

ТРУДЫ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО  
ИНСТИТУТА  
ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

ТОМ II

1960

КАЗАХСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

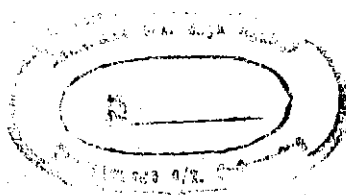
064631.6

Кв. 412

ТРУДЫ  
ИНСТИТУТА ВОДНОГО  
ХОЗЯЙСТВА

ТОМ II

84548



КАЗАХСКОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

Алма-Ата — 1960

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

*З. Т. Беркалиев* (главный редактор), *А. Г. Турбин* (зам. главного редактора), *Г. Д. Мурзалиев*, *А. И. Загуменный*, *П. А. Понер*, *Н. С. Горюнов*, *И. Н. Тепляков*.

ТРУДЫ  
ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

1960

Том II

*З. Т. Беркалиев,*  
член-корреспондент КазАСХН,  
*Н. С. Горюнов,*  
кандидат технических наук

**ОСНОВНЫЕ ИТОГИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ В КАЗАХСТАНЕ**

Труженики Казахстана встречают 40-летие своей республики большими победами в политическом, хозяйственном и культурном строительстве. Сельское хозяйство республики за годы Советской власти добилось крупных успехов в своем развитии. Большую роль в этом развитии играет водохозяйственное строительство. В данное время площадь орошаемых земель в республике составляет 2,1 млн. га, площадь лиманного орошения — порядка 1 млн. га, а площадь обводненных пастбищ — свыше 80 млн. га.

Для успешного решения сложных проблем водохозяйственного строительства потребовалось выполнить много научно-исследовательских работ.

Одним из первых мероприятий Советского правительства в деле развития водохозяйственной науки было создание в Ташкенте крупного научно-исследовательского института ирригации и его филиалов в виде опытных станций во всех основных орошаемых районах Средней Азии и Казахстана. В последующем эти опытные станции явились базой для организации научно-исследовательских институтов по водному хозяйству.

Исследования по водному хозяйству проводились по двум направлениям: по изучению водных и гидроэнергетических ресурсов республики и по разработке методов наиболее эффективного использования их в целях обеспечения водой и электроэнергией быстро развивающейся промышленности и сельского хозяйства.

Первое направление представлено гидрогеологическими, гидрологическими и гидроэнергетическими исследованиями, которые проводились институтами Академии наук КазССР, Академии сельскохозяйственных наук, Государственным гидрологическим институтом, учреждениями гидрометслужбы и



рядом других отраслевых научных и проектных институтов союзного и республиканского подчинения.

Второе направление представлено в основном исследованиями по разработке практических методов эффективного использования водных ресурсов для правильного и лиманного орошения, обводнения пастбищ и сельскохозяйственного водоснабжения, получения электроэнергии и другими вопросами водного хозяйства, которые изучаются рядом сельскохозяйственных научно-исследовательских и других институтов.

Остановимся кратко на результатах проведенных исследований.

**Гидрологические исследования.** Гидрологические исследования на территории Казахстана проводятся рядом учреждений управления гидрометслужбы и научно-исследовательских и проектных организаций.

Для стационарного изучения режима рек и водоемов, а также характеристик климата была создана густая сеть гидрологических и метеорологических станций. Кроме того, были проведены экспедиционные гидрологические исследования, связанные с проведением на территории Казахстана тех или иных водохозяйственных мероприятий.

В связи с разработкой мероприятий по использованию гидроэнергетических ресурсов бассейна реки Или Институтом энергетики АН КазССР был выполнен ряд гидрологических исследований, которые легли в основу составления водно-энергетического каскада рек бассейна, проектного задания Капчагайского гидроузла на реке Или.

Большие гидрологические исследования проведены в связи с проектированием крупных водохозяйственных мероприятий по водоснабжению промышленности и сельского хозяйства в Центральном, Северном и Западном Казахстане.

Крупные исследования рек и озер проведены Государственным гидрологическим институтом в районах освоения целинных и залежных земель. Проведившиеся гидрологические исследования в разное время и различными организациями позволили ряду научно-исследовательских институтов теоретически обобщить имеющиеся материалы исследований. В результате этого выявлены основные закономерности формирования стока рек и водоемов, получены расчетные формулы, графики и карты стока. Выпущено большое количество монографий и статей, посвященных закономерностям распределения стока по территории, гидрологического и гидрохимического режима рек и водоемов, методике расчета основных гидрологических характеристик стока и др.

