. Почвы второго и пятого вариантов из слабозасоленных перешли в средnezасоленные с содержанием солей в отдельных горизонтах более 1,0 %.

→ Люцерна возделывалась с покровом ячменя. После возделывания риса почва была промыта, процентное содержание солей в 0–300 см слое не превышало 0,220–0,287 % по плотному остатку и 0,006–0,013 % по хлор-иону. После двухлетнего возделывания люцерны на всех вариантах опыта произошло засоление 0–300 см слоя почвогрунта: максимальное (20–22 т/га) – на первом и четвертом вариантах, минимальное (38 т/га) – на втором варианте. На всех вариантах опыта увеличилось содержание токсичных со-



лей сернокислого натрия, хлористого магния, появилась новая соль – хлористый натрий. Земли из незасоленных перешли в среднезасоленные с содержанием хлор-иона до 0,024–0,031 %. Такое засоление обуславливается не только минерализацией поливной воды, но и близким (1,0–1,5 м) залеганием уровня грунтовых вод. Последние частично использовались на сублирригацию и при движении капиллярных и поровых вод к дневной поверхности на суммарное водопотребление происходило накопление солей в почвенном профиле. Минерализация грунтовых вод составляла 3,0–4,7 г/л, тип засоления – сульфатно-натриевый и сульфатно-хлоридный.

Изменения в динамике солевого режима почвогрунта вместе с минерализацией поливной воды сказались и на урожае культур рисового севооборота. Высокие урожаи риса (50,0–54,3 ц/га) получены на первом и четвертом вариантах, где минерализация поливной воды не превышала 2,5 г/л, не отмечалось засоление почвогрунтового профиля; низкие урожаи (25,0–41,0 ц/га) – на втором и пятом вариантах, где минерализация поливной воды превышала 3,0 г/л, происходило засоление почв. На третьем варианте, где объем использования дренажно-сбросной воды на полив риса не превышал 50 % от оросительной нормы, получено 37,0 – 44,7 ц/га; уменьшение по сравнению с контрольным и четвертым вариантами составляло 10–20 ц/га (табл.5).

В период прорастание-всходы и в фазу выметывание-цветение растения риса особенно чувствительны к минерализации поливной воды, в остальные фазы их чувствительность к минерализации поливной воды резко снижается. Результаты опытов показали, что использование дренажно-сбросных вод по четвертому варианту отвечает физиологическим требованиям растений риса, не вызывает снижение урожая с единицы площади и ухудшение мелиоративного состояния орошаемых земель.

Урожай сена люцерны первого года вегетации при орошении дренажно-сбросной водой с минерализацией выше 3,0 г/л снижается на 6 ц/га, второго года – 20 ц/га. Люцерна возделывалась с покровом ячменя, ее урожай на первом варианте (контроль) равен 33,8 ц/га, на втором – 29,8, третьем – 32,0, четвертом – 33,6 ц/га. В 1975 г. после уборки ячменя было произведено два укоса сена люцерны, урожай которого за два укоса на первом и четвертом вариантах составил 65,8 ц/га, на втором –



Таблица 5

## Урожай культур рисового севооборота

| Ва-<br>ри-<br>ан-<br>ты | Куль-<br>тура | Годы | Уро-<br>жай,<br>ц/га | Ороси-<br>тельная<br>норма,<br>тыс. м <sup>3</sup><br>га | Исполь-<br>зова-<br>ние<br>дренаж-<br>ной<br>воды, % | Годы | Уро-<br>жай,<br>ц/га | Относи-<br>тельная<br>норма,<br>тыс. м <sup>3</sup><br>га | Исполь-<br>зование<br>дренаж-<br>ной во-<br>ды, % |
|-------------------------|---------------|------|----------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------|----------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 1                       | Рис           | 1973 | 51,0                 | 25,3                                                     | -                                                    | 1974 | 54,0                 | 25,6                                                      | -                                                 |
|                         |               | 1975 | 54,0                 | 21,4                                                     | -                                                    | 1976 | 53,7                 | 21,3                                                      | -                                                 |
| 2                       | Рис           | 1973 | 28,1                 | 24,5                                                     | 100                                                  | 1974 | 25,0                 | 24,4                                                      | 100                                               |
|                         |               | 1975 | 25,6                 | 20,6                                                     | 100                                                  | 1976 | 25,0                 | 20,7                                                      | 100                                               |
| 3                       | Рис           | 1973 | 37,0                 | 24,4                                                     | 50                                                   | 1974 | 42,0                 | 24,2                                                      | 50                                                |
|                         |               | 1975 | 41,7                 | 20,8                                                     | 50                                                   | 1976 | 44,7                 | 20,6                                                      | 50                                                |
| 4                       | Рис           | 1973 | 50,0                 | 25,2                                                     | 35                                                   | 1974 | 51,2                 | 25,4                                                      | 35                                                |
|                         |               | 1975 | 50,1                 | 21,3                                                     | 35                                                   | 1976 | 49,9                 | 21,1                                                      | 35                                                |
| 5                       | Рис           | 1973 | 32,0                 | 24,4                                                     | 70                                                   | 1974 | 41,0                 | 24,7                                                      | 70                                                |
|                         |               | 1975 | 37,5                 | 20,6                                                     | 70                                                   | 1976 | 37,0                 | 21,0                                                      | 70                                                |
| 1                       | Людера        | 1975 | 65,8                 | 1,8                                                      | -                                                    | 1976 | 123,2                | 4,3                                                       | -                                                 |
| 2                       | Людера        | 1975 | 59,6                 | 1,8                                                      | 100                                                  | 1976 | 108,8                | 4,3                                                       | 100                                               |
| 3                       | Людера        | 1975 | 65,6                 | 1,8                                                      | 50                                                   | 1976 | 128,0                | 4,3                                                       | 50                                                |
| 4                       | Людера        | 1975 | 65,8                 | 1,8                                                      | -                                                    | 1976 | 125,8                | 4,3                                                       | 100                                               |

59,6, третьем - 65,6 ц/га. Урожай сена людерны второго года вегетации за четыре укоса на первом варианте составил 123 ц/га, на втором - 109, третьем - 128, четвертом - 126 ц/га.

Наилучшие показатели по урожаю ячменя, людерны и накоплению корневой массы получены на третьем варианте, где для полива использовалась дренажная вода в смешанном виде с оросительной в пропорции 1:1, и на четвертом варианте, где людерна первого года вегетации поливалась оросительной водой, второго года вегетации - дренажно-сбросной.

В зависимости от климатических условий года, продолжительности оросительного периода, гидрогеологических условий опытных участков оросительная норма риса по годам исследования изменялась от 20600 м<sup>3</sup>/га, ее составляющие элементы: насыщение почвогрунта - 2500-3400, суммарное водопотребление - 10000 - 12000, фильтрация и дренажный сток - 6900-11000 м<sup>3</sup>/га. Ороси-



тельная норма люцерны первого года вегетации составляла 1850 м<sup>3</sup>/га, второго года – 4300 м<sup>3</sup>/га.

### ВЫВОДЫ

1. Применение правильной технологии использования дренажно-сбросных вод на полив риса и ему сопутствующих культур на хорошо дренированной территории за счет искусственного дренажа повышает водообеспеченность рисовых систем на 20–25% без ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель и снижения урожая с единицы площади.

2. Полив риса до полных всходов необходимо производить оросительной водой, затем смешанной – оросительной с дренажно-сбросной в такой пропорции, чтобы общая минерализация воды не превышала 2,5 г/л.

3. Люцерну первого года вегетации необходимо поливать оросительной водой, второго года – дренажно-сбросной, с минерализацией не превышающей 6 г/л. С увеличением минерализации, дренажно-сбросную воду необходимо смешивать с оросительной.

А. Б. Михель  
младший научный сотрудник  
(КазНИИВХ)

### ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА УРОЖАЙ И СУММАРНОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ЛЮЦЕРНЫ

Одна из основных задач в комплексе проводимых исследований по программированию урожая – обоснование достоверной стратегии управления орошением. В связи с этим особенно важно определить рациональный водный режим почвогрунтов зоны аэрации, его оперативный контроль и прогноз в условиях орошаемого земледелия. Решение этих задач необходимо для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, эффективного использования оросительной воды и предупреждения вредных последствий при орошении.

В настоящее время при определении величины суммарного испарения широко используются лизиметрические наблюдения, позволяющие достаточно просто и надежно определить водопотребление



лицерны в зависимости от уровня грунтовых вод и выполнить прогнозирование режима уровня и минерализации грунтовых вод, а также урожая лицерны.

Исследования за влиянием уровня грунтовых вод на урожай и суммарное водопотребление лицерны проводились на Кызыл-Кумском массиве, на второй надпойменной террасе р.Сыр-Дарьи, сложенной аллювиально-луговыми сероземами. Литологический профиль покровных отложений опытного участка состоит из трех основных генетически различных типов отложений. С поверхности залегают светлые сероземы, представленные суглинками и глинами с включением супесей мощностью от 1 до 5 м. Подстилающими породами являются среднеречистые пески серого и темно-серого цвета мощностью от 2,5 до 40-50 м, имеющие повышенное содержание пылеватых частиц с включением отдельных линз из прослоек тяжелого суглинка и глин. Водоупорный горизонт мощностью от 3 до 10 м, состоящий из тяжелых коричневых глин, залегает на глубине 55-60 м.

Тип засоления почв хлоридно-сульфатный и сульфатно-карбонатный, по катионам в поверхностном слое натриево-кальциевый, в нижнем - кальциево-натриевый.

Район исследований относится к подзоне сухой жаркой пустыни и полупустыни. Климат резко континентальный, количество осадков в период вегетации составляет от 10 до 17 мм.

Уровень грунтовых вод на опытном участке в вегетационный период находится на глубине 0,6-1,5 м и 1,5-2 м в межвегетационный период. Минерализация грунтовых вод равна 1,660 г/л.

Исследования на опытном участке рисосовхоза Кызыл-Кумский проводились в круглых металлических лизиметрах площадью 1 м<sup>2</sup> с глухим дном и различным уровнем грунтовой воды. Лизиметры с ненарушенной почвенной структурой были установлены в рисовом чеке в 30 м от скважины вертикального дренажа. Площадка оборудована двумя смотровыми галереями, к каждой из которых подсоединено по 4 лизиметра. Здесь же установлена скважина пьезометр и сосуд ГИ-3000 для определения испарения с водной поверхности.

Суммарное испарение лицерны изучалось при поддержании уровня грунтовых вод на глубине 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 м. Повторность опытов - двукратная. В лизиметрах и на площадке возде-



ливается люцерна для создания микроклиматического фона. В лизиметрах и на опытном участке (площадью 80 га) осуществлялись фенологические наблюдения, учет урожая сена люцерны, отборы проб воды и почвы на химанализ, замеры уровня грунтовых вод и влажности почвогрунта. Долив воды в поддон лизиметров производился ежедневно мерным стаканом в 9 часов. По объему долитой воды рассчитывалось суммарное испарение, которое определялось по формуле:

$$E_0 = M + (Q_3 - Q_0) + P_m^3 / \text{га},$$

где  $E_0$  — суммарное испарение;  
 $M$  — поливная норма за вегетацию;  
 $Q_3$  — количество залитой воды;  
 $Q_0$  — количество отлитой воды;  
 $P$  — осадки в период вегетации.

За период вегетации в лизиметрах производились два полива нормой 600 м<sup>3</sup>/га: первый — в фазу бутонизации, 23 июня; второй — после укоса, 28 августа.

В лизиметрах с одинаковым уровнем грунтовых вод расход воды на испарение с поверхности почвы и транспирацию был почти одинаков, что наглядно видно по суммарным интегральным кривым в лизиметрах Л-5, 6, 7, 8. Кроме того, расход грунтовых вод на суммарное испарение полностью зависит от глубины залегания грунтовых вод и густоты стояния люцерны (рис.1).

Опытами установлено, что суммарное водопотребление однолетней люцерны за вегетационный период изменяется от 1430 мм при глубине залегания грунтовых вод 1 м до 196 мм и при УГВ 2,5 м (табл.).

По данным исследования построена кривая зависимости суммарного испарения от глубины УГВ и выведено уравнение, описывающее характер изменения данной кривой (рис.2).

$$E = 18 - 0,6 X^{1,0792} \quad \text{при } (0,5 < X < 2,5);$$

где  $E$  — суммарное испарение (мм);  
 $X$  — уровень грунтовой воды (м).

Большое влияние на суммарное водопотребление оказывает густота стояния травостоя. Так в лизиметрах № 1 и № 2 при одинаковом уровне грунтовых вод суммарное испарение в первом составило 1430 мм при урожае сена 71 ц/га, во втором — 975 мм при



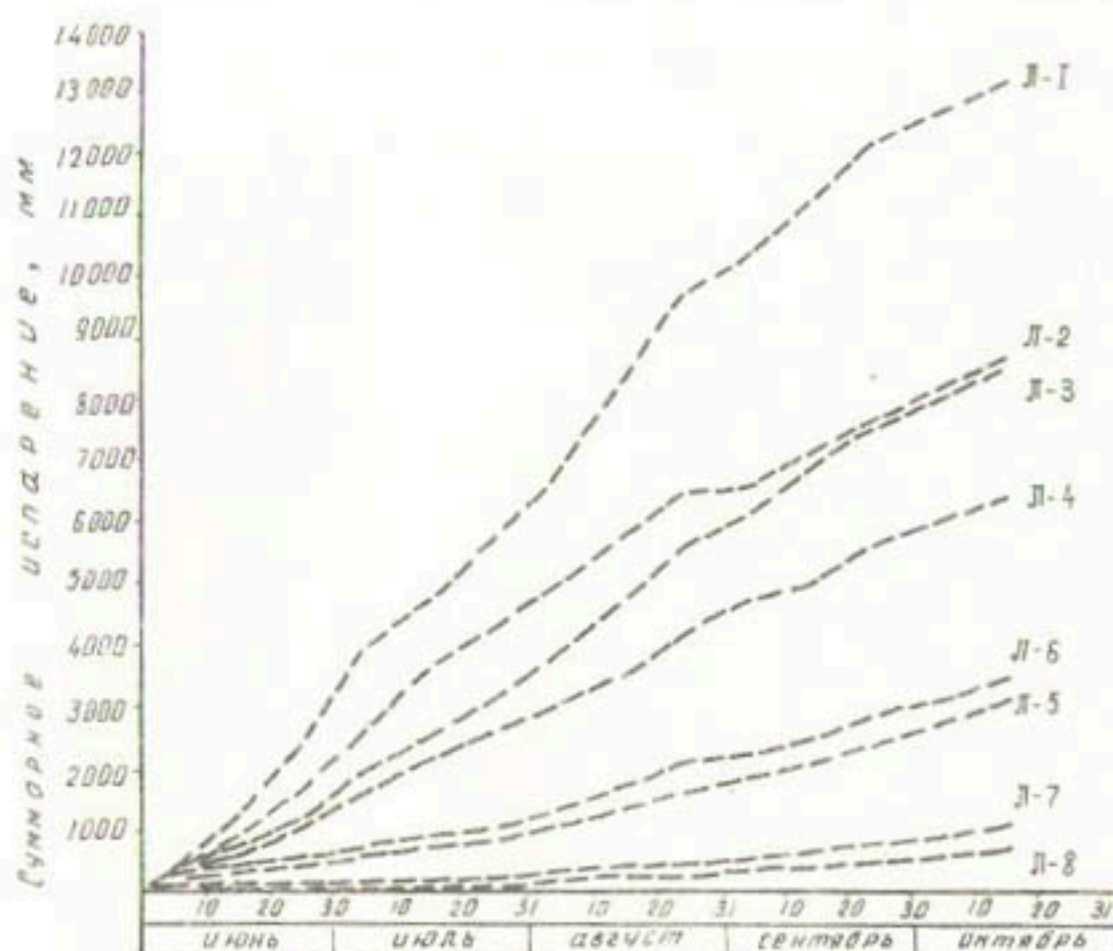


Рис. 1. Интегральные кривые суммарного водопотребления с лизиметров.

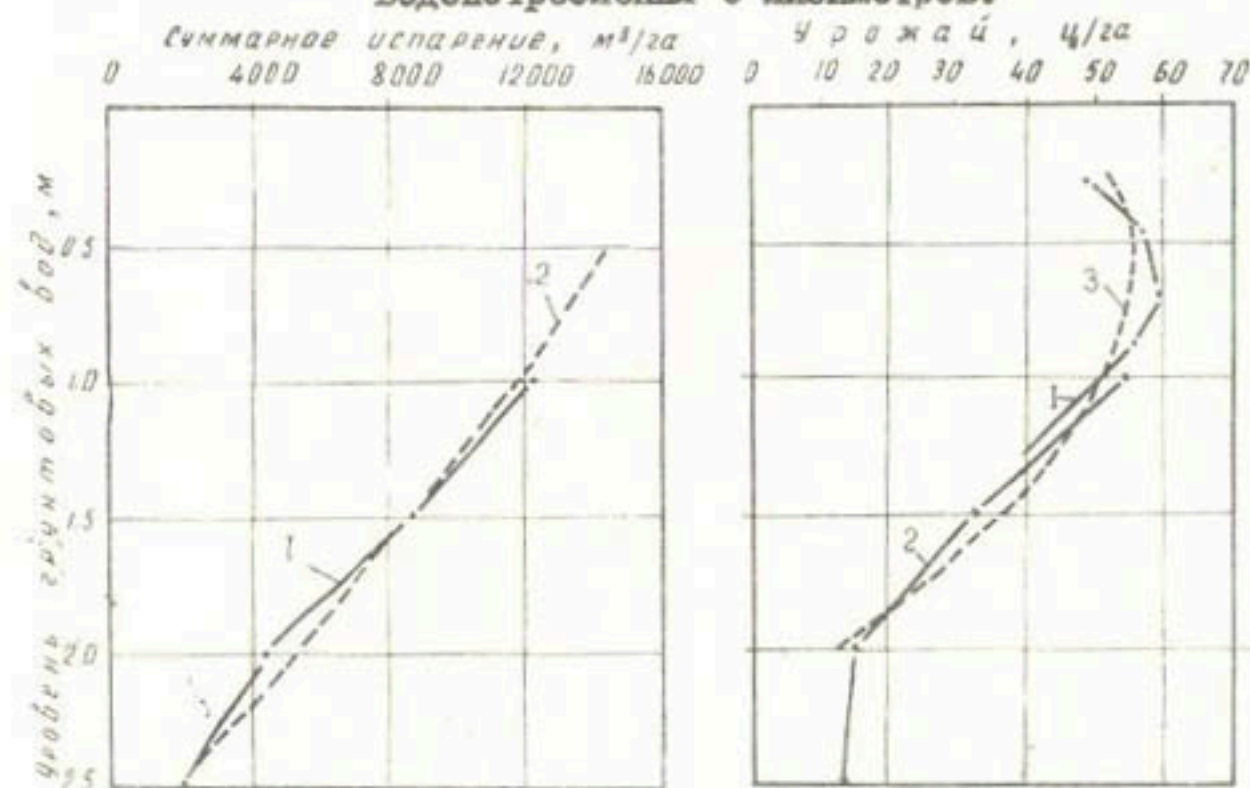


Рис. 2. Суммарное испарение в лизиметрах в зависимости от УГВ

1 - опытная кривая;  
2 - теоретическая кривая.

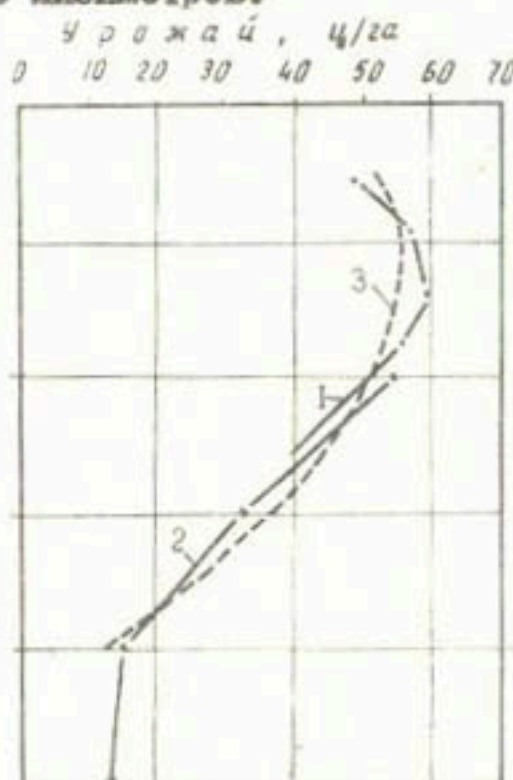


Рис. 3. Урожай люцерны в зависимости от УГВ

1 - на площади 80 га;  
2 - в лизиметрах;  
3 - теоретическая кривая.



Коэффициент водопотребления люцерны

| Лизиметры | УГВ, м | Доллив воды за вегетацию, $\text{м}^3/\text{га}$ | Поливная норма (н), $\text{м}^3/\text{га}$ | Суммарное испарение (Ео), $\text{м}^3/\text{га}$ | Средне-суточное испарение | Урожай сена люцерны, ц/га | Коэффициент водопотребления (К), $\text{м}^3/\text{ц}$ |
|-----------|--------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1         | 1,0    | 13100                                            | 1200                                       | 14300                                            | 136,19                    | 71,37                     | 200,36                                                 |
| 2         | 1,0    | 8550                                             | 1200                                       | 9750                                             | 92,86                     | 38,03                     | 256,38                                                 |
| 3         | 1,5    | 8520                                             | 1200                                       | 9720                                             | 92,85                     | 43,98                     | 221,01                                                 |
| 4         | 1,5    | 6350                                             | 1200                                       | 7550                                             | 71,90                     | 21,43                     | 352,31                                                 |
| 5         | 2,0    | 3140                                             | 1200                                       | 4340                                             | 41,33                     | 14,34                     | 302,65                                                 |
| 6         | 2,0    | 3500                                             | 1200                                       | 4700                                             | 44,76                     | 15,39                     | 305,39                                                 |
| 7         | 2,5    | 1120                                             | 1200                                       | 2320                                             | 30,53                     | 22,84                     | 101,57                                                 |
| 8         | 2,5    | 760                                              | 1200                                       | 1960                                             | 18,67                     | 3,35                      | 585,07                                                 |

урожайности 38 ц/га.

Урожай сена люцерны первого года в лизиметрах и на поле зависит от уровня грунтовых вод. Наибольший урожай (60–71 ц/га) получен при уровне грунтовых вод 1,0 м; при более глубоком их залегании растения ощущают дефицит влаги, и урожай понижается до 10–13 ц/га. При уровне грунтовых вод менее 0,6 м происходит понижение урожая. Это особенно заметно после второго укоса, когда корневая система, развиваясь, доходит до грунтовых вод и начинается процесс вымокания.

По данным лизиметрических и полевых исследований выявлена зависимость урожайности от уровня грунтовых вод и выведено уравнение, описывающее характер изменения данной кривой (рис.3):

$$Y = -21,94X^2 + 25,88X + 47,9, \quad \text{при } (0,5 < X < 2,0);$$

где  $Y$  – урожай люцерны, ц/га;

$X$  – уровень грунтовых вод, м.

Урожай в лизиметрах при одинаковом уровне грунтовых вод несколько выше, чем на поле, что объясняется тем, что при проведении опытов в равных условиях на небольших делянках урожай выше /2/. Эту разницу Д.М. Кап рекомендует учитывать коэффици-



ентом корреляции ( $K_k$ ), который определяется по формуле:

$$K_k = \frac{y_n}{y_\lambda},$$

где  $y_n$  — урожай на поле, ц/га;

$y_\lambda$  — урожай в лизиметрах, ц/га.

При этом учитывается, что уровень грунтовых вод должен быть одинаков. Остальные факторы в лизиметрах и на поле равнозначны.

В период вегетации люцерны грунтовые воды на опытном участке находятся на глубине 0,4–1,8 м. При уровне грунтовых вод 0,7–1,8 м коэффициент корреляции равен 0,9–0,99, при уровне 0,4 – 0,7 м корреляционной зависимости не наблюдается.

По формуле А.Н.Костякова суммарное водопотребление с поля люцерны ( $E$ ), исходя из урожайности ( $y_\lambda$ ), коэффициента водопотребления ( $K_\epsilon$ ) и коэффициента корреляции ( $K_k$ ), по лизиметрическим данным равно:

$$E = K_k \cdot K_\epsilon \cdot y_\lambda, \text{ м}^3/\text{га}.$$

По нашим данным суммарное водопотребление люцерны с поля при уровне грунтовых вод 1,0 м составило 1115 мм, при 1,5 м – 790 мм, при 2,0 м – 450 мм.

### ВЫВОДЫ

Полученные зависимости и уравнения отражают влияние уровня грунтовых вод на урожай и суммарное водопотребление люцерны первого года возделывания и позволяют с достаточно высокой точностью определить участие грунтовых вод в формировании урожая люцерны. В условиях Чарджаринского района на рисовых севооборотах для люцерны первого года наиболее благоприятен уровень грунтовых вод, составляющий 1,0–1,5 м.

### ЛИТЕРАТУРА

1. К о с т я к о в А.Н. Основы мелиорации. Сельхозгиз, М., 1951.
2. Рекомендации по организации, оборудованию и производству наблюдений на воднобалансовых площадках мелиорируемых земель. Под научной редакцией Кац Д.М., Парфенова Н.И. М., 1972.
3. Х а р м а н Г. Современный факторный анализ. Статистика, М., 1972.



Ж.А.Сандыбаев  
старший научный сотрудник  
А.Я.Рабинович  
канд. техн. наук, заведующий отделом  
(КазНИИВХ)

### ИРРИГАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКТ С ПЕРЕМЕННЫМИ ИМПУЛЬСНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ ПУШКАМИ

Успешное решение задач, поставленных XXV съездом КПСС по увеличению производства продукции животноводства в значительной степени зависит от рационального использования кормовых угодий, роста их продуктивности. Для этого целесообразно в предгорных районах юга и юго-востока Казахстана, наряду с использованием богарных весенне-летних пастбищ, создавать орошаемые пастбищно-сенокосные кормовые угодья. Комплексное использование кормовых ресурсов богарных и орошаемых участков позволит круглый год обеспечивать кормами крупный рогатый скот.

Значительная часть рассматриваемой территории характеризуется сложным рельефом и большими уклонами местности (0,08–0,15 и выше), маломощными почвами (до 40 см) с сильнофильтрующими подстилаемыми породами и малodeбитными водными источниками (до 20–30 л/с), а также раздробленностью и мелкоконтурностью (20–40 га) участков.

В этих специфичных условиях серийно выпускаемая дождевальная техника технически не применима из-за большой средне-круговой интенсивности дождя, превышающей 0,15 мм/мин.

Для таких условий наиболее целесообразно применение импульсной дождевальной техники, позволяющей регулировать средне-круговую интенсивность дождя в пределах от 0,002 до 0,1 мм/мин в соответствии с водопроницаемостью почв. Такая техника исключает водную эрозию почвы и позволяет использовать малodeбитные водные источники.

В настоящее время промышленностью освоен выпуск десяти-гектарных сезонно-стационарных комплектов, технические и технологические схемы которых разработаны в КазНИИВХ и ВНПО "Радуга".

Однако для орошения пастбищно-сенокосных кормовых угодий в условиях предгорий необходимо создать полустационарные мобильные ирригационные комплекты, основу которых составляют пе-



ремещаемые импульсные дождевальные пушки (ПИДП), работающие позиционно или в движении с питанием водой из гибкого трубопровода.

В КазНИИВХ разработано несколько принципиальных схем и конструкций передвижных ирригационных комплектов. В состав одного из них входит передвижная насосная станция; например, СНП-75/100; двенадцать дождевальных пушек ПИДП, два намоточных барабана для сбора, транспортировки и раскладки поливных гибких трубопроводов; генератор командных сигналов для управления работой ПИДП; разборный трубопровод, используемый в качестве магистральной линии, длиной 1515 м, в том числе РПШ-180-930 м; РПШ-158А-585 м; гибкий поливной трубопровод на резиноканавной основе на давление 1 МПа, выпускаемый серийно, согласно ГОСТ 8318-57 длиной 1060 м диаметром 70 мм - 450 м, 50 мм - 540 м и 38 мм - 70 м. В качестве разбрызгивающего устройства используются дальнеструйные дождевальные аппараты ДД-80.

Этот модульный комплект рассчитан для одновременного полива 10 га орошаемого участка. За сезон в условиях юга и юго-востока Казахстана он может орошать до 65-70 га культурных пастбищ при межполивном цикле в напряженный период вегетации, равный 10 суткам, поливной норме  $500 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Одна из возможных технологических схем полива комплектом загонов культурных пастбищ представлена на рис. 1. На период вегетации устанавливают насосную станцию с генератором командных сигналов и магистральный разборный трубопровод. Передвигают с позиции на позицию только дождевальные пушки ПИДП и гибкие поливные трубопроводы. Для осуществления полива одну часть комплекта из шести ПИДП располагают на загоне 1, а вторую - на загоне 7. Оба крыла начинают полив одновременно. Для выдачи оросительной воды нормой  $500-600 \text{ м}^3/\text{га}$  комплект работает на одной позиции в течение 2-3 суток. При этом подводимый расход к каждой ПИДП может колебаться в пределах 3-5 л/с. После внесения поливной нормы левое крыло перемещается на загон 2, а правое - на загон 8. Таким образом, перемещая левое крыло комплекта слева направо, заканчивают цикл полива, например, на загоне 6 и переносят его на загон 7. Таким же образом поступают с другой половиной, которую после окончания цикла полива переносят из загона 12 на 1. Затем процесс повторяют.



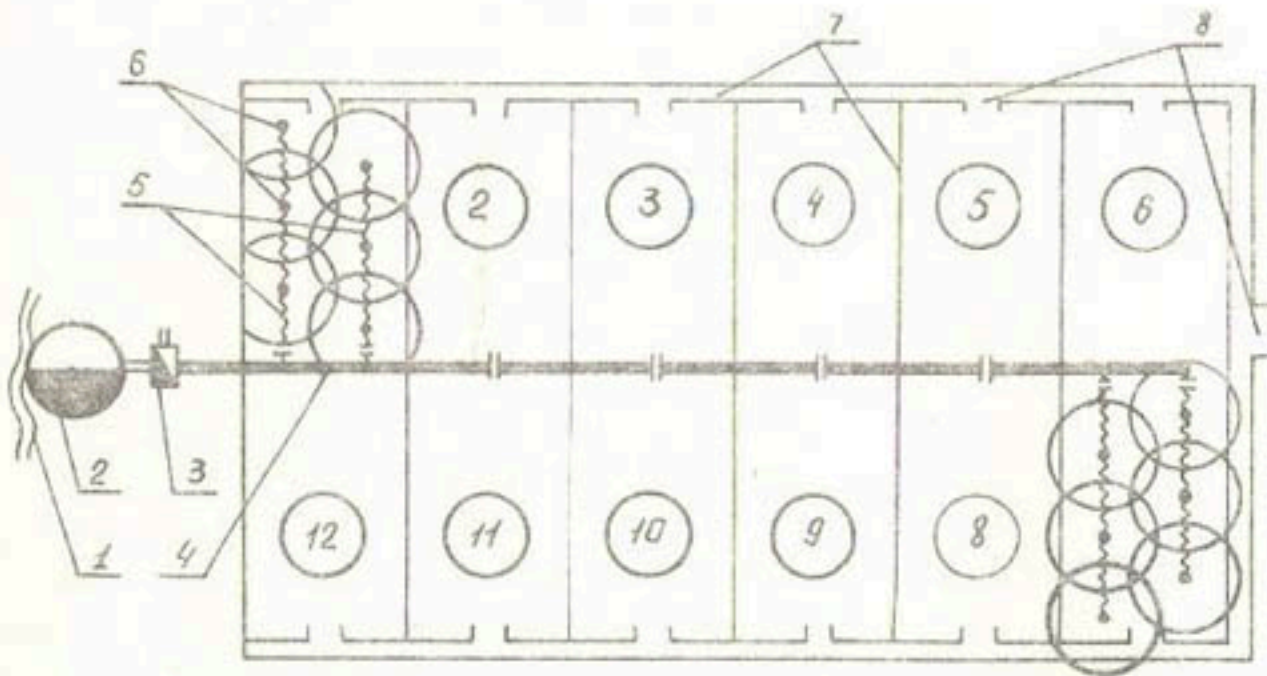


Рис. 1. Технологическая схема полива загонов культурного пастбища ирригационным комплектом с ПИДП:

1-водоисточник; 2-насосная станция; 3-генератор командных сигналов; 4-разборный трубопровод РТШ-180; 5-глубокий разборный трубопровод; 6-импульсные дождевальные пушки ПИДП; 7-постоянная изгородь; 8-скотопрогон.

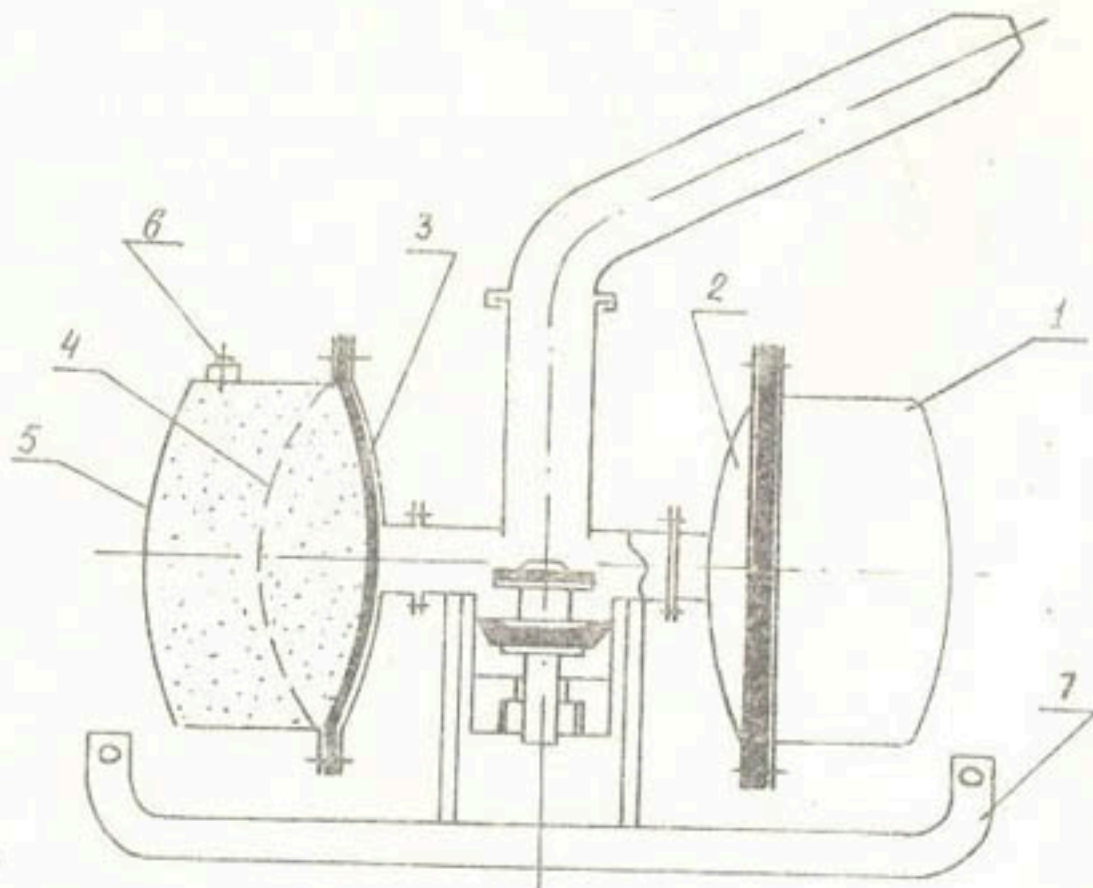


Рис. 2. Схема импульсной дождевальной пушки ПИДП-60-6.



Механизированное перемещение ПИДП и гибких трубопроводов производят с помощью трактора МТЗ и намоточных барабанов.

На рис. 2 представлена конструктивная схема одной из импульсных дождевальных пушек, созданных в КазНИИВХ. На этой установке в качестве ствола применяется серийный дождевальный аппарат ДД-50 и запорный орган, с подсоединенными к нему шесть гидроаккумуляторами I, полезной емкостью 10 л каждый. Такой гидроаккумулятор состоит из крышки 2, эластичной мембраны 3, перегородки 4 и поддона 5. Перегородка служит для ограничения хода мембраны. В ней имеются специальные отверстия для прохода сжатого воздуха под мембрану. Воздух нагнетается в камеру с помощью специального устройства 6. Установка снабжена рамой 7 для навески ее на гидросистему трактора МТЗ.

Техническая характеристика пушки установлена при давлениях начала и конца выстрела, равных соответственно 0,80 и 0,40 МПа при подводимом расходе 1,75 л/с: объем выстрела — 65 л, радиус действия — 55 м, средний диаметр капли — 1,82 мм, коэффициент эффективного полива — 0,62. Габаритные размеры установки — 1515 мм; 1205 мм и 1211 мм, вес — 180 кг.

В КазНИИВХ совместно с ГСКБ по ирригации (г. Ташкент) создана дальнеструйная перемещаемая импульсная дождевальная пушка с одним гидроаккумулятором объемом выстрела на 125 л, способная развивать дальность полета струи до 80 м, которая установлена на одноосный прицеп, имеющий пневматические колеса и четыре винтовые опоры. Заводскими испытаниями установлена работоспособность и надежность основных рабочих органов экспериментального образца. В настоящее время установка проходит ведомственные испытания.

По прогнозным оценкам КБ экспериментальной мастерской КазНИИВХ и ГСКБ по ирригации коэффициент унификации комплекта составляет в целом 0,85, а у дождевальной пушки — 0,72.

Для сравнения эффективности комплекта ПИДП в качестве аналога был взят ДДН-70 с разборной сетью напорных трубопроводов. Годовой экономический эффект от применения ПИДП при нормативном коэффициенте народнохозяйственной эффективности капитальных затрат, равном 0,15, составляет 120 руб/га.



Капитальные затраты на строительство и монтаж оборудования составляют 600–1000 руб/га в зависимости от условий применения ПИДП и ее конструктивных особенностей.

А.Я.Рабинович  
канд. техн. наук, заведующий отделом  
И.Г.Зуб  
старший научный сотрудник  
В.А.Жарков  
аспирант  
(КазНИИВХ)

#### ИМПУЛЬСНОЕ ДОЖДЕВАНИЕ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР НА НИЗКОРОСЛЫХ ПОДВОЯХ

В Казахском НИИ водного хозяйства и Всесоюзном НИИ механизации и техники полива разработаны технологические основы и технические средства синхронного импульсного дождевания, которые в настоящее время проходят производственную проверку. Эти средства позволяют обеспечивать растения водой в течение вегетации в соответствии с ходом их текущего среднесуточного водопотребления. Принципом работы системы обеспечивается одновременное срабатывание на ней всех дождевателей при подаче командных импульсов давления по сети поливных трубопроводов. Импульсные дождеватели способны нормально функционировать при подводимом расходе 0,01–0,5 л/с, обеспечивая при этом радиус действия до 30 м. Это позволяет резко уменьшить диаметры трубопроводной сети системы по сравнению с системами, оснащенными обычными дождевальными аппаратами непрерывного действия, и тем самым снизить капитальные затраты на строительство дождевальных систем до 1000–1200 руб/га при полной автоматизации полива.

Для орошения яблоневого сада на низкорослых подвоях в совхозе им. Джамбула Джамбулской области была построена опытно-производственная система синхронного импульсного дождевания на площади 10,5 га. Схема оросительной сети системы представлена на рис. 1.

Насосная станция 7 подает оросительную воду в магистральный 3 и распределительный 4 трубопроводы, от которых на



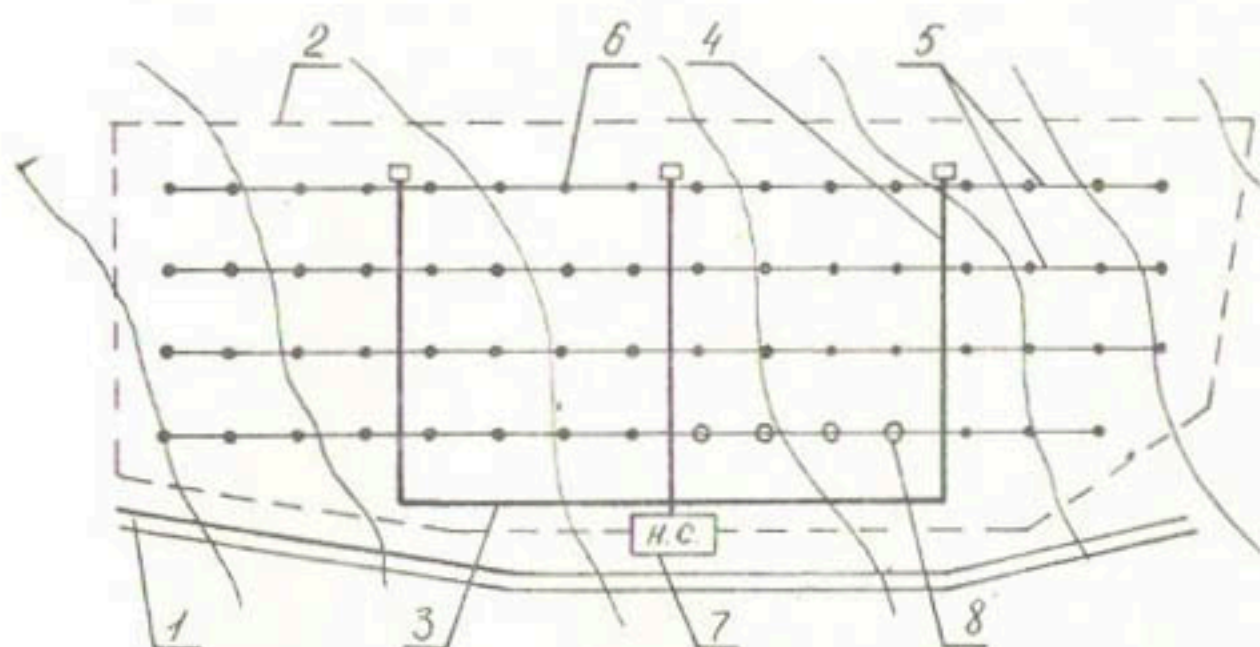


Рис.1. Схема системы в плодвинсовхозе им.Джамбула Джамбулской области: 1-лотковый распределитель; 2-граница орошаемого поля; 3,4,5-магистральные распределительный и поливной трубопроводы; 6-импульсный дождеватель; 7-насосная станция; 8-дождевательный аппарат "Роса-3".