Проведенные работы позволяют количественно и качественно оценить ресурсы поверхностных вод на территории респуб-

лики и ее отдельных районов и наметить пути наиболее рационального использования поверхностных вод для нужд народного хозяйства.

**Гидрогеологические исследования.** Наряду с исследованиями по использованию поверхностных вод, в республике ведутся большие исследования по использованию подземных вод.

Если до революции гидрогеологические исследования проводились лишь в связи со строительством железных дорог и водоснабжением переселенческих участков на небольших территориях, то после установления Советской власти в Казахстане были начаты большие гидрогеологические исследования регионального характера.

В период индустриализации страны на территории Казахстана гидрогеологические исследования проводились в целях водоснабжения промышленности и транспорта в центральных и южных районах республики, сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения пастбищ в Северном, Центральном и других районах Казахстана, а также в целях изучения режима грунтовых вод в орошаемых районах республики.

Гидрогеологические исследования в послевоенный период были весьма результативны, они способствовали обеспечению водой ряда крупных и мелких промышленных объектов, населенных пунктов, зерновых совхозов на целинных землях, обводнению крупных пастбищных территорий.

Выявлены большие ресурсы пресных подземных вод в песчаных массивах Муюн-Кум и Сары-Ишик-Отрау и в ряде других мест.

Проведенные исследования дали основание Институту геологических наук АН КазССР составить карты прогнозов артезианских вод и выявить их запасы.

**Гидроэнергетические исследования.** Научно-исследовательские работы по определению водноэнергетических ресурсов нашей республики позволили еще в 1930 году составить схему комплексного использования водных ресурсов бассейна реки Чирчик. Затем в конце первой пятилетки, примерно в течение 4—7 лет, проводились исследования по комплексному использованию рек Чарына, Чилика, Или и в бассейне реки Иртыша.

В последние годы такие исследования и проработки одновременно с другими крупными водохозяйственными организациями проводит Институт энергетики АН КазССР.

Проведенные Институтом энергетики АН КазССР исследования позволили разработать методику учета потенциальных гидроэнергетических ресурсов речных и оросительных систем. Составлен общий водноэнергетический кадастр рек Казахстана. Разработана методика установления оптимальных параметров гидростанций и расчета регулирования речного стока при ком-

плексном использовании рек. Определены оптимальные режимы работы горных ГЭС с учетом льдотермического фактора водотоков. Разработаны варианты переброски воды из реки Иртыша в Центральный Казахстан, схемы комплексного использования стока реки Ишима, крупной водной артерии в районах освоения целинных земель. Такие же исследования проведены по использованию стока реки Или, являющейся третьей по величине рекой Казахстана. Разработаны основные положения проблемы Или-Чуйского канала, назначение которого — обводнить территорию пустыни Бетпак-Дала, площадью в 23 млн. га.

Имеются проработки по схеме комплексного использования рек Таласса и Ассы, где весь сток должен использоваться сначала на ГЭС, а затем на орошение нижележащих территорий. Казахские научно-исследовательские и проектные организации принимали участие в разработке схем по использованию водных ресурсов реки Иртыша, предполагающих строительство на Иртыше каскада крупных гидроэлектростанций.

Помимо указанных работ, проведены исследования и получены положительные результаты по созданию надежных водозаборных, наносозахватных и селезащитных сооружений на горных реках юга республики.

**Исследования по водному хозяйству.** Основные исследования по ирригации и мелиорации в республиках Средней Азии и Казахстане в период до Великой Отечественной войны проводились Средне-Азиатским научно-исследовательским институтом ирригации (САНИИРИ). Результаты исследований позволили нормировать водопотребление и провести районирование орошаемых земель по условиям режима орошения, что дало возможность производить водохозяйственные расчеты, составляющие основу оросительных систем. Особенно следует отметить обширные результаты по изучению специфики эксплуатации ирригационных систем в различных природных и хозяйственных условиях. На основе их анализа выработаны методы планового водопользования. Составлены первые «Правила технической эксплуатации оросительных систем СССР» (1938 год), которые явились основой эксплуатации ирригационных систем СССР.

Отдельными вопросами рационального использования водных ресурсов и сельскохозяйственных мелиораций в этот период занимался Казахский научно-исследовательский институт удобрений и агропочвоведения (организован в 1926 году) и Алма-Атинское свекловичное опытное поле Главсахара (созданное в 1932 году). Опытное поле провело некоторые работы по изучению вопросов орошения сахарной свеклы. В дальнейшем эти исследования продолжил Казахский научно-исследо-

вательский институт земледелия под руководством Г. З. Бияшева.

Сеть научно-исследовательских учреждений по сельскому хозяйству в республике особенно быстро стала развиваться после Великой Отечественной войны. В 1945—1948 годах был организован ряд опытных станций, занимавшихся исследованиями по водному хозяйству. Так, например, Бетпак-Далинская комплексная опытная станция разрабатывала методы использования водных ресурсов в целях обводнения этой пустыни, использования поймы реки Чу для увеличения кормовых ресурсов.

Карагандинская опытная станция разработала вопросы лиманного орошения и орошения овощных культур.

В 1950 году на базе Республиканской опытной мелиоративной станции был создан Казахский научно-исследовательский институт водного и лесного хозяйства.

Осенью 1956 года Институт был реорганизован в два самостоятельных института водного и лесного хозяйства.

Одним из основных направлений в работе института водного хозяйства Казахской академии сельскохозяйственных наук являются исследования по обводнению и водоснабжению пастбищных угодий республики.

Исследования проведены Институтом на территории урочища «Сам», расположенном в Актюбинской и Гурьевской областях, в пустыне Бетпак-Дала и на других территориях.

Исследовательские работы проводились как в направлении выявления водных ресурсов, так и в направлении разработки мероприятий по обводнению и водоснабжению пастбищных территорий.

Предложенные институтом методы разработки схем обводнения больших территорий пастбищ и скотопрогонных трасс, принципы размещения водопойных пунктов, типы вододобывающих сооружений и ряд других мероприятий используется проектными и водохозяйственными организациями республики.

В 1955—1956 гг. Институтом выполнена работа по изучению водных ресурсов целинных земель Акмолинской области. Прделанная работа позволила наметить основные пути по улучшению водоснабжения, разработать схемы и мероприятия по использованию водных ресурсов районов освоения целинных земель области.

Институтом водного хозяйства проводились научно-исследовательские работы по изучению режима лиманного орошения. В результате исследований в различных природных зонах республики разработан режим затопления пойменных искусственных лиманов, а также предложен простой способ определения продолжительности затопления пойменных лиманов

в зависимости от конкретных природных и хозяйственных условий.

Значительные работы институтом проводятся по разработке методов улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель на юге республики.

Проведены исследования и разработаны предварительные мероприятия по улучшению мелиоративного состояния Шаульдерской и Каратальской оросительных систем, определены сроки и нормы промывок, необходимые размеры дренажных сооружений на засоленных орошаемых землях в предгорьях Казахстана, где сосредоточено более 500 тыс. га орошаемых земель. Почвенно-мелиоративная карта земель Шаульдерской оросительной системы, составленная Институтом водного хозяйства, явилась основой для составления проекта мелиоративного улучшения земель системы. Исследованиями по Каратальской оросительной системе было определено влияние рисовых посевов на мелиоративное состояние орошаемых земель.

Исследования, проведенные на засоленных землях предгорий Казахстана, позволили рекомендовать в качестве оптимальной сезонную промывную норму в 2 000 м<sup>3</sup>/га. В целях лучшего опреснения почвы и на большую глубину промывную норму следует давать в два-три приема. При слабом естественном оттоке грунтовых вод промывки эффективны только на фоне горизонтального глубокого и мелкого временного дренажа. Промывку почвы лучше осуществлять затоплением по чекам.

Наиболее солеустойчивой культурой для освоения почвы в первые годы после промывки является подсолнечник. Аэрационный дренаж, нарезку которого можно совместить с пахотой почвы, способствует значительно быстрому улучшению водно-физических свойств почвы и восстановлению ее плодородия.

Одной из причин нерационального использования орошаемых земель является низкая производительность труда на поливе и отсутствие научно разработанных поливных режимов и техники полива сельскохозяйственных культур. Институт водного хозяйства, занимаясь исследованиями, направленными на повышение производительности труда при поверхностном поливе, разработал схемы расположения временной оросительной сети и порядок подачи воды в нее, при которых производительность труда поливальщика может быть доведена до 7—8 га в день. В настоящее время предложенные схемы расположения временной сети проходят производственную проверку.