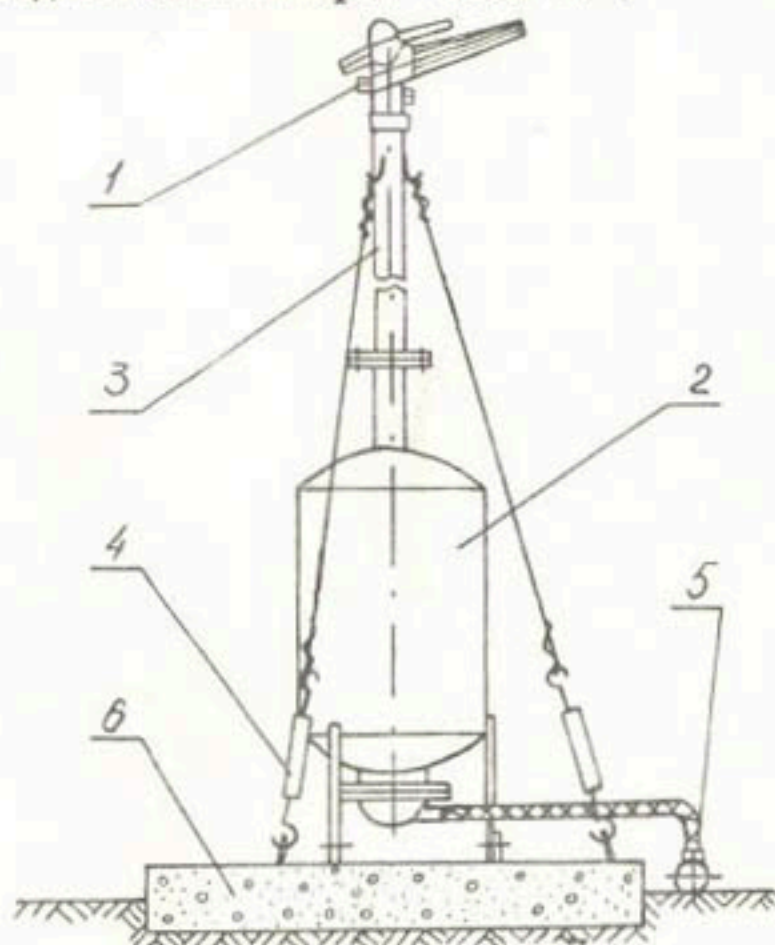


Рис.2. Импульсный дождеватель для надкоронового полива плодовых деревьев: 1-дождевательный аппарат "Роса-3"; 2-пневмогидроаккумулятор; 3-водовыводная труба; 4-растяжки; 5-поливной трубопровод; 6-железобетонная плита.



участки отходят стальные поливные трубопроводы 5 диаметром 25–32 мм. Магистральный и распределительный трубопроводы выполнены из стальных труб диаметром 50–70 мм. На системе установлено 63 импульсных гидроуправляемых аппарата (рис.2). Между ними на поливном трубопроводе принято расстояние, равное 48 м, а между поливными трубопроводами – 36 м. В насосной станции установлено два насосных агрегата типа ЦНС–38–88 мощностью 17 квт, из них один резервный.

В 1977–1978 гг. на системе были проведены полевые исследования по изучению влияния импульсного дождевания на рост и развитие яблонь сорта "Золотое превосходное" на карликовом подвое парадизка IX посадки 1973 г.

Район исследований относится к засушливой жаркой зоне предгорий и сглаженных низогорий. Гидротермический коэффициент равен 0,7–1,0, сумма положительных температур выше  $10^{\circ}$  составляет 3400–3600 $^{\circ}$ . Средняя годовая температура изменяется от 7 до  $10^{\circ}$ . Абсолютные максимальные температуры достигают  $+45^{\circ}$ , а минимальные падают до  $-45^{\circ}$ . Среднегодовая сумма осадков за год составляет 220–290 мм, а за период с температурой выше  $10^{\circ}$  – соответственно 80–120 мм /1/.

Почвы объекта исследований представлены сероземами обыкновенными с содержанием гумуса от 1,5 до 1,9 %. Формируются они на проаллювиальных отложениях, представленных суглинками с объемной массой метрового слоя 1,48 г/см<sup>3</sup>; содержащих в большинстве случаев гальку и щебень. Объемная масса полуметрового слоя почвы равна 1,43 г/см<sup>3</sup>. Грунтовые воды на участке исследований залегают на глубине более 5 м. Почвы слабо водопроницаемы, не засолены, но проявляется солонцеватость (наличие  $\text{HCO}_3$ ). Средняя величина предельной полевой влагоемкости в метровом слое составляет 22,2 % и в полуметровом слое соответственно 25,4% по отношению к весу абсолютно сухой почвы.

Полевой опыт был поставлен по следующей схеме:

Вариант I – ежедневное круглосуточное импульсное дождевание;

Вариант II – ежеледекадный полив обычным дождеванием аппаратами "Роса-3".

Среднедекадная норма воды, подаваемая на участок импульсного дождевания, определялась по водному испарителю ГИ-3000



и корректировалась расчетным методом по формуле А.Н.Костякова. Продолжительность внесения необходимой поливной нормы за каждые сутки регулировалась удельной водоподачей (частотой рабочих циклов импульсных дождевателей). Поливная норма на варианте обычного дождевания определялась по значению влажности почвы перед каждым поливом. Контроль объема поданной воды производился с помощью дождемеров. Поливы не осуществлялись в дни с достаточной водообеспеченностью при скорости ветра более 5 м/с при проведении агротехнических мероприятий, а иногда и по организационно-хозяйственным причинам (отключение электроэнергии, устранение отказов оборудования дождевальной установки).

На опытном участке проводились наблюдения за динамикой влажности почвы, климатическим режимом, приростом однолетних побегов, урожайностью и др. Методика проведения опыта разработана на основании общепринятых норм и правил проведения полевых опытов.

Проведение регулярных поливов на вариантах опыта было начато в 1977 г. с 3 мая и в 1978 г.; в связи с достаточной влагообеспеченностью почвы за счет осадков, с 15 июня. Число поливов, поливные и оросительные нормы за годы исследований приведены в табл.2.

Влажность почвы на начало проведения поливов находилась на уровне 82-90 % ППВ. Динамика влажности почвы по вариантам опыта за наблюдаемый период представлена на рис. 3. На варианте импульсного дождевания влажность полуметрового слоя почвы изменялась от 75 до 88 % ППВ. На варианте ежедневного полива сада обычным дождеванием она изменялась от 69-72 % ППВ до 101-106 % ППВ. Анализ результатов наблюдений за динамикой влажности почвы свидетельствует о том, что при поливе импульсным дождеванием обеспечивается более стабильная влажность почвы на протяжении вегетации без резких колебаний этого показателя в межполивные периоды, присущих "периодичным" поливам.

При проведении полевых исследований проводились наблюдения и за показателями микроклимата орошаемого поля. Значения температуры и влажности воздуха на разноорошаемых участ-



I46

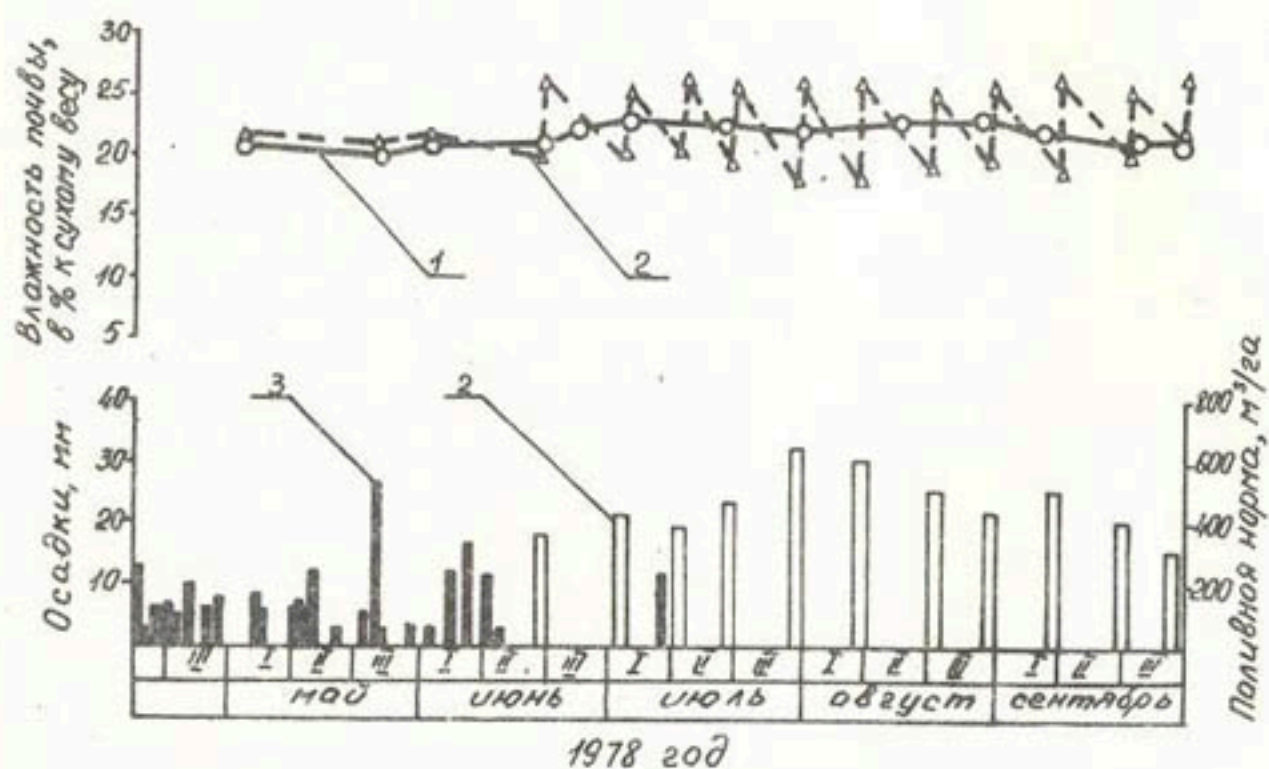
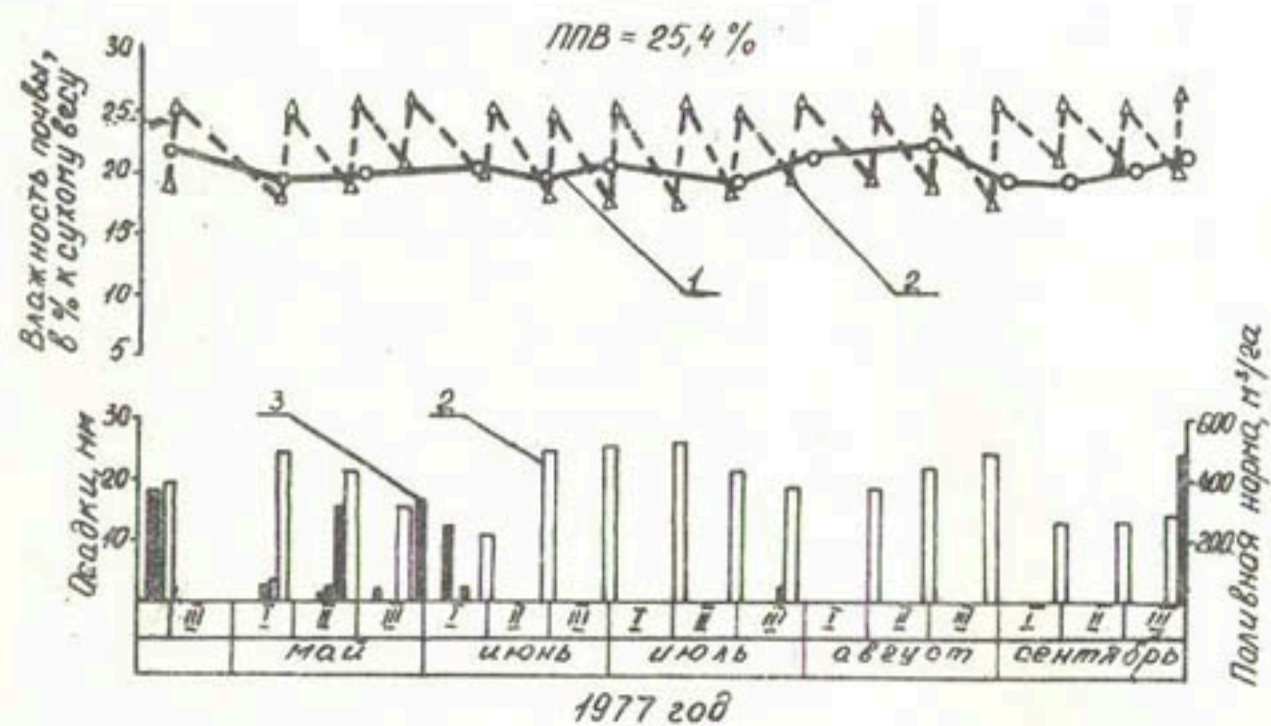


Рис.3. Динамика влажности почвы в подуметровом слое:

- 1 - круглосуточный полив импульсным дождеванием;
- 2 - ежедекадный полив обычным дождеванием;
- 3 - осадки.



ках в 13–14 часов приведены на рис. 4. Лучшие показатели микроклимата наблюдались на участке импульсного дождевания. Разность температур между вариантами опыта достигала  $3,2^{\circ}$ , а разность между значениями влажности воздуха – 20–25 %. В дни проведения поливов на участке обычного дождевания эти показатели нивелировались с показателями на участке импульсного дождевания.

Одним из показателей микроклимата является температура почвы. Проведенные наблюдения за динамикой теплового режима почвы показали, что в слое 0–20 см температура почвы на варианте импульсного дождевания в жаркие часы суток была на  $1-3^{\circ}$  ниже, чем на варианте обычного дождевания. Максимальные изменения температуры происходили в слое 0–5 см. Разность в температуре почвы на разносорощаемых участках в этом слое достигала  $6,5^{\circ}\text{C}$ .

Ежедневно поддерживаемая влажность полуметрового слоя почвы на уровне 75–88 % ШВ в течение вегетации и лучшие показатели микроклимата на варианте импульсного дождевания позволили создать благоприятные условия для роста и развития яблонь. Прирост однолетних побегов на участке импульсного дождевания в 1977 г. составлял 42 см, в 1978 г. – 51 см, на участке обычного дождевания – соответственно 35 и 37 см.

В процессе проведения полевого опыта осуществлялся учет технологических операций по возделыванию плодового сада и путем хронометража определялись затраты труда на проведение этих операций. Так, затраты труда на обработку сада нитрофеном механизированным способом составили 1,25 чел.ч на 1 га и 0,078 маш.смены. На варианте обычного дождевания в 1977 г. было проведено 15 послеполивных культиваций (рыхлений). Трудозатраты при этом равнялись 8,43 чел.ч на 1 га и 1,05 маш.смены. На варианте импульсного дождевания было проведено всего три междурядных обработки: по одной обработке в начале и конце, одна в середине вегетации. Эти обработки проводились в основном с целью уничтожения сорняков. Затраты труда при этом составили 2,25 чел.ч на 1 га. При внесении поливных норм на варианте импульсного дождевания лужеобразования и стока не наблюдалось.



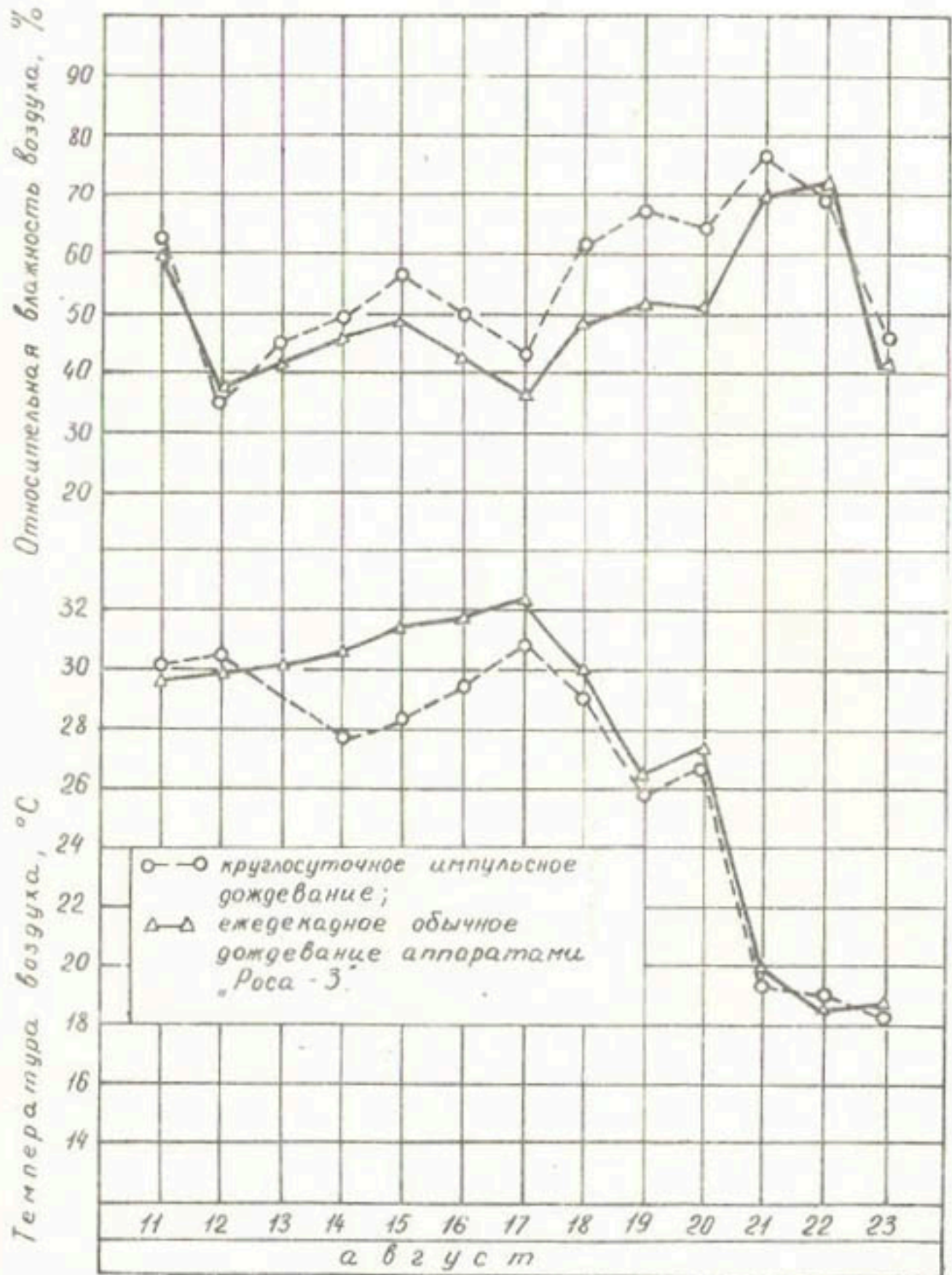


Рис.4. Относительная влажность и температура воздуха на высоте 1 м в 13 часов (опыт 1978 г.)