В настоящее время институтом проводятся исследования по разработке дифференцированного поливного режима и тех-

ники полива сахарной свеклы и кукурузы, являющихся ведущими сельскохозяйственными культурами на юге республики. Проведенные исследования дали весьма положительные предварительные результаты.

Для почв исследуемой зоны под сахарную свеклу (в средний по влажности год) лучшие результаты дают оросительные нормы в 5 000—6 000  $m^3/ga$  при семи-девяти поливах нормой 700—800  $m^3/ga$ , когда влажность корнеобитаемого слоя почвы поддерживается не ниже 70—75% от предельно-полевой влагоемкости. Лучшие результаты получены в вариантах, где поливы сконцентрированы во второй и третий период развития сахарной свеклы.

Для получения высоких и устойчивых урожаев зеленой массы и зерна кукурузы ее достаточно поливать четыре раза оросительной нормой не более 4 000  $m^3/ga$ , включая один влагозарядковый осенний полив нормой 1 500  $m^3/ga$ . Поливная норма за каждый вегетационный полив должна быть не более 800  $m^3/ga$ . Сроки полива кукурузы можно диагностировать по концентрации клеточного сока.

В результате проведения полевых опытов получены данные для подбора оптимальных элементов техники полива этих культур в зависимости от почв и уклонов поверхности полей. Одновременно проводится проверка ряда теоретических методов по установлению и нормированию водопотребления сельскохозяйственных культур.

Ряд исследований по обводнению, сельскохозяйственному водоснабжению и орошению проводит гидромелиоративный факультет Казахского сельскохозяйственного института.

Большие исследования в Казахстанской части Голодной степи проводит ВНИИГИМ по орошению хлопчатника дождеванием. Проектными организациями Союза и республики в ближайшие годы будет закончено составление генеральной схемы водоснабжения народного хозяйства Казахстана.

В данной статье авторы остановились только на основных вопросах исследований по водному хозяйству в республике.

В настоящее время все усилия хозяйственных, научно-исследовательских и проектных организаций по водному хозяйству направлены на дальнейшее развитие орошаемого земледелия, обводнения и укрепления кормовой базы в целях досрочного выполнения семилетнего плана.

А. Г. Турбин,

кандидат технических наук

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА  
ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ВРЕМЕННЫХ ОРОСИТЕЛЕЙ  
ПРИ РАБОТЕ ОДНОЙ ВЫВОДНОЙ БОРОЗДЫ**

Опыт и практика показывают, что для полного освоения и эффективного использования орошаемых земель необходимо плановое водопользование на внутрехозяйственной оросительной сети.

Успешная реализация внутрехозяйственных планов водопользования может быть осуществлена только в том случае, если они составляются на основе фактических данных о величине потерь воды во всех категориях каналов оросительной сети.

Коэффициент полезного действия временных оросителей в общем виде может быть определен по следующей общеизвестной зависимости:

$$\eta = \frac{W_r \Sigma \Delta W}{W_r} = 1 - \frac{\Sigma \Delta W}{W_r} \dots \dots \dots (1),$$

где:  $\eta$  — коэффициент полезного действия временного оросителя;

$W_r$  — объем воды, прошедшей в головной части временного оросителя за весь период его работы;

$\Sigma \Delta W$  — суммарный объем потерь воды во временном оросителе за весь период его работы.

Потребная подача воды в головной части временного оросителя для полива участка определяется по следующей зависимости:

$$W_r = F \times m : \eta,$$

а объем потерь —

$$\Sigma \Delta W = W_r (1 - \eta),$$

где:  $F$  — площадь участка, поливаемого из временного оросителя, га;

$m$  — поливная норма, м<sup>3</sup>/га.

Из приведенных зависимостей видно, что как потребная подача воды на участок, так и объем потерь являются функцией площади участка, поливной нормы и потерь воды, а последние в свою очередь зависят от потребной продолжительности работы оросителя и головного расхода.

Следовательно, потребная подача воды на участок и объем потерь являются функцией

$$W_r \text{ и } \Sigma \Delta W = f(F, m, \eta, t \text{ и } q).$$

Поэтому при определении коэффициента полезного действия временных оросителей прежде всего должны быть проведены полевые работы по установлению размера потерь воды при принятых расходах.

Второй задачей при определении коэффициента полезного действия временных оросителей является установление динамики потерь воды во времени.

На основе указанных данных по длине временных оросителей, головному расходу, площади временной поливной карты и поливной норме определяется коэффициент полезного действия временных оросителей.