## Агрегатный анализ почвы на опытных участках (опыт 1977 г.)

| Дата  | Вариант<br>опыта                                                      | Количество<br>обработок | Размеры фракций , мм |       |        |               |               |                | Коэффи-<br>циент<br>струк-<br>турности |       |        |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------|-------|--------|---------------|---------------|----------------|----------------------------------------|-------|--------|
|       |                                                                       |                         | 5-3                  | 3-1   | 1-0,25 | 0,25-<br>0,05 | 0,05-<br>0,01 | 0,01-<br>0,005 |                                        |       |        |
| 31.05 | Ежедневное<br>круглосуточ-<br>ное импульс-<br>ное дождева-<br>ние     | 3                       | -                    | 0,305 | 2,807  | 92,341        | 3,875         | 0,284          | 0,125                                  | 0,006 | 0,0322 |
| 26.10 |                                                                       |                         | 0,235                | 0,879 | 4,110  | 93,606        | 0,825         | 0,145          | 0,192                                  | 0,008 | 0,0551 |
| 31.05 | Ежедекадный<br>полив обычным<br>дождеванием<br>аппаратами<br>"Роса-3" | 15                      | -                    | 0,744 | 3,776  | 95,579        | 1,367         | 0,321          | 0,153                                  | 0,060 | 0,0464 |
| 26.10 |                                                                       |                         | 0,361                | 0,663 | 1,590  | 95,836        | 1,057         | 0,218          | 0,255                                  | 0,020 | 0,0268 |



Интересным является и тот факт, что структурность почвы на участке импульсного дождевания к концу вегетации улучшилась по сравнению с начальным ее состоянием (до поливов). Об этом свидетельствуют данные агрегатного анализа почвы (табл. I). На варианте обычного дождевания структурность почвы в слое 0,2 м изменилась в худшую сторону. Так, если перед поливами коэффициент структурности /2/ почвы имел значение  $K = 0,0464$ , то в конце вегетации (после поливов) он составил  $K = 0,0268$ . Исходя из вышесказанного можно сделать следующее заключение. При ежедневном импульсном дождевании ма-лины (20–80 м<sup>3</sup>/га) поливными нормами нет необходимости проводить послеполивные междурядные обработки с целью рыхления почвы, как это требуется при "периодичных" поливах обычным дождеванием нормой 300–800 м<sup>3</sup>/га. Обработки необходимо проводить только с целью уничтожения сорняков.

Таблица 2

Водопотребление и урожай яблонь при импульсном дождевании

| Показатели                                   | Ежедневное круг-<br>лосуточное им-<br>пульсное дожде-<br>вание |         | Ежедекадные<br>полив обыч-<br>ным дождева-<br>нием |         |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------------|---------|
|                                              | 1977 г.                                                        | 1978 г. | 1977 г.                                            | 1978 г. |
| Количество поливов                           | 131                                                            | 93      | 16                                                 | 11      |
| Поливная норма, м <sup>3</sup> /га           | 20–86                                                          | 27–77   | 200–550                                            | 300–750 |
| Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га       | 6100                                                           | 4806    | 6200                                               | 5120    |
| Осадки за вегетацию, м <sup>3</sup> /га      | 793                                                            | 2000    | 793                                                | 2000    |
| Общее водопотребление, м <sup>3</sup> /га    | 6753                                                           | 7186    | 6923                                               | 7100    |
| Урожайность, ц/га:                           |                                                                |         |                                                    |         |
| а) без учета хозяйственно<br>годной падалицы | 44,7                                                           | 135,8   | 27,5                                               | 102,0   |
| б) с учетом хозяйственно<br>годной падалицы  | 51,2                                                           | 157,0   | 41,5                                               | 131,0   |
| Удельное водопотребление, м <sup>3</sup> /ц  | 132,0                                                          | 45,8    | 167,0                                              | 54,2    |

Примечание. В 1977 г. (первом году плодоношения) плодоносило до 40 % деревьев.



Величина суммарного водопотребления яблонь на варианте импульсного дождевания в 1977 г. составила  $6753 \text{ м}^3/\text{га}$  и в 1978 г. —  $7186 \text{ м}^3/\text{га}$ , в то время как на варианте ежедекадного полива обычным дождеванием — соответственно 6923 и  $7100 \text{ м}^3/\text{га}$ . Общее водопотребление подсчитывалось как сумма оросительных норм, осадков за вегетацию и запасов влаги на начало и конец вегетации.

Урожай яблонь определялся сплошным методом. Данные по урожайности суммарному и удельному водопотреблению приведены в табл.2.

Средний вес плода, выращенного в условиях ежедневного импульсного дождевания, составил 125 г, что на  $27,7\%$  выше веса плода, выращенного в условиях обычного дождевания (97,8г).

### ВЫВОДЫ

Более благоприятные искусственно созданные микроклиматические условия, оптимальная влажность почвы на участке ежедневного круглосуточного импульсного дождевания стимулировали ростовые процессы плодовых деревьев и позволили получить прибавку к урожайности плодов до  $35\%$  по сравнению с вариантом ежедекадного полива сада обычным дождеванием.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматический справочник по Джамбулской области, "Гидрометеиздат", Л., 1961.
2. Бондаренко Н.Ф. Физические основы мелиорации почв. "Колос", Л., 1975.



Н.Б.Атшабаров  
аспирант  
(КазНИИВХ)

## К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДОПОДАЧИ НА РИСОВОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Введение автоматизации водораспределения — один из важных этапов в создании технически совершенных конструкций рисовых оросительных систем (РОС). Для оснащения гидротехнических сооружений внутрихозяйственной сети РОС средствами регулирования водоподачи, ввиду их многочисленности и рассредоточенности, на значительной площади целесообразно использовать устройства гидравлического действия /1,2/.

Рассмотрим внутрихозяйственную сеть рисовой системы, включающую групповой и картовые оросители, а также рисовые чеки. Как правило, указанное звено РОС составляет одно поле рисового севооборота, что позволяет путем оснащения сооружений техническими средствами регулирования создать автоматизацию водораспределения на отдельных звеньях РОС.

Для реализации поставленной задачи, нами произведен анализ внутрихозяйственной оросительной сети, сооружений на них и водного режима рисовых полей на примере Акдалинского массива орошения.

Общие сведения о массиве. Акдалинский массив орошения площадью более 15 тыс.га расположен в низовьях р.Или и включает Тас-Мурунскую, Акдалинскую РОС, а также ряд отдельных рисовых севооборотов. В перспективе предусмотрено увеличить рисовый комплекс до 52 тыс.га, чему благоприятствует Капчагайское водохранилище на р.Или емкостью 28 млрд.м<sup>3</sup>.

Характеристика параметров РОС. Основными показателями РОС для оценки возможности создания оперативного управления водораспределением средствами гидроавтоматики являются: гидравлические перепады на сооружениях, параметры оросителей и сооружений, размеры и число чеков в рисовой карте, режим водопотребления рисовых полей и др.

Анализ перечисленных показателей РОС произведен по проектным материалам /3/ и частичном натурном обследовании фактического состояния массива орошения на площади 11 тыс.га. Характеристики параметров РОС приведены в таблице.



Характеристика параметров РОС

| Показатели                                           | Тас-Мурун-<br>ская РОС<br>$F = 2000 \text{ га}$ | Акдалин-<br>ская РОС<br>$F = 5000 \text{ га}$ | Отдельные<br>сеевооборо-<br>ты<br>$F = 1,000 \text{ га}$ | Всего по<br>массиву<br>$F = 11000 \text{ га}$ |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Общее число рисовых карт, шт.                        | 134                                             | 342                                           | 287                                                      | 763                                           |
| Распределение карт по числу чеков, в %               |                                                 |                                               |                                                          |                                               |
| Количество чеков в рисовой карте                     |                                                 |                                               |                                                          |                                               |
| 1-2                                                  | 0,7                                             | 0,6                                           | 4,2                                                      | 2,0                                           |
| 3-4                                                  | 9,7                                             | 27,8                                          | 8,4                                                      | 17,2                                          |
| 5-6                                                  | 32,8                                            | 34,8                                          | 30,0                                                     | 32,6                                          |
| 7-8                                                  | 17,9                                            | 23,7                                          | 41,5                                                     | 29,4                                          |
| 9-10                                                 | 20,9                                            | 9,9                                           | 15,0                                                     | 13,7                                          |
| 11-12                                                | 6,8                                             | 3,2                                           | 1,0                                                      | 3,0                                           |
| 13-14                                                | 5,2                                             | -                                             | -                                                        | 1,0                                           |
| 15                                                   | 6,0                                             | -                                             | -                                                        | 1,1                                           |
| Распределение карт по площади, в %                   |                                                 |                                               |                                                          |                                               |
| Интервалы площадей рисовых карт                      |                                                 |                                               |                                                          |                                               |
| 0-5                                                  | 0,7                                             | 0,6                                           | 2,4                                                      | 1,3                                           |
| 6-10                                                 | 21,6                                            | 19,9                                          | 6,0                                                      | 14,9                                          |
| 11-15                                                | 31,3                                            | 37,1                                          | 28,9                                                     | 33,1                                          |
| 16-20                                                | 26,2                                            | 23,7                                          | 42,9                                                     | 31,3                                          |
| 21-25                                                | 18,7                                            | 17,3                                          | 16,0                                                     | 17,0                                          |
| 25-30                                                | 1,5                                             | 1,5                                           | 3,8                                                      | 2,4                                           |
| Распределение оросителей по протяженности, в %       |                                                 |                                               |                                                          |                                               |
| Число оросителей шт.                                 | 72                                              | 164                                           | 194                                                      | 430                                           |
| Интервалы протяженности оросителей, км.              |                                                 |                                               |                                                          |                                               |
| 0,3                                                  | 1,4                                             | -                                             | 3,1                                                      | 1,6                                           |
| 0,3-0,4                                              | 5,6                                             | 6,1                                           | 1,5                                                      | 4,0                                           |
| 0,4-0,6                                              | 19,4                                            | 22,0                                          | 10,9                                                     | 16,6                                          |
| 0,6-0,8                                              | 23,6                                            | 28,1                                          | 23,8                                                     | 25,4                                          |
| 0,8-1,0                                              | 16,7                                            | 21,3                                          | 32,5                                                     | 25,4                                          |
| 1,0-1,2                                              | 22,2                                            | 12,2                                          | 18,0                                                     | 16,6                                          |
| 1,2-1,5                                              | 11,1                                            | 8,5                                           | 8,2                                                      | 8,8                                           |
| 1,5-1,8                                              | -                                               | 1,8                                           | 2,0                                                      | 1,6                                           |
| Распределение ГТС по перепадам, в %                  |                                                 |                                               |                                                          |                                               |
| Число сооружений шт.                                 | 72                                              | 164                                           | 194                                                      | 430                                           |
| Интервалы гидравлических перепадов на сооружениях, м |                                                 |                                               |                                                          |                                               |
| 0,05-0,10                                            | 29,2                                            | 26,8                                          | 11,3                                                     | 20,2                                          |
| 0,11-0,20                                            | 25,0                                            | 25,6                                          | 19,1                                                     | 22,6                                          |
| 0,21-0,30                                            | 19,4                                            | 16,5                                          | 22,7                                                     | 19,8                                          |
| 0,31-0,40                                            | 9,7                                             | 11,6                                          | 16,5                                                     | 13,5                                          |
| 0,41-0,50                                            | 8,3                                             | 8,5                                           | 12,9                                                     | 10,5                                          |
| 0,51-0,70                                            | 4,2                                             | 6,7                                           | 10,3                                                     | 7,8                                           |
| 0,71-1,00                                            | 4,2                                             | 4,3                                           | 5,7                                                      | 4,9                                           |
| 1,00-1,50                                            | -                                               | -                                             | 1,5                                                      | 0,7                                           |



Площади чеков на массиве весьма различны и изменяются в пределах 0,5–4,0 га. Однако, площадь большинства чеков составляет от 1,8 до 2,6 га, а количество чеков на рисовой карте – 5–8 шт. и, если учесть, что оросители в основном двухстороннего командования, то один картвый ороситель подает воду на 12–16 рисовых чеков. Площади рисовых карт на массиве изменяются от 11 до 20 га.

Важным показателем РОС является протяженность оросителей, длина которых на массиве изменяется от 300 до 1800 м. Длина большинства оросителей достигает 600–1000 м.

Главным условием при создании гидравлической автоматизации является наличие необходимых перепадов на сооружениях. Из анализа данных таблицы следует, что более чем на 60 % сооружений действующие перепады составляют менее 0,30 м.

Рассматривая водный режим рисовых полей необходимо выделить два периода: затопления рисовых полей и поддержания слоя воды в них. Период затопления рисовых полей характеризуется кратковременностью и подачей максимальных расходов воды, так как в это время основным условием является насыщение почвогрунта и создание слоя воды на поле. В период поддержания слоя воды, то есть основное время вегетационного периода, расходы воды минимальны и имеют величины в несколько раз меньше, чем в период затопления. При этом параметры сооружений рассчитаны на пропуск форсированных расходов воды и подача ее производится при полностью открытых отверстиях водовыпусков, а в вегетационный период регулирующие щитовые затворы сооружений почти полностью их перекрывают при незначительных открытиях.

Следует отметить, что расходы воды с рисового поля складываются в основном из испарения с водной поверхности, транспирации и общей фильтрации. Если величины испарения и транспирации изменяются как в течение суток, так и на протяжении вегетации, то общая фильтрация имеет постоянную величину в течение суток и сохраняет относительную стабильность за вегетационный период /4/. Следовательно, составляющие расходов воды с рисового поля можно подразделить на постоянную и переменную во времени величины (рис.1).



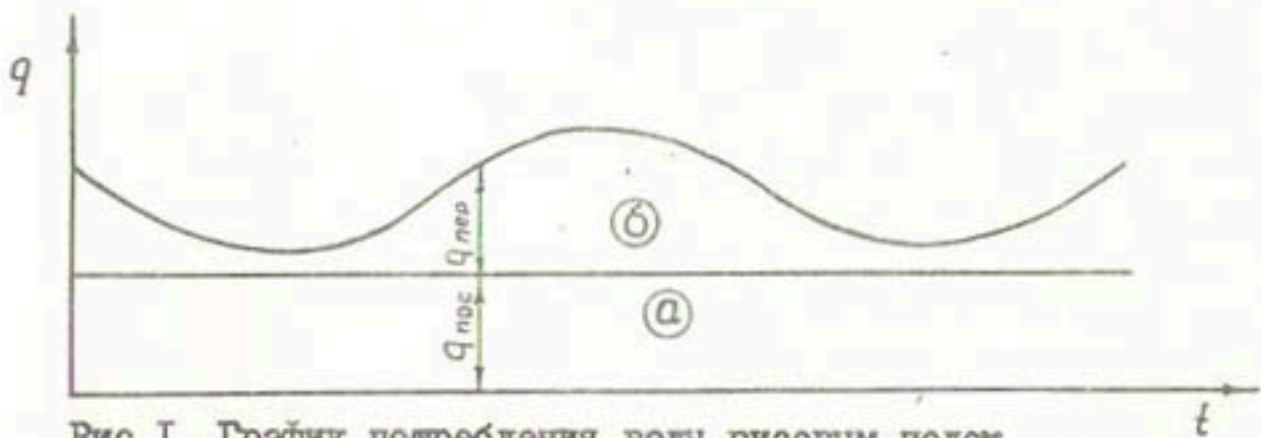


Рис.1. График потребления воды рисовым полем  
Постоянные (a) и переменные (б) во времени  
составляющие расходов воды.

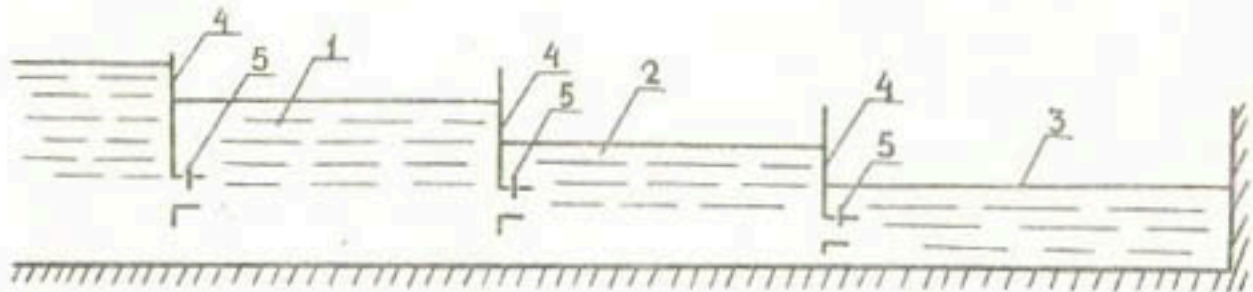


Рис.2. Схема регулирования водоподдачи  
1 — распределитель; 2 — ороситель; 3 — рисовый чек;  
4 — щитовые затворы; 5 — регулирующие затворы.

Таким образом, характеризуя параметры РОС из условия создания автоматизации водораспределения следует отметить:

1. Площади севооборотных полей РОС достигают 80–100 га. Оросительная сеть включает групповой распределитель, 3–4 картонных оросителя двухстороннего командования. Протяженность оросителей составляет 600–1000 м, уклон дна — 0,0001–0,0003, средняя площадь чеков — 1,8–2,6 га, их количество на одном поле — 35–50.

2. Гидравлические перепады на большинстве водовыпускных сооружений в оросителях и рисовых чеках имеют минимальные величины.

3. Период затопления рисовых полей характеризуется кратковременностью и максимальными расходами воды, а период поддержания слоя — продолжительностью и минимальными расходами.



4. Основные составляющие расходов воды с рисового поля подразделяются на постоянные и переменные во времени величины.

При управлении водораспределением на РОС средствами гидроавтоматики предлагается метод регулирования, основанный на разделении подаваемого расхода на постоянную и переменную во времени составляющие.

Как известно [4], подача воды на рисовые поля может осуществляться по двум схемам: прерывистой и непрерывной. Из условия обеспечения более равномерного режима работы оросительной сети проф. Жулаев Р.М. рекомендует схему с непрерывной подачей воды. При этом уравнение водного баланса рисового поля примет вид:

$$\int_0^{T_1} |q_s - f(t)| dt = \int_{T_1}^{T_2} |f(t) - q_s| dt, \quad (1)$$

где  $q_s$  — расход водоподачи;  
 $f(t)$  — расход водопотребления.

При анализе составляющих водопотребления было отмечено, что они имеют различный характер во времени, т.е.

$$f(t) = q_f + f'(t), \quad (2)$$

где  $q_f$  — постоянное во времени потребление;  
 $f'(t)$  — переменное во времени потребление.

Тогда расход водоподачи, также можно разделить на постоянные и переменные величины:

$$q_s = q_n + q(t). \quad (3)$$

В результате условие регулирования водоподачи в принятой схеме водораспределения выражается зависимостями:  $q_n = q_f$ ;

$$\int_0^{T_1} |q(t) - f'(t)| dt = \int_{T_1}^{T_2} |f'(t) - q(t)| dt. \quad (4)$$

Оросительная сеть отдельного звена РОС (рис.2) включает групповой распределитель 1, картонные оросители 2, рисовые чеки 3 и гидротехнические сооружения на них, оснащенные щитовыми затворами 4, а также регулируемыми затворами 5 автоматических устройств. При необходимости водосбросные сооружения из чеков оснащаются сбросными авторегуляторами.

Регулирование водоподачи осуществляется следующим образом. Затопление рисовых полей производится при полностью открытых отверстиях сооружений. Затем плоские щитовые затворы 4 во-



довыпусков в распределитель, оросители и рисовые чеки устанавливаются на определенные открытия с расходом, равным постоянным составляющим водопотребления, дифференцированно от подвешенной площади орошения. А переменная во времени часть водопотребления восполняется через отверстия, перекрываемые регулирующими затворами средств гидроавтоматики с поддержанием заданных уровней воды в регулируемых бьефах.

Следует отметить, что приведенный метод регулирования был проверен в натурных условиях на Акдалинском массиве орошения на площади 80 га, что свидетельствует о возможности применения системы регулирования с разделением подаваемого расхода на постоянные и переменные составляющие.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. З а й ц е в В.Б. Рисовая оросительная система. Изд. 3-е, М., "Колос", 1975.
2. Б о ч к а р е в Я.В. Принципы и схемы комплексной автоматизации низового звена рисовых оросительных систем. В книге "Механизация и автоматизация оросительных систем и технология орошения сельскохозяйственных культур", Фрунзе, 1974.
3. Комплексный техно-рабочий проект Акдалинского массива орошения в Алма-Атинской области. Фонды института "Казгипроводхоз", Алма-Ата, 1973.
4. Ж у л а е в Р.Ж. Общие основы регулирования водораспределения в рисовые чеки. Вестник АН Каз.ССР, Алма-Ата, № 9, 1978.



Н.И.Пересыпкин  
ст.научный сотрудник, канд.сельскохозяйств. наук

Б.Ш.Темралиев  
зав. Северо-Казахстанским комплексным отделом,  
канд.сельскохозяйств. наук

Н.А.Токарев  
зав.лабораторией машинного орошения  
(КазНИИВХ)

# ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ И ГРУНТОВОЙ ВОДЫ ПРИ ОСВОЕНИИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЗОНЕ КАНАЛА ИРТЫШ-КАРАГАНДА

Одним из хозяйств, использующих воды канала Иртыш-Караганда для орошения, является совхоз "Мирный" Молодежного района Карагандинской области. Здесь на орошаемых землях возделываются картофель, овощные и кормовые культуры.

Для орошения сельскохозяйственных культур в этой природной зоне все более широкое применение находят широкозахватные поливные машины "Фрегат" и "Волжанка". Успешное их внедрение позволит максимально повысить производительность труда на поливе и полностью механизировать этот наиболее трудоемкий процесс.

Внедрение высокопроизводительных машин требует тщательного изучения влияния орошения на вторичное засоление орошаемых земель, т.к. в существующих рекомендациях не предусматривается мелиоративное улучшение орошаемых земель, не всегда учтены конкретные особенности природно-хозяйственных условий.

В связи с этим при осуществлении поливов с применением широкозахватной машины ДКШ-64 "Волжанка" нами проводились наблюдения за изменением содержания воднорастворимых солей, поглощенных оснований в почве, колебанием уровня грунтовых вод и их минерализацией /1/.

Исследования проводились в умеренно-засушливой степной зоне, отличающейся суровой зимой с устойчивым снежным покровом. Заморозки наблюдаются весной, в третьей декаде мая, и осенью, в середине сентября. Годовое количество осадков колеблется в пределах 265-315 мм, из них 40% приходится на летний период. Преобладание испарения над выпадающими осад-



ками создает постоянный дефицит влаги в почве.

Почвы темно-каштановые карбонатные, тяжелого механического состава. Удельная масса в активном слое (0–60 см) составляет  $2,58 \text{ г/см}^3$ , объемная –  $1,35 \text{ г/см}^3$ , порозность – 47%, предельно-полевая влагоемкость – 26,7% от массы почвы. Грунтовые воды находятся на глубине 6 м.

Вода на поле подавалась при помощи насосной станции из канала Иртыш–Караганда, который проходит в двухстах метрах от орошаемого поля. Создание и поддержание напора в трубопроводе при поливах осуществлялось при помощи передвижной насосной станции СНП 50/80, подвод воды к последней производился по закрытому трубопроводу, а на самом участке – с помощью разборного трубопровода, находящегося на открытой поверхности поля.

Вегетационные поливы проводили при снижении влажности в корнеобитаемом слое почвы до 75–80% от предельно-полевой влагоемкости. При этом поливная норма составляла  $600 \text{ м}^3/\text{га}$ .

На участке в последние пять лет, за исключением 1976 г., возделывался картофель. Посадку этой культуры производили обычно в третьей декаде апреля и заканчивали в первой декаде мая. Уход заключался в междурядных обработках после поливов и выпадения обильных дождей, внесении удобрений. Уборку начинали в третьей декаде августа и заканчивали во второй декаде сентября.

Колебание уровня грунтовых вод в период вегетации картофеля было весьма незначительным и составляло всего 0,26 м. 24 июня уровень грунтовых вод находился на глубине 5,95 м, в период до второго июля повысился на 0,1 м и до 1 августа находился на этом уровне. В дальнейшем уровень грунтовых вод изменялся также незначительно.

Такой характер динамики уровня грунтовых вод подтверждает, что вегетационные поливы, осуществляемые дождевальными машинами "Волжанка", не оказывали влияния на их изменение. Непостоянный уровень воды в магистральном канале Иртыш–Караганда мог повлиять на незначительные колебания, так как наибольшее их изменение наблюдалось там, где смотровые скважины расположены ближе к магистральному каналу.



По химическому составу грунтовые воды не засолены (по шкале Н.В. Орловского), так как содержание воднорастворимых солей составляет менее 500 мг/л. По качественному составу — хлоридно-натриевого засоления, количество солей в них несколько повышается как к концу вегетации, так и по годам исследований за счет увеличения общей щелочности и катионов магния.

По содержанию воднорастворимых солей почвы в первый год исследований были глубокозасоленные. Наибольшее количество плотного остатка отмечалось на глубине 100–120 см с сульфатным типом засоления (табл. I). В этой зависимости наблюдается и особенность распределения солей. Так, в водном растворе почвы до глубины 100–120 см преобладают ионы кальция, ниже — ионы натрия. Распределение же анионов несколько иное, чем катионов: они более равномерно распределяются по всему почвенному профилю с некоторым преобладанием сульфатов и общей щелочности. Почвенный раствор имеет явно щелочную реакцию (табл. I), где трудно установить какую-либо зависимость по глубине почвенного разреза. Но вместе с тем можно заметить, что щелочность несколько увеличивается в тех слоях почвенного разреза, где наблюдается повышенное содержание карбонатов.

Плотный остаток воднорастворимых солей уменьшается по годам исследований на всю глубину почвенного разреза (табл. I), на что могли оказать влияние применяемый режим орошения картофеля и обильные осадки в теплое время года.

В связи с некоторым рассолением почв орошаемого участка происходят и заметные изменения содержания поглощенных оснований. Трехлетние наблюдения в условиях орошения показали, что поглощенный кальций в коллоидном комплексе, занимая ведущее место, может достигать 70–75 % от суммы поглощенных оснований. Содержание магния в соответствии с этим составляет 25–30 %, поглощенного натрия — не превышает 5–7% (табл. 2).

При поступлении в почву оросительной воды периодически изменяется её водно-солевой режим. В результате сложных реакций в почвенном растворе изменяется не только состав



Таблица I

Содержание воднорастворимых солей почвы

| Дата от-<br>бора пробы | Глубина<br>взятия<br>образца,<br>см | В процентах от веса абсолютно сухой почвы |           |        |             |           |           |           |      | РН |
|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|-----------|--------|-------------|-----------|-----------|-----------|------|----|
|                        |                                     | Сухой<br>остаток                          | $HCO_3^-$ | $Cl^-$ | $SO_4^{--}$ | $Ca^{++}$ | $Mg^{++}$ | $Na^+K^+$ |      |    |
| I                      | 2                                   | 3                                         | 4         | 5      | 6           | 7         | 8         | 9         | 10   |    |
| 10. IX.<br>1976 г.     | 0-10                                | 0,149                                     | 0,073     | 0,020  | 0,041       | 0,028     | 0,005     | 0,018     | 7,95 |    |
|                        | 10-20                               | 0,106                                     | 0,055     | 0,011  | 0,031       | 0,022     | 0,004     | 0,010     | 7,80 |    |
|                        | 20-30                               | 0,099                                     | 0,073     | 0,009  | 0,019       | 0,018     | 0,006     | 0,010     | 7,95 |    |
|                        | 30-40                               | 0,120                                     | 0,073     | 0,007  | 0,038       | 0,020     | 0,011     | 0,007     | 8,20 |    |
|                        | 40-50                               | 0,130                                     | 0,049     | 0,021  | 0,039       | 0,018     | 0,004     | 0,023     | 8,05 |    |
|                        | 50-60                               | 0,076                                     | 0,052     | 0,005  | 0,014       | 0,014     | 0,001     | 0,013     | 8,05 |    |
|                        | 60-80                               | 0,122                                     | 0,073     | 0,007  | 0,034       | 0,010     | 0,006     | 0,026     | 8,20 |    |
|                        | 80-100                              | 0,113                                     | 0,073     | 0,004  | 0,031       | 0,010     | 0,006     | 0,023     | 8,30 |    |
|                        | 100-120                             | 0,607                                     | 0,040     | 0,007  | 0,406       | 0,112     | 0,027     | 0,035     | 7,70 |    |
|                        | 120-140                             | 0,192                                     | 0,076     | 0,005  | 0,086       | 0,010     | 0,017     | 0,033     | 8,20 |    |
|                        | 140-160                             | 0,123                                     | 0,085     | 0,002  | 0,034       | 0,004     | 0,007     | 0,033     | 8,45 |    |
|                        | 160-180                             | 0,218                                     | 0,067     | 0,016  | 0,098       | 0,010     | 0,012     | 0,048     | 8,05 |    |
|                        | 180-200                             | 0,301                                     | 0,064     | 0,011  | 0,161       | 0,012     | 0,011     | 0,074     | 8,00 |    |
|                        | 200-250                             | 0,262                                     | 0,064     | 0,018  | 0,125       | 0,012     | 0,009     | 0,066     | 8,00 |    |
|                        | 250-300                             | 0,287                                     | 0,052     | 0,064  | 0,098       | 0,016     | 0,007     | 0,076     | 7,90 |    |
| 24. VIII.<br>1977 г.   | 0-10                                | 0,131                                     | 0,049     | 0,012  | 0,050       | 0,016     | 0,005     | 0,023     | 8,00 |    |
|                        | 10-20                               | 0,131                                     | 0,049     | 0,012  | 0,050       | 0,016     | 0,005     | 0,023     | 8,00 |    |



Продолжение таблицы I

| I       | 2       | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10   |
|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|         | 20-30   | 0,121 | 0,055 | 0,009 | 0,042 | 0,020 | -     | 0,023 | 7,85 |
|         | 30-40   | 0,121 | 0,055 | 0,009 | 0,042 | 0,020 | -     | 0,023 | 7,85 |
|         | 40-50   | 0,090 | 0,061 | 0,005 | 0,022 | 0,012 | 0,002 | 0,018 | 7,90 |
|         | 50-60   | 0,090 | 0,061 | 0,005 | 0,022 | 0,012 | 0,002 | 0,018 | 7,90 |
|         | 60-80   | 0,152 | 0,067 | 0,065 | 0,060 | 0,008 | 0,004 | 0,041 | 8,00 |
|         | 80-100  | 0,098 | 0,037 | 0,011 | 0,034 | 0,016 | -     | 0,018 | 7,60 |
|         | 100-120 | 1,249 | 0,049 | 0,016 | 0,862 | 0,241 | 0,068 | 0,037 | 7,45 |
|         | 120-140 | 0,378 | 0,061 | 0,062 | 0,156 | 0,016 | 0,007 | 0,106 | 7,80 |
|         | 140-160 | 0,382 | 0,055 | 0,119 | 0,099 | 0,016 | 0,007 | 0,113 | 7,90 |
|         | 160-180 | 0,385 | 0,055 | 0,168 | 0,050 | 0,020 | 0,015 | 0,104 | 7,65 |
|         | 180-200 | 0,509 | 0,049 | 0,197 | 0,108 | 0,024 | 0,017 | 0,138 | 7,60 |
|         | 200-250 | 0,403 | 0,043 | 0,179 | 0,055 | 0,020 | 0,010 | 0,117 | 7,70 |
|         | 250-300 | 0,308 | 0,049 | 0,137 | 0,031 | 0,016 | 0,005 | 0,094 | 7,75 |
| 10.IX.  | 0-10    | 0,057 | 0,037 | 0,002 | 0,017 | 0,006 | 0,002 | 0,011 | 8,15 |
| 1978 г. | 10-20   | 0,057 | 0,037 | 0,002 | 0,017 | 0,006 | 0,002 | 0,011 | 8,15 |
|         | 20-30   | 0,052 | 0,030 | 0,002 | 0,017 | 0,010 | 0,001 | 0,007 | 8,10 |
|         | 30-40   | 0,052 | 0,030 | 0,002 | 0,017 | 0,010 | 0,001 | 0,007 | 8,10 |
|         | 40-50   | 0,044 | 0,030 | 0,004 | 0,010 | 0,006 | 0,002 | 0,007 | 8,20 |
|         | 50-60   | 0,044 | 0,030 | 0,004 | 0,010 | 0,006 | 0,002 | 0,007 | 8,20 |
|         | 60-80   | 0,057 | 0,037 | 0,002 | 0,017 | 0,006 | 0,002 | 0,011 | 8,30 |
|         | 80-100  | 0,391 | 0,018 | 0,002 | 0,266 | 0,074 | 0,012 | 0,028 | 7,96 |
|         | 100-120 | 0,184 | 0,037 | 0,004 | 0,106 | 0,022 | 0,010 | 0,023 | 8,10 |



Продолжение таблицы I

| I | 2       | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10   |
|---|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|   | 120-140 | 0,114 | 0,037 | 0,004 | 0,053 | 0,006 | 0,004 | 0,028 | 8,20 |
|   | 160-180 | 0,101 | 0,037 | 0,002 | 0,046 | 0,004 | 0,002 | 0,028 | 8,25 |
|   | 180-200 | 0,118 | 0,049 | 0,002 | 0,050 | 0,006 | 0,001 | 0,034 | 8,45 |
|   | 200-250 | 0,143 | 0,030 | 0,004 | 0,007 | 0,006 | 0,002 | 0,039 | 8,10 |
|   | 250-300 | 0,156 | 0,030 | 0,004 | 0,036 | 0,008 | 0,002 | 0,041 | 8,30 |



Таблица 2

## Поглощенные основания почвы

| Дата отбора проб    | Глубина взятия образца, см | В мг. экв. на 100 г абсолютно сухой почвы. В % от суммы поглощенных оснований |       |      |      |       |       |      |    |    |
|---------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------|------|------|-------|-------|------|----|----|
|                     |                            | Сумма поглощенных оснований                                                   |       |      | Ca   | Mg    | Na    | Ca   | Mg | Na |
| I                   | 2                          | 3                                                                             | 4     | 5    | 6    | 7     | 8     | 9    |    |    |
| 10. IX<br>1976 г.   | 0-10                       | 31,81                                                                         | 23,0  | 7,0  | 1,81 | 72,30 | 22,01 | 5,69 |    |    |
|                     | 10-20                      | 33,84                                                                         | 23,0  | 8,8  | 1,54 | 68,99 | 26,40 | 4,61 |    |    |
|                     | 20-30                      | 31,09                                                                         | 23,0  | 7,0  | 1,09 | 73,98 | 22,51 | 3,51 |    |    |
|                     | 30-40                      | 31,46                                                                         | 21,2  | 9,0  | 1,26 | 67,39 | 28,61 | 4,00 |    |    |
|                     | 40-50                      | 32,75                                                                         | 19,8  | 11,2 | 1,75 | 60,46 | 32,40 | 5,34 |    |    |
|                     | 50-60                      | 32,5                                                                          | 18,4  | 12,8 | 1,3  | 56,62 | 39,38 | 4,00 |    |    |
|                     | 60-80                      | 31,0                                                                          | 16,6  | 11,8 | 2,6  | 53,55 | 38,06 | 7,39 |    |    |
|                     | 0-20                       | 32,58                                                                         | 23,0  | 7,9  | 1,68 | 70,60 | 24,24 | 5,16 |    |    |
| 24. VIII<br>1977 г. | 0-40                       | 31,97                                                                         | 22,55 | 8,0  | 1,42 | 70,54 | 25,02 | 4,44 |    |    |
|                     | 0-60                       | 32,16                                                                         | 21,4  | 9,3  | 1,46 | 66,54 | 28,92 | 4,54 |    |    |
|                     | 0-10                       | 33,31                                                                         | 23,4  | 9,2  | 0,71 | 70,25 | 27,62 | 2,13 |    |    |
|                     | 10-20                      | 33,31                                                                         | 23,4  | 9,2  | 0,71 | 70,25 | 27,62 | 2,13 |    |    |
|                     | 20-30                      | 33,72                                                                         | 22,2  | 10,8 | 0,72 | 65,84 | 32,03 | 2,13 |    |    |
|                     | 30-40                      | 33,72                                                                         | 22,2  | 10,8 | 0,72 | 65,84 | 32,03 | 2,13 |    |    |
|                     | 40-50                      | 34,45                                                                         | 20,0  | 13,8 | 0,65 | 58,06 | 40,05 | 1,89 |    |    |
|                     | 50-60                      | 34,45                                                                         | 20,2  | 13,8 | 0,65 | 58,06 | 40,05 | 1,89 |    |    |



Продолжение таблицы 2

| I                 | 2     | 3      | 4     | 5     | 6    | 7     | 8     | 9    |
|-------------------|-------|--------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| 10. IX<br>1978 г. | 60-80 | 35,04  | 16,6  | 16,0  | 2,44 | 47,38 | 45,66 | 6,96 |
|                   | 0-20  | 33,31  | 23,4  | 9,2   | 0,71 | 70,25 | 27,62 | 2,13 |
|                   | 0-40  | 33,52  | 22,8  | 20,0  | 0,72 | 68,02 | 29,83 | 2,15 |
|                   | 0-60  | 33,83  | 21,87 | 11,27 | 0,69 | 64,65 | 33,31 | 2,04 |
|                   | 0-10  | 27,89  | 21,0  | 6,0   | 0,89 | 75,30 | 21,51 | 3,19 |
|                   | 10-20 | 27,89  | 21,0  | 6,0   | 0,89 | 75,30 | 21,51 | 3,19 |
|                   | 20-30 | 27,91  | 20,6  | 6,4   | 0,91 | 73,81 | 22,93 | 3,26 |
|                   | 30-40 | 27,91  | 20,6  | 6,4   | 0,91 | 73,81 | 22,93 | 3,26 |
|                   | 40-50 | 27,78  | 17,0  | 9,6   | 1,18 | 61,19 | 34,56 | 4,25 |
|                   | 50-60 | 27,78  | 17,0  | 9,6   | 1,18 | 61,19 | 34,56 | 4,25 |
|                   | 60-80 | 25,97  | 13,8  | 10,4  | 1,77 | 53,14 | 40,05 | 6,81 |
|                   | 0-20  | 55,78  | 42,0  | 12,0  | 1,78 | 75,30 | 21,51 | 3,19 |
|                   | 0-40  | 111,60 | 83,2  | 24,8  | 3,60 | 74,55 | 22,22 | 3,23 |
|                   | 0-60  | 167,16 | 117,2 | 44,0  | 5,96 | 70,11 | 26,32 | 3,57 |



почвенного раствора, но и его концентрация и реакция среды. Многие исследователи отмечают изменение реакции почвы при орошении, особенно с тенденцией подщелачивания /2,3,4,5,6/. По К.К.Гедройцу (2) процесс подщелачивания происходит в результате катионного обмена между кальцием раствора и натрием поглощенного комплекса.

В период наблюдений (с 1976 по 1978 гг.), как видно из табл. 2, в темно-каштановой почве при глубоком залегании грунтовых вод (ниже 6 м) и осуществлении поливов пресной водой произошли определенные изменения, где к осени 1978 г. содержание катионов магния и натрия несколько уменьшилась, а катионов кальция – увеличилось, что особенно благоприятно сказалось на некоторое рассолонцевание почвы. Этот процесс сопровождается изменениями в составе поглощенных оснований в почвенном поглощающем комплексе. Вытесняется из поглощенного состояния, в первую очередь, натрий как одновалентный катион, обладающий наиболее высокой энергией гидратации, а его место занимает кальций, характеризующийся большей энергией поглощения в сравнении с натрием. По этой причине почвенный поглощающий комплекс обогащается кальцием.

Это еще раз подтверждает, что при глубоком залегании уровня грунтовых вод применяемый режим орошения картофеля с использованием для полива широкозахватной дождевальная машины "Волжанка" предотвращают вторичное засоление почвы орошаемого массива.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В и ш н о л ь с к и й Ф.Ф. и др. Разработать рациональные технологические схемы работ широкозахватных дождевальных машин "Фрегат" и "Волжанка", обеспечивающих осуществление заданного режима орошения сельскохозяйственных культур, предотвращающих вторичное засоление орошаемых земель (на примере совхоза "Мирный" Карагандинской области)". КазНИИВХ, Павлодар, 1979.



2. Г е д р о й ц К.К. Избранные сочинения, т. I. Сельхозгиз, 1955 г.
3. К о в д а В.А., Ш а в р я г и н П.И., Г е в е л ь с о н Т.А. Динамика щелочности в почвенных растворах при поливе. Почвоведение, № 2, 1944.
4. П р я н и ш н и к о в Д.Н. Избранные сочинения, т. I. Сельхозгиз, 1952.
5. К и м Ф.Н., В и ш п о л ь с к и й Ф.Ф., М а к а р е в и ч В.И. Влияние орошения на водно-солевой режим почв и урожайность картофеля. "Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана", № 3, 1978.
6. П е р е с н п к и н Н.И. и др. Влияние сельскохозяйственного освоения на почвы чуротов пустынь Мурункум. "Проблемы освоения пустынь", № 2, 1977.

Э.Н.Пак  
старший научный сотрудник  
(ВНИИКА мелиорация)

#### АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИИ В МНОГОРЕЗЕРВУАРНЫХ СИСТЕМАХ ПАСТБИЩНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Пастбищное водоснабжение, являющееся составной частью сельскохозяйственного водоснабжения, значительно отстает от водоснабжения животноводческих ферм по уровню механизации и автоматизации.

В существующих условиях эксплуатации и технического уровня систем пастбищного водоснабжения не всегда обеспечивается распределение воды между потребителями в соответствии с нормой и режимом водопотребления. К тому же наблюдаются значительные непроизводительные потери воды, составляющие до 60% и более /1/. Основная причина - использование примитивных устройств ручного привода, не приспособленных для работы в пастбищных условиях. Например, для распределения и регулирования подачи воды применяются задвижки и вентили, хотя регулирование водораспределения только с их по-



мощью не представляется возможным.

Характерная особенность пастбищного водоснабжения — разбросанность водопотребителей на большой территории, сезонность использования систем, небольшой объем водопотребления, различные способы водоподачи, отсутствие электроэнергии, низкий уровень технической эксплуатации систем. Кроме того, связанные друг с другом единым технологическим режимом отдельные сооружения работают, как правило, в условиях, меняющихся нагрузок как по расходу воды, так и по напору. Многообразие факторов, оказывающих влияние на работу систем пастбищного водоснабжения, затрудняет их автоматизацию.