Определение размера потерь воды на впитывание и фильтрацию из временных оросителей производится при помощи водомеров, установленных в начале и конце опытных участков. Скорость добегания струи между водомерами определяется с помощью поплавков, пускаемых от верхнего водомера через каждые 1—2 часа работы оросителя. Учет расходов воды, т. е. отсчет по рейкам водомеров, проходящих через начальный и концевой водомеры, проводится через каждые пять минут работы оросителя. Расстояние между водомерами, или длина опытного участка, должно быть не меньше 500—600 м. Продолжительность работы по определению размера потерь воды должна быть не меньше 12—14 часов.

Полевые материалы по определению размера потерь воды в оросителях подвергаются следующей обработке:

- 1) за каждый час работы оросителя определяются взаимные объемы воды, прошедшие через головной и концевой водомеры;
- 2) по взаимным объемам определяются общие потери воды в кубических метрах и в процентах как на всей длине участка, так и на 100 пог. м длины оросителя.

Для уяснения методики обработки полевых материалов по установлению динамики потерь воды во времени приводим примеры.



Пример 1. На временном оросителе проведены полевые работы по определению потерь воды при помощи водомеров с коническими насадками. Требуется определить динамику потерь воды во времени.

По полевым материалам определяются взаимные объемы воды, прошедшие через головной и концевой водомеры за каждый час работы оросителя (2-ая и 3-я колонки таблицы 1). Разность указанных объемов дает размер потерь воды в кубических метрах (колонка 4). Отношение указанной разности к объему воды, прошедшей через головной водомер, дает процент общих потерь на участке (колонка 5), а отношение этого процента к длине участка, выраженного в сотнях метров,— процент удельных потерь на 100 пог. м длины оросителя (колонка 6).

Таблица 1

Период работы оросителя, часы	Объем воды, прошедший через водомеры, м <sup>3</sup>		Объем потерь воды, м <sup>3</sup>	Общие потери воды, %	Удельные потери воды на 100 пог. м. длины оросителя, %
	головной	концевой			
1	134,33	110,43	23,9	17,80	5,08
2	306,32	271,32	35,0	11,40	3,26
3	508,55	460,05	48,5	9,52	2,72
4	712,38	649,78	62,6	8,81	2,52
5	918,62	847,22	71,4	7,77	2,22
6	1 113,06	1 047,22	75,8	6,82	1,95
7	1 320,55	1 236,55	84,0	6,36	1,82
8	1 580,85	1 447,85	83,0	5,42	1,55
9	1 741,09	1 659,49	81,6	4,69	1,34
10	1 941,67	1 854,47	87,2	4,48	1,28
11	2 152,39	2 065,99	86,4	4,02	1,15
12	2 366,47	2 276,07	90,4	3,82	1,09
13	2 570,10	2 476,60	93,5	3,64	1,04
14	2 766,33	2 664,53	101,8	3,68	1,05
15	2 935,20	2 827,40	107,8	3,68	1,05
16	3 095,20	2 997,00	98,2	3,18	0,91

Если продолжительность наблюдений по определению потерь воды окажется меньше потребной продолжительности работы оросителей, то математической обработкой удельных потерь производится удлинение ряда наблюдений.

Допускается, что характер изменения потерь воды во времени происходит по закону впитывания, установленному академиком А. Н. Костяковым, т. е. по зависимости:

$$\sigma_t = \frac{a}{tb} \% \dots \dots \dots (2),$$

Определение КПД временных оросителей при одной выводной борозде 13

где:  $\sigma_t$  — процент удельных потерь на 100 пог. м длины оросителя, отвечающий определенному моменту времени от начала работы оросителя;

$\sigma_t$  — продолжительность работы оросителя;

$a$  — значение размера потерь в начальный момент работы оросителя (в конце первого часа работы);

$b$  — показатель степени, характеризующий водопроницаемость почвы.

Определение параметров «а» и «b» производится по способу наименьших квадратов или графически по кубической сетке. При определении указанных параметров по способу наименьших квадратов зависимость (2) при помощи логарифмирования сводится к прямой, т. е.

$$\lg \sigma = \lg a - b \lg t$$

Обозначив  $\lg \sigma = y$ ,  $\lg a = k$  и  $\lg t = x$ ,  
получают  $y = k - bx$  . . . . . (3).

Графически эта зависимость выражается прямой, уравнение которой находят из основного условия способа наименьших квадратов. После дифференцирования частных производных по искомым параметрам получаются следующие два уравнения:

$$\begin{aligned} nk - b \sum x_i - \sum y_i &= 0; \\ k \sum x_i - b \sum x_i^2 - \sum x_i \cdot y_i &= 0 \end{aligned} \quad . . . . . (4).$$

Таблица 2

Часы	$\lg t = x_i$	$\sigma_t$	$\lg \sigma_t = y_i$	$x_i \cdot y_i$	$x_i^2$
1	0,0000	5,08	0,7059	0,0000	0,0000
2	0,3010	3,26	0,5132	0,1540	0,0906
3	0,4771	2,72	0,4346	0,2070	0,2176
4	0,6121	2,52	0,4014	0,2460	0,3740
5	0,6990	2,22	0,3464	0,2420	0,4475
6	0,7782	1,95	0,2900	0,2260	0,6060
7	0,8451	1,82	0,2601	0,2200	0,7140
8	0,9031	1,55	0,1903	0,1718	0,8160
9	0,9542	1,34	0,1271	0,1212	0,9100
10	1,0000	1,28	0,1072	0,1072	1,0000
11	1,0414	1,15	0,0607	0,0633	1,0836
12	1,0792	1,09	0,0374	0,0404	1,1650
13	1,1139	1,04	0,0170	0,0189	1,2430
14	1,1461	1,05	0,0212	0,0243	1,3140
15	1,1761	1,05	0,0212	0,0249	1,3050
16	1,2041	0,91	-0,0410	-0,0454	1,450
Сумма	13,3306	—	3,4927	1,8216	12,8160

Таблица 3

t	lgt	0,63lgt	t <sub>0,63</sub>	$\sigma_t = \frac{5,57}{t_{0,63}}$
1	0,0000	0,0000	1,000	5,57
2	0,3010	0,1895	1,583	3,52
3	0,4771	0,3000	1,995	2,79
4	0,6021	0,3790	2,393	2,33
5	0,6990	0,4400	2,754	2,02
6	0,7782	0,4900	3,090	1,80
7	0,8451	0,5320	3,404	1,64
8	0,9031	0,5690	3,707	1,50
9	0,9542	0,6110	3,990	1,40
10	1,0000	0,6300	4,266	1,31
11	1,0414	0,6570	4,540	1,23
12	1,0792	0,6800	4,786	1,16
13	1,1139	0,7030	5,046	1,11
14	1,1461	0,7220	5,250	1,06
15	1,1761	0,7410	5,508	1,01
16	1,2041	0,7590	5,741	0,97
17	1,2305	0,7750	5,956	0,94
18	1,2553	0,7900	6,166	0,904
19	1,2788	0,8060	6,397	0,871
20	1,3016	0,8200	6,607	0,844
21	1,3222	0,8330	6,808	0,819
22	1,3424	0,8450	6,998	0,797
23	1,3617	0,8580	7,211	0,774
24	1,3882	0,8690	7,396	0,754
25	1,3973	0,8800	7,586	0,734
26	1,4150	0,8910	7,780	0,716
27	1,4314	0,9020	7,980	0,698
28	1,4472	0,9120	8,166	0,682
29	1,4624	0,9200	8,318	0,670
30	1,4771	0,9300	8,511	0,655
31	1,4914	0,9390	8,690	0,641
32	1,5052	0,9470	8,851	0,629
33	1,5185	0,9570	9,057	0,615
34	1,5315	0,9650	9,227	0,604
35	1,5441	0,9730	9,397	0,593
36	1,5563	0,9800	9,550	0,583
37	1,5682	0,9880	9,727	0,572
38	1,5798	0,9950	9,887	0,563
39	1,5911	1,0080	10,07	0,553
40	1,6021	1,0080	10,19	0,546
41	1,6128	1,0150	10,35	0,538
42	1,6233	1,0220	10,52	0,529
43	1,6335	1,0280	10,66	0,521
44	1,6435	1,0350	10,84	0,514
45	1,6532	1,0400	10,97	0,507
46	1,6628	1,0460	11,12	0,501
47	1,6721	1,0530	11,30	0,493
48	1,6812	1,0580	11,43	0,487
49	1,691	1,065	11,62	0,479
50	1,691	1,065	11,62	0,479
60	1,777	1,119	13,17	0,423

t	lgt	0,63lgt	t <sup>0,63</sup>	$\sigma_t = \frac{5,57}{t^{0,63}}$
70	1,844	1,161	14,50	0,384
80	1,902	1,197	15,70	0,355
90	1,954	1,230	17,00	0,328
100	2,000	1,260	18,20	0,306

Совместным решением этих двух уравнений находятся «К» и «b», а по «К» определяется параметр «a». Расчет проводится в табличной форме (таблица 2).