В настоящее время в системах пастбищного водоснабжения предусматривается равномерное распределение воды по водопойным пунктам или же поочередный способ подачи воды. Такие способы распределения воды по системе не всегда соответствуют режиму водопотребления и нередко приводят к перебоям в водоснабжении. Поэтому, чтобы обеспечить удовлетворительное водоснабжение применяют повышенный пропуск воды по системе и устраивают емкости значительных размеров, хотя такие мероприятия значительно повышают стоимость системы, приводят к излишним расходам воды. Для устранения указанных недостатков в системах пастбищного водоснабжения требуется автоматическое регулирование водораспределения, особенно на системах, где невозможно подавать воду во все водопойные пункты одновременно.

В лаборатории горного обводнения пастбищ ВНИИКА мелiorация разработан принцип автоматического регулирования водораспределения в многорезервуарных системах пастбищного водоснабжения, обеспечивающий заданный режим водораспределения и удешевляющий стоимость системы. По такому принципу регулирование водораспределения по системе производится путем контроля поступления воды в накопительные резервуары, которые независимо от расположения (по дальности и высотным отметкам) имеют одинаковые значения с точки зрения регулирования водораспределения и через трубопроводы гидравлически связаны между собой и средством водоподачи (рис. 1).



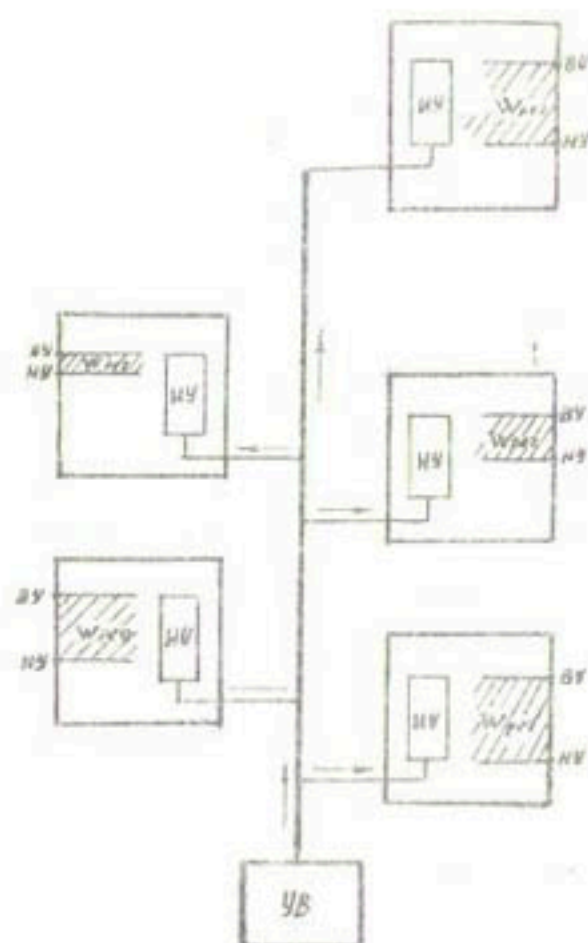


Рис. I. Схема автоматического регулирования водораспределения в многорезервуарных системах:

УВ — устройство водоподачи;  
ИУ — исполнительное устройство;  
ВУ — верхний уровень воды;  
НУ — нижний уровень воды;  
W рег. — регулирующий объем

Для автоматического регулирования водораспределения в каждом накопительном резервуаре системы устанавливается расчетный регулирующий объем, который определяется исходя из режима водопотребления на водопойном пункте.

Основной фактор при выборе регулирующего объема — нагрузка на водопойный пункт. Поэтому, если запас воды на водопойном пункте больше или равен его суточному расходу, регулирующий объем определяется по формуле:

$$V_{\text{рег.}} = m N q_{\text{гс.}} \text{ м}^3,$$

где  $m$  — количество отар, закрепленных за водопойным пунктом;

$N$  — количество голов овец в отаре;

$q_{\text{гс.}}$  — суточный расход на одну овцу,  $\text{м}^3$ .

В тех случаях, когда запас воды на водопойном пункте меньше его суточного расхода, необходимо выполнение условия:



$$V_{\text{раб.}} + Q_{\text{пост.}} \geq m N q_c,$$

где  $V_{\text{раб.}}$  — рабочий объем воды в накопительном резервуаре;

$Q_{\text{пост.}}$  — недостающий объем воды на водопойном пункте.

Недостающий объем воды поступает в накопительный резервуар в течение периода работы водопойного пункта после израсходования регулирующего объема в нем. Причем, чем меньше регулирующий объем, тем раньше начинается поступление воды из системы в резервуар и наоборот. Поэтому, чем больше значение  $Q_{\text{пост.}}$ , тем принимается меньший регулирующий объем. Поскольку продолжительность водовыдачи из накопительного резервуара в водопойное корыто незначительна, не следует устанавливать значение  $V_{\text{рег.}}$  меньше объема разовой порции воды, т.к. временный интервал между началами работы водопойного пункта и возобновлением поступления воды из системы в накопительный резервуар будет незначительным, не больше продолжительности подачи воды в водопойное корыто. Поэтому минимальное значение регулирующего объема следует определять по выражению:

$$V_{\text{мин.}} = \frac{N q_c}{i} \text{ м}^3,$$

где  $i$  — кратность водопоя.

Выдача воды из накопительного резервуара в водопойное корыто производится один раз за цикл работы. В связи с этим регулирующий объем следует принимать кратным значению  $V_{\text{мин.}}$ . Максимальное значение регулирующего объема ограничивается рабочим объемом накопительного резервуара, т.е.

$V_{\text{мак.}} = V_{\text{раб.}}$ . При таком методе подбора регулирующих объемов достигается непосредственная увязка водораспределения по системе с режимом водопотребления на водопойных пунктах.

Для установления заданного регулирующего объема в накопительном резервуаре требуется автоматическое устройство с релейной характеристикой работы.



Известные электрические средства автоматизации с релейной характеристикой работы не предназначены для многорезервуарных систем в связи с отсутствием электроэнергии на водопойных пунктах.

Устройство для регулирования подачи воды в водонапорный резервуар /2/ с поплавковым приводом не нашло практического применения из-за сложности конструкции и недостаточной надежности работы. Кроме того, оно не приспособлено для работы в пастбищных условиях.

Для управления водораспределением в многорезервуарных системах требуется автоматическое устройство, которое, с одной стороны, независимо от других резервуаров осуществляет управление поступлением и прекращением подачи воды в данный резервуар, а с другой — через регулирующий объем осуществляет водораспределение по системе.

Поставленным требованиям отвечает автоматическое устройство для подачи воды в резервуар /3/, созданное в лаборатории горного обводнения пастбищ ВНИИКА мелкорация ВНПО "Союзводоавтоматика" для многорезервуарных систем пастбищного водоснабжения.

Автоматическое устройство для подачи воды в резервуар устанавливается внутри накопительного резервуара и содержит клапан, закрывающийся под действием массы воды, поступающей в емкость привода из резервуара. Такая конструкция позволяет применять устройство на системах с различным рабочим давлением и легко производить регулирование путем изменения объема заполнения емкости привода водой.

Функциональная и конструктивная связи запорного клапана и сифонного водовыпуска позволяют выполнять две взаимосвязанные функции: прекращение поступления воды при наполнении резервуара до заданной верхней отметки и возобновление её поступления при достижении заданного нижнего уровня.

Таким образом, устройство обладает релейной характеристикой работы и позволяет устанавливать заданный регу-



лирующий объем в резервуаре.

Рабочий цикл автоматического устройства можно условно разделить на два процесса: наполнение и опорожнение.

По мере роста уровня воды в резервуаре одновременно заполняется и нисходящая ветвь сифонного водовыпуска. При этом сохраняется атмосферное давление внутри сифона до момента поступления воды из резервуара в емкость привода. Затем вода закрывает торец восходящей ветви и прекращается сообщение полости сифонного водовыпуска с атмосферой (рис. 2, участок 0 - I'). Затем происходит скатие воздуха внутри сифонного водовыпуска под давлением столба воды в восходящей и нисходящей ветвях (участок I' - 2).

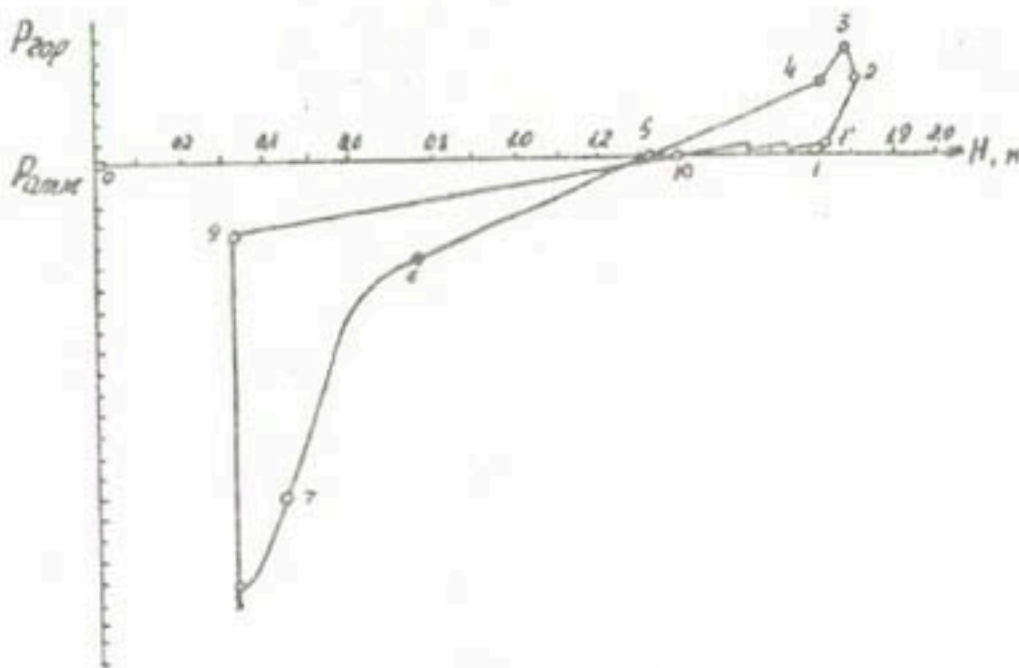


Рис.2. Рабочий цикл автоматического устройства для подачи воды в резервуар (теоретический).

К моменту достижения верхнего уровня воды в резервуаре наполняется емкость привода и опускается вниз под действием массы воды. В результате закрывается клапан и прекращается поступление воды из трубопровода в резервуар (точка 2). Наполнение емкости привода прекращается с выравниванием уровней воды в ней и резервуаре (участок 2 - 3).

С началом водозабора происходит перетекание воды в резервуар из емкости привода через входной патрубок до достижения уровня его расположения. Затем водоподача прекращается. В результате давление внутри сифонного водовыпуска уменьшается (участок 3-4).

По мере падения уровня воды в резервуаре и в нисходящей ветви постепенно понижается давление внутри сифонного водовыпуска, которое в точке 5 (рис. 2) достигает атмосферного, а в точке 6 начинается перетекание воды через гребень сифона. Перетекание постепенно возрастает и в точке 7 включается в работу полным сечением. С этого момента, независимо от уровня воды в резервуаре, продолжается сброс воды до опорожнения емкости привода. К концу опорожнения, емкость привода под действием напора воды в сети и пружины постепенно приподнимается и открывается клапан. Возобновляется поступление воды из сети в резервуар. После опорожнения емкости привода (точка 8) внутри сифонного водовыпуска устанавливается давление ниже атмосферного (точка 9), в связи с тем, что в емкости привода остается небольшое количество воды, которое препятствует сообщению полости сифона с атмосферой.

Увеличение давления внутри сифона (участок 8-9) происходит к концу опорожнения емкости привода под действием срыва вакуума.

По мере увеличения уровня воды в резервуаре давление в полости сифона постепенно возрастает до атмосферного (точка 10) и выше. При давлении большем, чем сопротивление оставшейся воды в емкости привода происходит выпуск воздуха из сифона через торец его восходящей ветви. Выпуск воздуха происходит неоднократно и прекращается с момента поступления воды из резервуара в емкость привода (точка 1). Затем давление внутри сифона повышается по мере увеличения уровня воды в резервуаре и наполнения емкости привода (участок 1-2). Далее рабочий цикл повторяется и замыкается (рис. 2).

Экспериментальные исследования рабочего цикла проводились на специальном стенде. При этом высота всасывания



сифона принималась равной 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 м, скорости повышения и падения уровня воды в резервуаре изменялись в пределах от  $8 \cdot 10^{-10}$  до  $5 \cdot 10^{-3}$  м/с.

Исследованиями установлено, что скорость наполнения резервуара не оказывает заметного влияния на рабочий цикл устройства, за исключением того, что несколько быстрее происходит рост давления в горловине сифона при наполнении емкости привода водой. Кроме того, максимальное значение давления в горловине сифона не зависит от скорости наполнения резервуара.

Скорость падения уровня воды в резервуаре оказывает влияние на рабочий цикл устройства.

Для изучения характера опорожнения емкости привода и установления влияния скорости понижения уровня воды в резервуаре на зарядку сифона проведены экспериментальные исследования. В результате которых установлено, что с уменьшением скорости падения уровня воды в резервуаре и увеличением высоты всасывания сифона возрастает время опорожнения емкости привода. Так, при высоте всасывания сифона ( $h_{\text{сиф}}$ ), равном 0,1 и 0,2 м, заметное возрастание времени опорожнения ( $t$ ) емкости привода наблюдается при скорости понижения ( $V_y$ ) уровня воды в резервуаре, равном  $8 \cdot 10^{-4}$  м/с (рис. 3). При  $h_{\text{сиф.}}$ , равном 0,3 и 0,4 м, возрастание времени опорожнения ( $t$ ) происходит при  $V_y = 2 \cdot 10^{-3}$  м/с.

Возрастание времени опорожнения происходит в связи с тем, что перетекание воды через гребень сифона возрастает постепенно до полного опорожнения емкости привода и прекращается не достигнув включения сифона в работу полным сечением. Кроме того, выявлено, что опорожнение емкости привода происходит независимо от включения сифона в работу полным сечением или нет. Только при опорожении емкости с полной зарядкой сифона резко падает давление на его перегибе.

Основным параметром, с помощью которого регулируется нижний уровень воды в резервуаре, является высота всасывания сифона, с увеличением которой возрастает диапазон между уровнями воды в резервуаре.

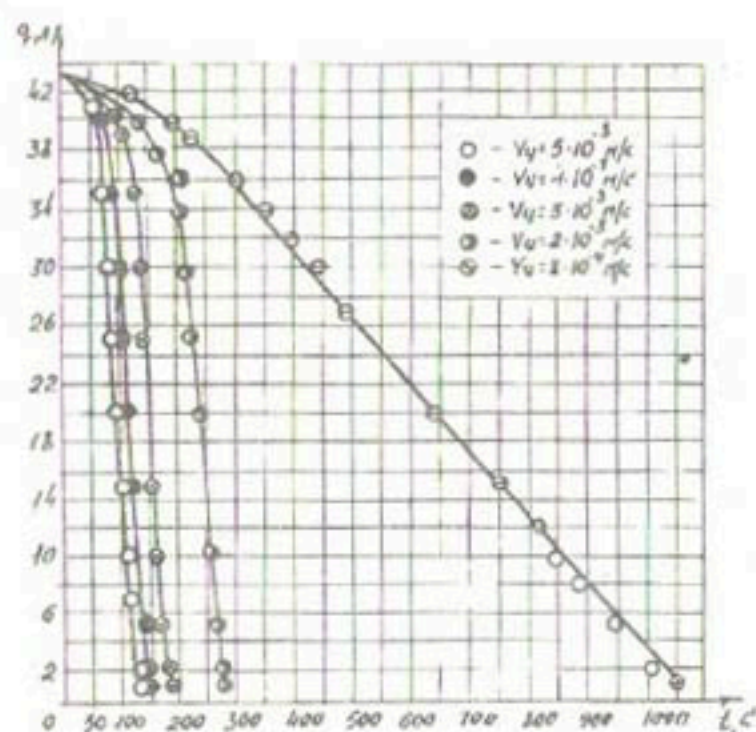


Рис.3. Зависимость  $q = f(t)$  при  $h_{\text{сиф.}} = 0,1$  м и различных  $V_y$ .

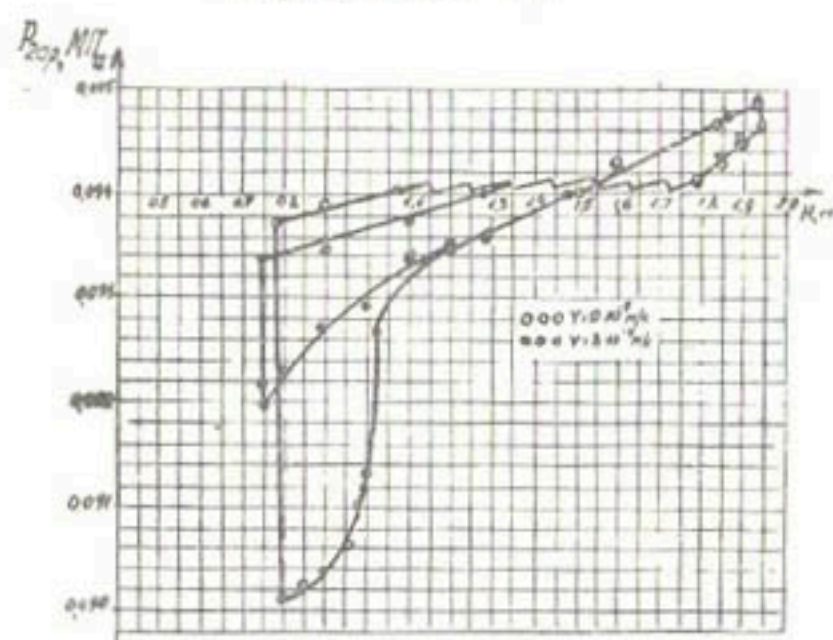


Рис.4. Зависимости изменения давления в горловине сифона от уровня воды в резервуаре при  $h_{\text{сиф.}} = 0,1$  м и различных  $V_y$ .



Экспериментальными исследованиями подтверждено, что независимо от значений  $h$  сиф. и  $V$  у рабочий цикл устройства является замкнутым (рис. 4).

В рассматриваемом устройстве обеспечение герметичного закрытия клапана имеет важное значение. При расчете усилия закрытия клапана коэффициент запаса усилия закрытия ( $K_3$ ) зависит от различных факторов.

Для определения характера изменения усилия закрытия клапана и коэффициента его запаса проведены экспериментальные исследования, результаты которых приведены в виде графиков зависимости коэффициента запаса ( $K_3$ ) и действительного усилия закрытия клапана ( $P_3$ ) от давления в трубопроводе ( $P_K$ ) при диаметре насадков клапана  $10,5 \cdot 10^{-3}$  и  $16,5 \cdot 10^{-3}$  м (рис. 5).

На основе результатов аналитических и экспериментальных исследований разработана методика расчета основных рабочих параметров устройства. Расчетная схема приведена на рис. 6.

Методика расчета.

1. Диаметр насадка клапана определяется по известной формуле:

$$d_n \approx \sqrt{\frac{Q_c}{0,785 \mu \sqrt{2g \frac{P_K}{10}}}}, \text{ м},$$

где  $Q_c$  — секундный расход, м<sup>3</sup>/с;  $\mu$  — коэффициент расхода, полученный в результате экспериментальных исследований и равный 0,62... 0,72;  $P_K$  — давление в трубопроводе у насадка, кПа.

2. Ход клапана:  $h_{кл} = K_x d_n, \text{ м},$

где  $K_x$  — коэффициент хода, полученный опытным путем и равный 1,1... 1,5.

3. Усилие закрытия клапана:

$$P_{кл} = 0,1 \cdot K_3 \cdot \omega_n (P_K + 0,1 P_K) \text{ н},$$

где  $\omega_n$  — площадь сечения насадки клапана, см<sup>2</sup>;  $K_3$  — коэффициент запаса усилия закрытия клапана, полученный экспериментально и равный 1,4... 1,6 (при  $d_n = 16,5 \cdot 10^{-3}$  м и  $P_K = 400...1600$  кПа).