Полученные значения  $\Sigma x$ ;  $\Sigma y$ ;  $\Sigma x \cdot y_i$  и  $\Sigma x^2$  подставляются в указанные уравнения и производят совместное их решение.

$$\begin{aligned}
 16 K - 13,331 b - 3,493 &= 0 \\
 13,331 K - 12,816 b - 1,823 &= 0 \\
 K &= 0,833 \quad b = 0,218 \\
 13,831 (0,833 b + 0,218) - 12,816 b - 1,823 &= 0 \\
 -1,696b &= -1,080 \\
 b &= 0,63 \\
 K &= 0,833 \cdot 0,63 + 0,218 = 0,743,
 \end{aligned}$$

откуда  $a = 5,57$ ,

$$\text{Тогда } \sigma_t = \frac{5,57}{t^{0,63}}$$

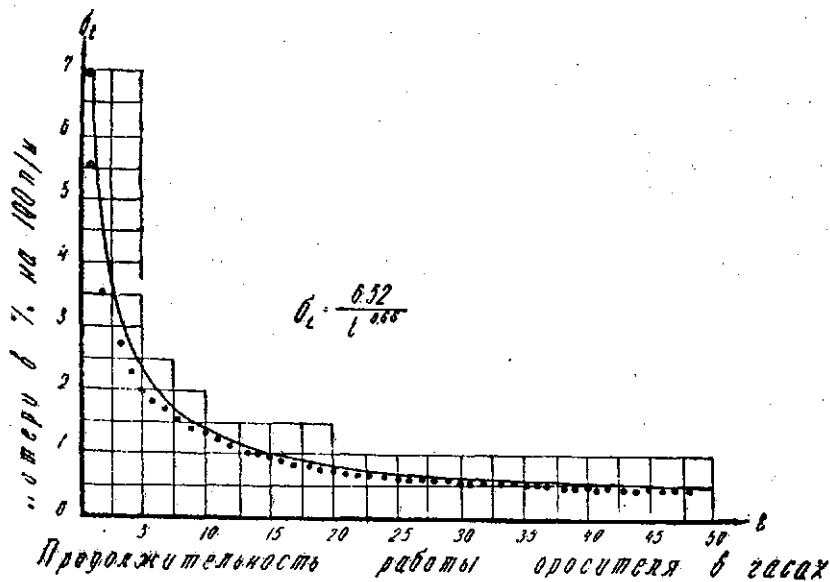


Рис. 1. Кривая потерь воды во временных оросителях.

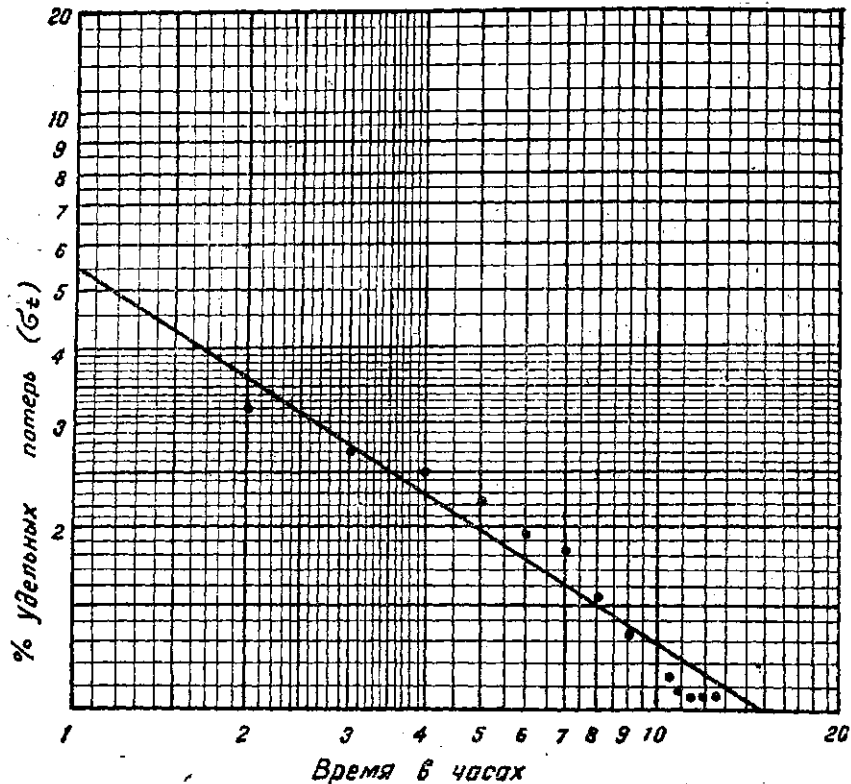


Рис. 2.