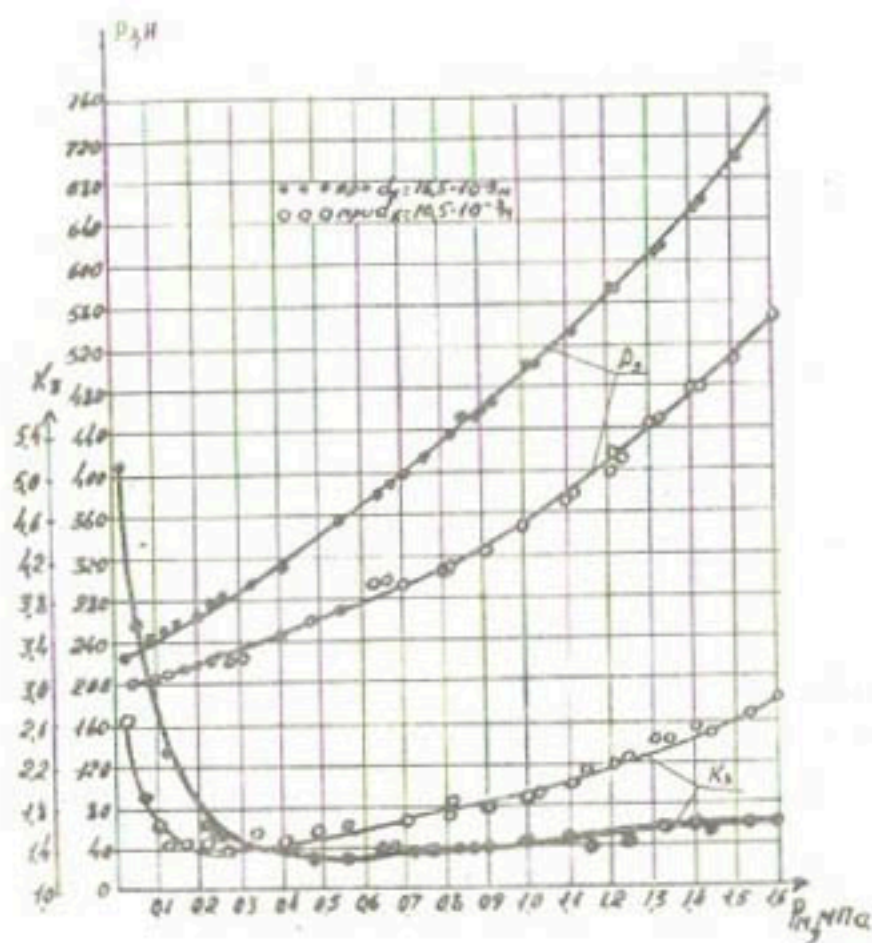


Рис.5. Зависимости  $K_3 = f(P_K)$  и  $P_3 = f(P_K)$  при различных  $d_H$

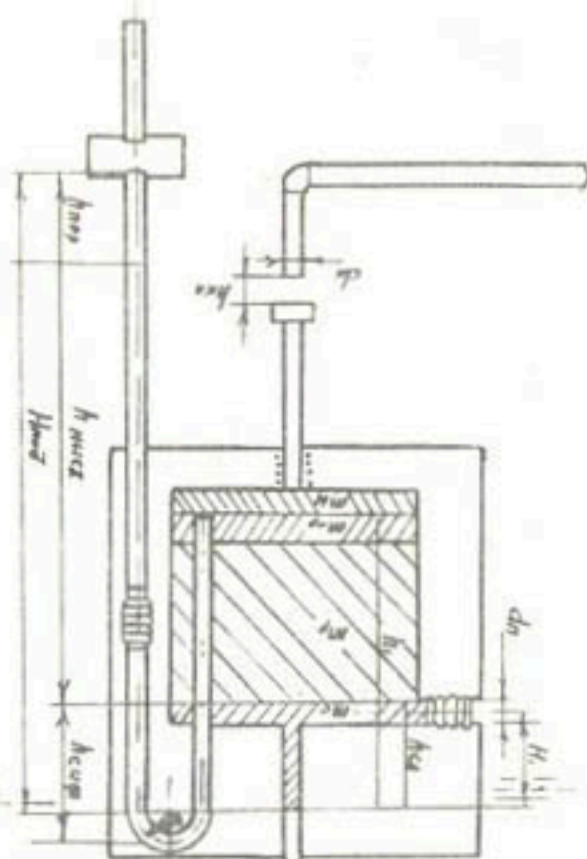


Рис.6. Расчетная схема устройства подачи воды в резервуар.



4. Рабочая масса воды в емкости привода:

$$m_p = \frac{P_{\kappa\lambda}}{10} \cdot \kappa \Gamma.$$

5. Рабочее усилие пружины, необходимое для возвращения емкости привода в верхнее положение (без учета давления струи воды):

$$P_{откр.} = 1,1 (m_n + m_h) \cdot 10 \text{ Н},$$

где  $m_n$  — масса всех подвижных элементов, связанных с емкостью привода, кг;  $m_h$  — нерабочая масса воды, которая остается на дне емкости привода, кг.

6. Усилие пружины при закрытом клапане:

$$P_{закр.} = P_{откр.} + \Delta P_{пр.} \text{ Н}.$$

Усилие пружины направлено в сторону открытия клапана, поэтому следует выбрать минимально допустимое значение  $\Delta P$  пр, зависящее от характеристики принятой пружины.

7. Масса воды в емкости привода:

$$m_{\delta} = m_p + m_h + m_{пр}, \text{ кг},$$

где  $m_{пр}$  — масса воды, затрачиваемая на растяжение пружины при закрытии клапана и равная:

$$m_{пр} = \frac{\Delta P_{пр.}}{10}, \text{ кг}.$$

8. Минимальное время закрытия (открытия) клапана определяется по формуле:

$$t_{зак.} = \frac{10 \rho V_0 \tau_a}{0,1 \rho_0} \text{ с},$$

где  $\rho = 101,9$  плотность воды /4/,  $\frac{\kappa_2 \cdot c^2}{\kappa^2}$ ;  $V_0$  — первоначальная скорость движения воды в трубопроводе, м/с;  $\tau = \frac{2\ell}{a}$  — фаза гидравлического удара, с;  $\ell$  — длина подводящего трубопровода, м;  $a$  — скорость распространения ударной волны, м/с;  $P_0$  — статическое давление в трубопроводе перед клапаном, Па.

9. максимальный напор перед входом в патрубок емкости привода:

$$H_1 = \frac{10 Q_c \cdot t_{зак.}}{\Omega} \cdot \kappa \text{ Па},$$

где  $\Omega$  — площадь поперечного сечения резервуара,  $\text{м}^2$ .

10. Площадь поперечного сечения патрубка ( $\omega_n$ ,  $\text{м}^2$ ) емкости привода определяется по формуле:

$$t_{зак.} = \frac{\Omega}{\mu^2 \omega_n^2 g} \left( Q_c \ell_n \frac{Q}{Q_c - \mu \omega_n \sqrt{0,2 g H_1}} - \mu \omega_n \sqrt{0,2 g H_1} \right),$$

где  $\mu$  — коэффициент расхода, равный 0,82 /4/.

II. Максимальное давление на перегибе сифона будет при полном резервуаре и его значение определяется по выражению:

$$P_i = P_{атм} + \gamma h_i,$$

где  $P_{атм}$  — атмосферное давление;  $\gamma$  — плотность;

$h_i$  — давление от столба воды в резервуаре, которое определяется как разность отметок верхнего уровня воды в резервуаре и нижнего конца восходящей трубы сифона (рис. 6).

I2. Высота понижения уровня воды в нисходящей трубе ( $h_{нисх.}$ ) при заданных значениях разрежения и геометрических размерах труб сифона обеспечивает подъем воды в восходящей ветви выше гребня, а, следовательно, и перелив воды через гребень труб сифона:

$$h_{нисх.} = \frac{1}{W_{сиф.}} \left\{ \frac{V_{сиф.} P_{атм.}}{P_{атм.} - \gamma h_{сиф.}} - V_{сиф.} + W_{сиф.} \left[ h_{сиф.} - \frac{R_{ср.}(2-\pi)}{2} \right] \right\},$$

где  $W_{сиф.}$  — площадь поперечного сечения труб сифона;

$V_{сиф.}$  — объем сифона, занятого воздухом при атмосферном давлении в его полости;  $h_{сиф.}$  — высота всасывания сифона;

$R_{ср.}$  — средний радиус закругления сифона (рис. 6).

I3. Расход сифона определяется по известной формуле /5/:

$$Q_{сиф.} = W_{сиф.} \sqrt{\frac{2g H_{сиф.}}{1 + \xi_{сиф.}}},$$

где  $H_{сиф.}$  — разность уровней в емкости привода в резервуаре;

$\xi_{сиф.}$  — суммарный коэффициент гидравлических сопротивлений по всей длине сифонного водовыпуска.

I4. Площадь поперечного сечения сифона определяется по формуле:

$$W_{сиф.} = \frac{Q_{емк.}}{t_{зак.} \sqrt{\frac{2g H_{сиф.}}{1 + \xi_{сиф.}}}},$$

где  $Q_{емк.}$  — объем воды, сбрасываемый сифоном из емкости привода.

I5. Объем зарядной камеры определяется по формуле:

$$V_k = V_{восх.} + V_{нисх.},$$

где  $V_{восх.}$  — объем восходящей трубы сифона;  $V_{нисх.}$  — объем нисходящей трубы сифона.



На нисходящей ветви сифона установлена зарядная камера (рис. 6), которая служит для обеспечения сброса воды из емкости привода через сифон при значительных перерывах между расходами воды из резервуара и не оказывает заметного влияния на общую картину рабочего цикла устройства.

В ОКБ "Водавтоматика" ВНИИ "Совзводавтоматика" разработана техническая документация автоматического устройства для подачи воды в резервуар.

Проведенные в 1976-1978 гг. испытания подтвердили работоспособность автоматического устройства и способа принудительного водораспределения. Кроме того, установлено, что при повышении давления в трубопроводе выше допустимого (например, при гидроударе) происходит автоматическое открытие запорного клапана и сброс воды из трубопровода в резервуар. В результате происходит гашение гидравлического удара в системе. Таким образом, результаты испытаний полностью подтвердили возможность применения устройства в качестве защитного средства от гидравлического удара в напорных системах водоснабжения.

Применение способа принудительного водораспределения позволяет автоматизировать регулирование водораспределения в многорезервуарных системах, в результате чего уменьшается общий расход воды в водопроводной сети, диаметр трубопроводов и стоимость системы в целом. В итоге обеспечивается работа системы в оптимальном режиме и повышается общий коэффициент её полезного действия.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Б а б е н к о И. И. и др. Автоматизация подачи воды на водопойные пункты. "Гидротехника и мелиорация", № 7, 1971.
2. С и м о н и ш в и л и Ш.Л. Устройство для регулирования подачи воды в водонапорный резервуар.

3. П а к Э.Н., Б а к а л о В.Я., Т я н Г.Н. Автоматическое устройство для подачи воды в резервуар. А.с. № 588314, Б.И. № 2, 1978.
4. А г р о с к и н И.И. и др. Гидравлика. Госэнергоиздат, М.-Л., 1954.
5. Ц и к л а у р и Д.С. Гидравлика, сельскохозяйственное водоснабжение и гидросиловые установки. Госстройиздат, М., 1970.



ПУЛАТОВ А.Г.

Инженер, зав.отделом

СКРЫЛЬНИКОВ В.А.

Канд.техн.наук, зав.лаборат.

САНИИРИ им. В.Д.ЖУРИНА

РАСЧЕТ ЗАНЕСЕНИЯ ПОДПЕРТЫХ БЪЕФОВ НИЗКО-НАПОРНЫХ ГИДРОУЗЛОВ ДЛЯ ОДНОРОДНОГО СОСТАВА ДОННЫХ НАНОСОВ

В работе /1/ выведено уравнение занесения в виде

$$\frac{v_0}{1-a} \int \frac{dx}{1-x^2} = \int \rho dt + C \quad (1)$$

и решено для случаев  $D_{max} > d_{cp}$ , отвечающих фактическому гранулометрическому составу наносов на реках горно-предгорной зоны.

Рассмотрим некоторые частные случаи решения уравнения (1) отличающиеся от полученного ранее.

1.  $D_{max} \cong d_{cp}$ . Наносы представлены однородным грунтом. Параметр  $C$ , определяемый выражением

$$C = \frac{3,5}{\frac{D_{max}}{d_{cp}} - 1} \quad (2)$$

при  $D_{max} \cong d_{cp}$  равен  $\infty$

В уравнении (1) переменная  $x$  определяется выражением

$$x = a + (1-a) \frac{v_3}{v_0} \quad (3)$$

где  $a = \frac{v_{pH}}{v_H}$ , здесь

$v_{pH}$  — объем русла при бытовой площади сечения на участке, равном начальной длине кривой подпора;

$v_H$  — начальный объем верхнего бьефа.

Так как  $v_{pH} < v_H$ , а  $v_3 < v_0$ , то во всех случаях  $a < 1$ ;  $\frac{v_3}{v_0} < 1$ . Переменная  $x$  также будет меньше единицы, и лишь в пределе, при  $v_3 = v_0$ ,  $x = 1$

Поэтому  $x^\infty = 0$ ; тогда выражение (I) примет вид:

$$\frac{v_0}{1-\alpha} \int dx = \int_0^t \rho dt + C, \quad (4)$$

При расчетах занесения на среднемноголетний сток наносов правая часть выражения (4) перепишется в виде

$$\int_0^t \rho dt = \sum_0^t G = tG_0 + C_2$$

Тогда (4) можно записать в виде

$$\frac{v_0}{1-\alpha} x = tG_0 + C \quad (5)$$

Определим постоянную "C" из (5), подставив граничные условия

При  $t=0$ ;  $v_3=0$   $x=a$ . Тогда из выражения (5) получим

$$C = \frac{v_0 \cdot a}{1-\alpha} \quad (6)$$

С учетом (6) выражение (5) перепишется в виде

$$\frac{v_0}{1-\alpha} \cdot x = tG_0 + \frac{v_0 \cdot a}{1-\alpha} \quad (7)$$

Подставляя в (7) выражение (3), получим

$$\frac{v_0}{1-\alpha} \left[ a + (1-\alpha) \frac{v_3}{v_0} \right] - \frac{v_0 \cdot a}{1-\alpha} = tG_0 \quad (8)$$

Откуда

$$t = \frac{v_3}{G_0} \quad (9)$$

Согласно уравнению (9), при любом заданном объеме занесения, вплоть до предельно зависящего  $v_0$ , наблюдается полное стложение твердого стока.

Как показывают проведенные ранее лабораторные исследования, процесс занесения однородными наносами будет происходить



в виде конуса отложений, который постепенно перемещается в сторону плотины.

2.  $D_{max} \gg d_{cp}$  ( $D_{max} \approx \infty$ )      Задача в этом случае не имеет решения, так как при очень большой разнородности фракционного состава наносов как мелкие, так и крупные частицы не могут одновременно перемещаться в виде донных наносов.

Приведенный выше анализ процесса занесения для предельных значений  $\lambda$  можно выполнить несколько иным путем.

Формула по определению степени осветления имеет следующий вид [2]:

$$\varepsilon = 1 - \left( \frac{V_p}{V_c} \right)^\lambda \quad (10)$$

где

$V_p$  - объем русла с бытовой площадью сечения на участке распространения кривой подпора;

$V_c$  - свободная от наносов емкость бьефа.

Из графика, построенного по формуле (10) и представленного на рис.1, при некоторых значениях  $\lambda > 1$  видно, что кривые располагаются выше прямой  $\lambda = 1,0$ , а при  $\lambda < 1$  ниже этой прямой.

На графике (рис.1) условию  $\lambda = \infty$  ( $D_{max} = d_{cp}$ ) соответствует горизонтальная прямая линия, отвечающая  $\varepsilon = 1,0$  при всех значениях  $\frac{V_p}{V_c}$ , кроме  $\frac{V_p}{V_c} = 1$ . При  $\frac{V_p}{V_c} = 1$  степень осветления  $\varepsilon$  равна 0.

Иными словами, при  $\lambda = \infty$  полное отложение наносов в бьефе будет наблюдаться в течение всего периода занесения и только при  $\frac{V_p}{V_c} = 1$  поступающие в верхний бьеф наносы будут сбрасываться в нижний бьеф. Условие  $V_p = V_c$  может быть достигнуто при объеме занесения равном предельно зависимому объему, т.е. ( $V_s = V_c$ )

Для случая  $\lambda = 0$  ( $D_{max} \gg d_{cp}$ ) степень осветления по формуле (10) при всех значениях  $\frac{V_p}{V_c}$  будет равна нулю.

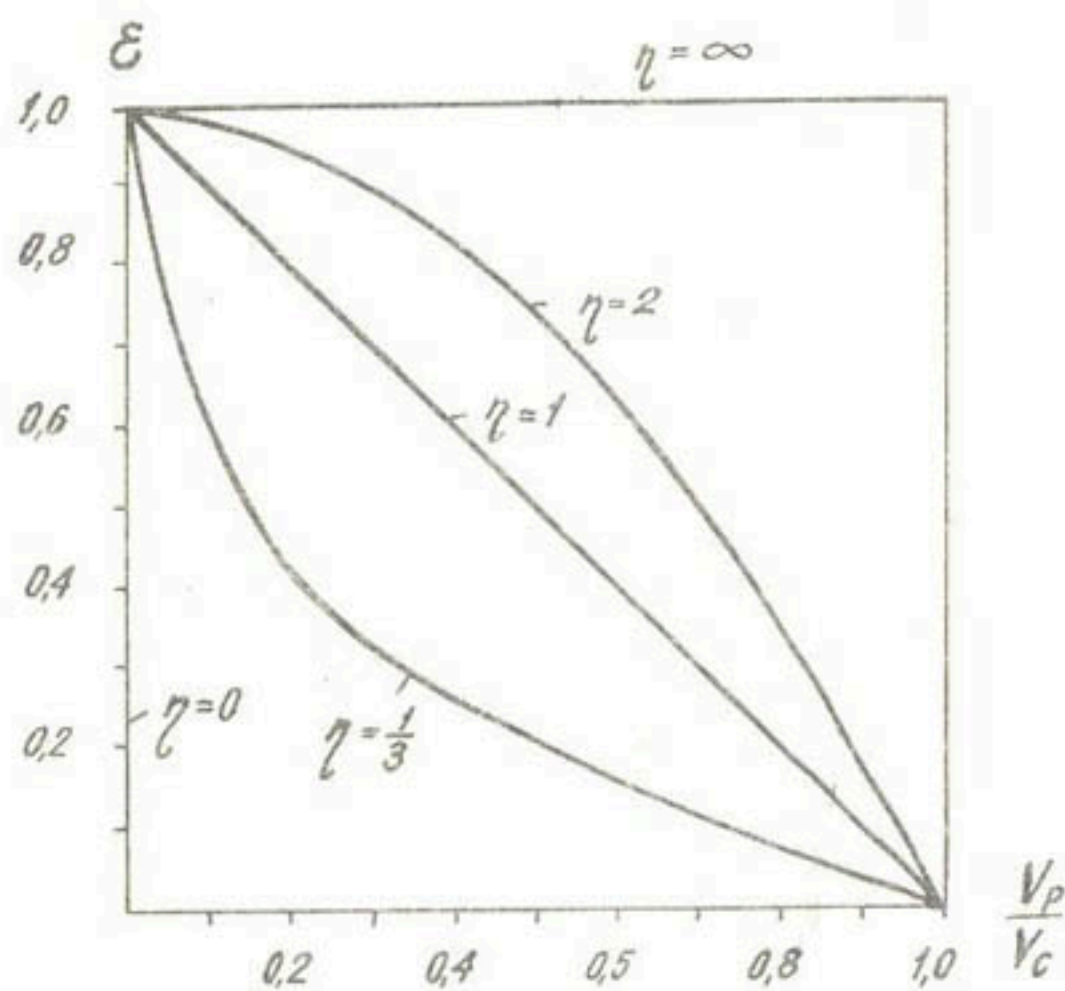


Рис.1 График по формуле (9)

$$\varepsilon = f\left(\frac{V_p}{V_c}\right)$$



Для описанных выше случаев -  $D_{max} = d_{cp}$ ,  $D_{max} \gg d_{cp}$ .  
отпадает вопрос распределения крупности отложений. Только при  
разнородных наносах ( $D_{max} > d_{cp}$ ) процесс занесения будет про-  
исходить с изменением крупности отложившихся наносов по длине  
бьефа. При этом наибольший диаметр смеси в расчетном створе,  
расположенном на расстоянии  $\ell$  от места выклинивания кривой  
подпора, определяется по выражению [3]

$$d_{\ell} = \left(1 - \rho \frac{\ell}{L}\right)^{3,5} D_{max} \quad (II)$$

где

$L$  - общая длина кривой подпора, определяемая по фор-  
муле  $L = f(t)$  [3]

Так как расстояние от расчетного створа до места выклини-  
вания кривой подпора может быть представлено в виде разности  
общей длины кривой подпора  $L$  и расстояния от створа до пло-  
тины  $\ell_n$ , то выражение (II) перепишется в виде

$$d_{\ell_n} = \left[1 - \rho \left(1 - \frac{\ell_n}{L}\right)\right]^{3,5} D_{max} \quad (I2)$$

Общий процент фракций  $d \leq d_{\ell_n}$  в бытовом составе наносов  
определяется по формуле

$$\rho_{d_{\ell_n}} = \left(\frac{d_{\ell_n}}{D_{max}}\right)^{\frac{1}{m}} \cdot 100 = \left[1 - \rho \left(1 - \frac{\ell_n}{L}\right)\right]^{\frac{1}{m}} \quad (I3)$$

Принимая за 100% количество прошедших через створ нано-  
сов, можно процент каждой фракции  $d_i < d_{\ell_n}$  для нового состава  
наносов найти по выражению:

$$\rho_{d_i} = \frac{\rho_{d_i}}{\rho_{d_{\ell_n}}} \cdot 100 = \frac{(d_i / D_{max}) \cdot 100}{(d_{\ell_n} / D_{max})^{\frac{1}{m}} \cdot 100} \cdot 100 = \left(\frac{d_i}{d_{\ell_n}}\right)^{\frac{1}{m}} \cdot 100 \quad (I4)$$

где

$\rho_{d_i}$  - процент фракций  $d_i < d_{\ell_n}$ , принимаемый по  
кривой суммарного фракционного состава нано-  
сов в бытовых условиях.

## Л и т е р а т у р а

1. Скрыльников В.А., Пулатов А.Г. О расчете продолжительности занесения верхних бьефов низконапорных гидроузлов. "Изв. АН УзССР", серия техн.наук, 1976, №4.
2. Скрыльников В.А., Пулатов А.Г. Расчет кривой подпора в процессе занесения верхних бьефов низконапорных гидроузлов. Сборник научных трудов, вып.151, Ташкент, САНИИРИ, 1976.
3. Пулатов А.Г. Расчет распределения крупности отложений в верхнем бьефе низконапорного гидроузла. Сборник научных трудов, вып.151, Ташкент, САНИИРИ, 1976.



УДК 628.18:636.084.22+636.32(574.54)

О РЕЖИМАХ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ОВЕЦ  
НА ОТГОННЫХ ПАСТБИЩАХ В УСЛОВИЯХ ЮГА КАЗАХСТАНА

Н.П.Ни, А.Б.Магай, А.Абдукаримов

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

Содержатся результаты посезонных исследований по установлению режима водопотребления овец на отгонных пастбищах, проведенных на примере совхоза "Таласский" Джамбулской области летом и весной 1978 года.

Приведены кривые повторяемости и обеспеченности расходов воды при трехкратном водопое, графики часовой неравномерности водопотребления овец, коэффициенты неравномерности водопотребления.

Табл. - I; иллюстр. - 5.

УДК 626.81:636.084.22

ВЛИЯНИЕ КРАТНОСТИ И СРОКОВ ВОДОПОЯ  
НА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ЖИВОТНЫХ НА ПАСТБИЩАХ

А.Б.Магай, Н.П.Ни, Ж.Сиргельбаев

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

Приводятся некоторые данные наблюдений, проведенных КазНИИВХ летом 1977-1978 гг. на пастбищных массивах совхозов "Таласский" и "Аккульский" Джамбулской области, по режиму водопотребления овец и крупного рогатого скота, показывающие влияние кратности и сроков проведения водопоев на водопотребление и привес животных.

Табл. - 6;

УДК 628.176.003

## СИСТЕМА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТЫ ГРУППОВЫХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В.Н.Мухамеджанов, Ш.Ш.Асанов

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

Приводится разработанная авторами система технико-экономических показателей работы групповых систем сельскохозяйственного водоснабжения. Система дает полную характеристику производственной деятельности систем водоснабжения по схеме: производительные силы  $\rightarrow$  использование производительных сил  $\rightarrow$  результаты производства.

Табл. - 1, библиогр. - 5.

УДК 333.93:626.81

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕНТНЫХ ПЛАТЕЖЕЙ ЗА ВОДУ В УСЛОВИЯХ ХОЗРАСЧЕТНОГО ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ И УПРАВЛЕНИЯМИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Т.Б.Саяков

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

Предлагается методика формирования рентных платежей за воду с учетом (планового, непланового) использования оросительной воды. При этом обеспечивается стимулирование рационального использования последних и сохранение сложившегося уровня закупочных цен на сельскохозяйственную продукцию.

Табл. - 3; библиогр. - 5.



УДК 333.93:631.587

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНОЙ ВОДЫ  
В БАСЕЙНЕ Р. ЧУ

Б.С. Сейпилова

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

Рассматриваются вопросы, связанные с эффективностью использования водных ресурсов в орошаемом земледелии бассейна р. Чу. Проанализированы по административным районам бассейна величины стоимости валовой продукции орошаемого земледелия, приходящейся на 1000 куб. м оросительной воды, и выявлены резервы повышения экономической отдачи использования оросительной воды.

Табл. - 2.

УДК 628.148

О ПОКАЗАТЕЛЯХ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ВОДОВОДОВ  
ИШИМСКОЙ ГРУППОВОЙ СИСТЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Ш.М. Утарбаев

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

В статье на основании сбора и обработки данных о повреждениях водоводов Ишимской групповой системы приводится определение показателей надежности работы и сравнение их числовых значений с параметрами потока отказов городских систем водоснабжения. Полученные значения показателей надежности работы необходимо использовать для выполнения нормативных требований частоты повторения отказов за определенный интервал эксплуатационного периода.

Табл.-2.

УДК 627.88

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОЦЕНКЕ  
ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КАНАЛА ИРТЫШ-КАРАГАНДА

А.Ж.Жулаев, И.Ф.Колодин

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

Приведены результаты исследований по оценке зимнего режима канала Иртыш-Караганда. Анализируются причины и условия, приводящие к снижению пропускной способности канала. Даны предложения по улучшению эксплуатационного режима и увеличению пропускной способности канала.

Иллюстр. - 1, библиогр. - 4.

УДК 631.12:626.1(574.22)

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА  
ПО УСЛОВИЯМ СНЕГОПЕРЕНОСА И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ  
СНЕГОВОРОБЫ НА КРУПНЫХ КАНАЛАХ

А.Ж.Жулаев, И.Ф.Колодин

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

Произведена количественная оценка максимальных объемов снегопереноса в районах сильной метелевой деятельности, на основании которой предлагается схема районирования территории Северного Казахстана по условиям снегопереноса. По градациям объемов переносимого за зиму снега выделено пять естественных районов.

Даны предложения по организации снегозащитных средств на крупных каналах, эксплуатируемых в районах сурового климата.

Табл. - 3; иллюстр. - 2; библиогр. - 5.



УДК 626.3:624.131

ИССЛЕДОВАНИЕ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ УСТОЙЧИВЫХ ФОРМ  
СЕЧЕНИЙ В ЛЕГКОРАЗМЫВАЕМЫХ ГРУНТАХ

Р.И.Вагапов, Н.А.Гречко

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

В статье приводятся результаты лабораторных исследований по установлению устойчивых форм сечений в легкоразмываемых грунтах. Приводятся условия обеспечения устойчивости русла.

Табл. - 3; иллюстр. - 2; библиогр. - 6.

УДК 627.157

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
НАНОСНОГО РЕЖИМА АЛААРЧИНСКОГО ГИДРОУЗЛА

А.Т.Базарбаев

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

В статье приводится объем наносов за вегетационный период в четырехкамерном отстойнике и влияние руслового бассейна-отстойника на эксплуатационный режим водозаборного сооружения, расположенного на Алаарче.

Табл. - 3; иллюстр. - 4; библиогр. - 4.

УДК 626.822:621.879.45/65.011.56

О СХЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПАПИЛЬОНИРОВАНИЯ  
ЗЕМСНАРЯДА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА КАНАЛА КРИВОЛИНЕЙНОЙ ФОРМЫ

М.Н.Сенников, И.А.Какимов

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

В статье рассмотрена электрическая схема автоматизации рабочих перемещений земснаряда при строительстве каналов гидравлически и статически устойчивых форм поперечных сечений. Раскрыта технология формирования криволинейных форм поперечных сечений каналов.

Иллюстр. - 3; библиогр. - 5.

УДК 626.8.002.5

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ВОДОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ УЗЕЛ  
НА КАНАЛЕ-БЫСТРОТОКЕ СО СВЕРХБУРНЫМ РЕЖИМОМ ТЕЧЕНИЯ

Я.В.Бочкарев, Н.П.Лавров, А.И.Рохман

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

В статье дано описание внедренной на канале-быстротоке Беловодский Московского района Киргизской ССР новой конструкции водораспределительного узла, включающего гаситель энергии потока воды и всережимные стабилизаторы расхода. Приведено краткое изложение состава экспериментальных исследований основных элементов сооружения с целью определения их рациональных размеров.

Иллюстр. - 2.



УДК 621.646 /088.8/

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОВЫПУСКА ПОСТОЯННОГО РАСХОДА  
ДЛЯ ПОЛИВНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

А.Я.Рабинович, А.А.Таттибаев, Н.Ю.Креккер

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

В статье приведены методика установления взаимосвязи между ходом (деформацией упругой части) клапана и изменяющимся напором в трубопроводе, выражающей в изменении регулируемого сечения для достижения постоянства расхода. Приведены опытные данные расходных характеристик экспериментального образца водовыпуска, разработанные по предлагаемому методу.

Иллюстр. - 3, библиогр. - 7.

УДК 532.543.1:628.821

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИУСА ПОВОРОТА  
НА КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКАХ УСТОЙЧИВЫХ РУСЛ

С.А.Сарсекеев, Т.К.Карлиханов

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

В статье получена формула для определения радиуса кривизны динамической оси потока.

Предлагаемая расчетная формула сопоставлена с натурными данными.

Табл. - 1; иллюстр. - 3.

УДК 631.423

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИТРАТНОГО И АММИАЧНОГО  
АЗОТА В ОДНОЙ ВЫТЯЖКЕ ИЗ ПОЧВЫ

И.К.Ряков

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

В статье доказывається, что в почвенной вытяжке, приготовленной на 2% растворе хлористого калия, одновременно можно определять нитратный и аммиачный азот, что значительно ускоряет производство этих анализов.

Табл. - 1; библиогр. - 5.

УДК 681.2:551.468.4 (26.05):681.2

РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ПОГРЕШНОСТИ ФИЛЬТРОМЕРА ФК-3

А.Ф.Мац, Г.С.Любина, И.С.Мауленов

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

Вероятностно-статистическими методами исследованы закономерности измерения погрешности разработанного в КазНИИВХ фильтромера ФК-3.

Установлено, что фильтромер ФК-3 обеспечивает измерение фильтрации воды в открытых водоемах при переменном уровне с погрешностью 3% при доверительной вероятности 0,9.

Табл. - 1; иллюстр. - 2; библиогр. - 3.



УДК 556.16:330.007

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ВОДНОСТИ РЕКИ ИШИМ  
ПОД ВЛИЯНИЕМ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В.К.Шевцова

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

Выполнена оценка влияния комплекса хозяйственной деятельности на сток р. Ишим. Показано, что в настоящее время сток реки Ишим подвержен влиянию антропогенных факторов. Основное изменение годового стока произошло в результате изменения поверхностного стока. Уменьшение стока в расчетных створах Целиноград и Петропавловск составляет соответственно 21 и 16%.

Табл. - 3; иллюстр. - 2; библиогр. - 2.

УДК 633.18:631.67+626.86

МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ДРЕНАЖНО-СБРОСНЫХ ВОД И ВОЗМОЖНОСТИ  
ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ КУЛЬТУР РИСОВОГО СЕВООБОРОТА

А.Г.Рау

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

В производственных условиях, на опытных делянках и в вегетационных сосудах исследованы различные варианты полива риса и сопутствующих культур дренажно-сбросной водой с минерализацией от 1,2 до 6,0 г/л.

В статье изложены зависимости между минерализацией поливной воды и урожаем, накоплением солей в почвогрунтах и грунтовых водах, мероприятия по сохранению и улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель, увеличению их водообеспеченности, получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур при использовании дренажных вод.

Табл. - 4; иллюстр. - 1.

УДК 551.495:631.175+633.31

# ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА УРОЖАЙ И СУММАРНОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ЛЮЦЕРНЫ

А.Е.Михель

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

На основе полевых исследований, выполненных в опытно-производственных условиях, выявлены зависимости и получены уравнения, отражающие влияние уровня грунтовых вод на урожай и суммарное водопотребление люцерны.

Табл. - 1; иллюстр. - 3.

УДК 633.18:626.82

# К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДОПОДАЧИ НА РИСОВОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Н.Б.Атшабаров

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

В статье рассматривается оросительная сеть, гидросооружения на ней и водный режим РОС на примере Акдалинского рисового массива из условия создания регулирования водораспределения на внутрихозяйственной сети РОС средствами гидроавтоматики.

Приводится схема регулирования с разделением подаваемого расхода воды на постоянную и переменную во времени составляющие.

Табл. - 1; иллюстр. - 2; библиогр. - 4.



УДК 626.81:631.347.4

# ИРРИГАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКТ С ПЕРЕМЕЩАЕМЫМИ ИМПУЛЬСНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ ПУШКАМИ

Ж.А.Сандыбаев, А.Я.Рабинович

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

В статье приведено обоснование необходимости создания полустационарных мобильных ирригационных комплектов на базе перемещаемых импульсных дождевальных пушек (ПИДП), работающих позиционно или в движении с питанием водой из гибкого трубопровода, для орошения пастбищно-сенокосных кормовых угодий в условиях горного рельефа юга и юго-восточного Казахстана.

Приведены примерный состав и технология полива загонов культурных пастбищ одним из ирригационных комплектов, разработанных в КазНИИВХ, результаты опытно-конструкторских разработок и экспериментальных исследований, выполненных в институте, совместно с ИСКБ по ирригации (г.Ташкент) по созданию ПИДП.

Иллюстр. - 2.

УДК 631.347.4:634.1/8

# ИМПУЛЬСНОЕ ДОЖДЕВАНИЕ ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР НА НИЗКОРОСЛЫХ ПОДВОЯХ

А.Я.Рабинович, И.Г.Зуб, В.А.Жарков

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

В статье приведены результаты наблюдений за водным режимом почвы, микроклиматом орошаемого поля, ростом и развитием яблонь, суммарным и удельным водопотреблением яблоневого сада при импульсном и обычном дождевании. Приведены технологические схемы обработок яблоневого сада и затраты труда на эти обработки.

Иллюстр. - 4; табл. - 2; библиогр. - 3.

УДК 631.41:631.587

ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ  
И ГРУНТОВОЙ ВОДЫ ПРИ ОСВОЕНИИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ  
В ЗОНЕ КАНАЛА ИРТЫШ-КАРАГАНЦА

Н.И.Пересыпкин, Б.Ш.Темралиев, Н.А.Токарев

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

Установлено, что орошение с применением ДМ "Волжанка" на вновь освоенных землях совхоза "Мирный" Карагандинской области приводит к уменьшению плотного остатка воднорастворимых солей в активном слое почво-грунта при стабильном уровне грунтовых вод на уровне 5,8-6,0 м. За три года наблюдений выявлено, что поглощенный кальций в коллоидном комплексе, занимая ведущее место, может достигать 70-75% от суммы поглощенных оснований магний - 25-30%, а натрий - не более 5-7%.

Табл. - 2.

УДК 628.176:631.67+628.153

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
В МНОГОРЕЗЕРВУАРНЫХ СИСТЕМАХ ПАСТБИЩНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Э.Н.Пак

Сборник научных трудов, вып. 154, Ташкент, КазНИИВХ, 1979

В статье дан краткий анализ состояния вопроса распределения воды по водопойным пунктам системы и принцип автоматического регулирования водораспределением в много-резервуарных системах пастбищного водоснабжения.

Приведены аналитические зависимости определения регулирующего объема, результаты экспериментальных исследований и методика расчета основных параметров устройства.

Иллюстр. - 6; библиогр. - 5.



УДК 627.01

РАСЧЕТ ЗАНЕСЕНИЯ ПОДПЕРТЫХ БЪЕФОВ  
НИЗКОНАПОРНЫХ ГИДРОУЗЛОВ ДЛЯ ОДНОРОД-  
НОГО СОСТАВА ДОННЫХ НАСОСОВ

А.Г.ПУЛАТОВ, В.А.СКРЫЛЬНИКОВ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ, ВЫП.154, Ташкент, САНИИРИ, 1979

В работе приводится решение ранее полученного уравнения занесения бьефов разнородными наносами для условий, когда наносы представлены однородным грунтом. Установлено, что процесс отложения однородных наносов является линейной функцией времени.

Аналогичный результат вытекает из анализа формулы по определению степени осветления бьефов низконапорных гидроузлов при некоторых значениях показателя степени, зависящего от разнородности влекомых наносов, включая и условие однородности грунта. Иллюстр. I.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Н.П.Н и, А.Б.Магай, А.Абдукаримов. О режимах водопотребления овец на отгонных пастбищах в условиях Юга Казахстана. . . . .                                       | 3  |
| 2. А.Б.Магай, Н.П.Н и, Ж.Сиргельбаев. Влияние кратности и сроков водопоя на водопотребление животных на пастбищах. . . . .                                          | 10 |
| 3. В.Н.Мухамеджанов, Ш.Ш.Асakov. Система технико-экономических показателей для оценки работы групповых систем сельскохозяйственного водоснабжения. . . . .          | 14 |
| 4. Т.Б.Саяков. Использование рентных платежей за воду в условиях хозрасчетного взаимоотношения между водопользователями и управлениями оросительных систем. . . . . | 21 |
| 5. Б.С.Сейпилова. Эффективность использования оросительной воды в бассейне р. Чу. . . . .                                                                           | 29 |
| 6. Ш.М.Утарбаев. О показателях надежности работы водоводов Ишимской групповой системы сельскохозяйственного водоснабжения. . . . .                                  | 34 |
| 7. А.Ж.Жулаев, И.Ф.Колодин. Районирование территории Северного Казахстана по условиям снеготранспорта и некоторые вопросы снегоборьбы на крупных каналах. . . . .   | 40 |
| 8. А.Ж.Жулаев, И.Ф.Колодин. Результаты натурных исследований по оценке пропускной способности канала Иртыш-Караганда. . . . .                                       | 49 |
| 9. Р.И.Вагапов, Н.А.Гречко. Исследование по установлению устойчивых форм сечений в легко-размываемых грунтах. . . . .                                               | 56 |
| 10. А.Т.Базарбаев. Результаты натурных исследований наносного режима Алаарчинского гидроузла. . . . .                                                               | 64 |
| 11. М.Н.Сениников, И.А.Каюмов. О схеме автоматизированного папильонирования земснаряда для строительства канала криволинейной                                       |    |



- формы поперечного сечения. . . . . 72
12. Я.В.Бочкарев, Н.П.Лавров, А.И.Рохман.  
Автоматизированный водораспределительный узел  
на канале-быстротоке со сверхбурным режимом  
течения. . . . . 78
13. А.Я.Рабинович, Н.Ю.Креккер,  
А.А.Таттибаев. Исследование водовыпуска  
постоянного расхода для поливных трубопроводов . 84
14. С.А.Сарсекеев, Т.К.Карлиханов. К во-  
просу определения радиуса поворота на криво-  
линейных участках устойчивых русл. . . . . 92
15. И.К.Рников. Определение нитратного и аммиач-  
ного азота в одной вытяжке из почвы. . . . . 101
16. А.Ф.Мап, Г.С.Добина, И.С.Мауленов.  
Результаты статистических исследований погр-  
ешности фильтромера ФК-3. . . . . 107
17. В.К.Шевцова. Оценка изменения водности  
реки Илим под влиянием хозяйственной дея-  
тельности. . . . . 113
18. А.Г.Рау. Минерализация дренажно-сбросных вод  
и возможности их использования для орошения  
культур рисового севооборота . . . . . 120
19. А.Е.Михель. Влияние уровня грунтовых вод на  
урожаи и суммарное водопотребление люцерны . . 132
20. Ж.А.Сандыбаев, А.Я.Рабинович.  
Ирригационный комплект с перемещаемыми дож-  
девальными пушками . . . . . 138
21. А.Я.Рабинович, И.Г.Зуб, В.А.Жарков  
Импульсное дождевание плодовых культур на  
низкорослых подвоях. . . . . 142
22. Н.Б.Атшабаров. К вопросу автоматизации регулиро-  
вания водоподачи на рисовой оросительной  
системе. . . . . 152
23. Н.И.Пересыпкин, Б.Ш.Темралиев,  
А.Н.Токарев. Изменение некоторых хи-  
мических свойств почвы и грунтовой воды

|                                                   |                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|                                                   | при освоении орошаемых земель в зоне<br>канала Иртыш-Караганда . . . . .                                                  | 158 |
| 24. Э.Н.П а к.                                    | Автоматическое регулирование водораспре-<br>деления в многорезервуарных системах паст-<br>бищного водоснабжения . . . . . | 167 |
| 25. А.Г.П у л а т о в, В.А.С к р ы л ь н и к о в. | Расчет<br>занесения подпертых бьефов низконапорных<br>гидроузлов для однородного состава донных<br>наносов . . . . .      | 182 |
| 26. Р е ф е р а т ы                               | . . . . .                                                                                                                 | 188 |