По этой зависимости вычисляются значения удельных потерь на 100 погонных метров длины оросителя.

Ход и результаты вычислений приведены в таблице 3.

По данным таблицы 3 строится кривая зависимости удельных потерь воды во временных оросителях от продолжительности их работы, где по оси абсцисс отложено время, а по оси ординат — процент удельных потерь.\*

Графическое определение параметров «а» и «в» производится по кубической сетке (рис. 2), где по оси абсцисс отложено время, а по оси ординат — процент удельных потерь.

Линия связи удельных потерь на графике проводится на глаз таким образом, чтобы она удовлетворяла равномерному расположению точек по обе стороны ее. Отрезок на оси орди-

\* Кривая, приведенная на рис. 1, построена не по данным таблицы 3, а по средним данным из пяти повторностей.

нат, отсекаемый прямой, непосредственно дает параметр «а», а тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс — параметр «в».

Из рисунка 2 видно, что прямая связи потерь отсекает на оси ординат отрезок, равный 5,60, а тангенс угла наклона этой прямой к оси абсцисс равен 0,634.

Тогда

$$\sigma_t = \frac{5,60}{t \cdot 0,63} \%.$$

Определение коэффициента полезного действия временных оросителей производится с учетом действующей их длины в каждом такте водооборота и динамичности потерь воды во времени в такой последовательности.

1. По головному расходу, размеру удельных потерь и действующей длине оросителя в такте водооборота методом последовательного приближения устанавливается потребная продолжительность работы каждого такта по выражениям:

$$q = q_r - q_r \cdot 0,01 \sigma_t \cdot l = q_r (1 - 0,01 \sigma_t \cdot l) \dots \dots \dots (4).$$

$$\text{Тогда } t = \frac{m \cdot F \cdot 1000}{3600 q_r (1 - 0,01 \sigma_t \cdot l)} = \frac{m \cdot F}{3,6 q_r (1 - 0,01 \sigma_t \cdot l)} \dots \dots (5),$$

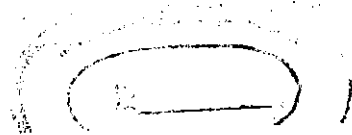
- где:  $q_r$  — головной расход временного оросителя, л/сек;  
 $q$  — головной расход выводной борозды, л/сек;  
 $m$  — величина поливной нормы, м<sup>3</sup>/га;  
 $F$  — площадь участка, поливаемого из выводной борозды, га;  
 $l$  — действующая длина временного оросителя в такте водооборота, сотни метров;  
 $\sigma_t$  — процент удельных потерь на 100 пог. м длины оросителя, отвечающий данной продолжительности его работы;  
 $t$  — потребная продолжительность работы такта, или продолжительность работы выводной борозды, часы.

2. По головному расходу оросителя, размеру удельных потерь, отвечающих продолжительности его работы, действующей длины и продолжительности его работы определяются потери воды как за период работы тактов, так и за все время работы оросителя по выражениям:

$$\Delta W_n = \frac{q_r \cdot 0,01 \sigma_t \cdot l \cdot t \cdot 3600}{1000} = 0,036 q_r \sigma_t \cdot t \cdot l \dots \dots (6)$$

$$\text{и } \sum_1^n \Delta W_n = \Delta W_1 + \Delta W_2 + \Delta W_3 + \dots + \Delta W_n \dots (7),$$

84578



где:  $\Delta W_n$  — потери воды в оросителе за период работы такта,  $m^3$

$\sum_1^n \Delta W_n$  — суммарные потери воды в оросителе за все время его работы,  $m^3$ .

3. По головному расходу и продолжительности работы оросителя определяется объем воды, прошедший в его голове, т. е.

$$W_r = 3,6q_r \cdot T \quad \dots \dots \dots (8),$$

где  $T$  — потребная продолжительность работы оросителя, *часы*.

4. По объему воды, прошедшему в голове оросителя, и сумме потерь (по выражению 1) определяется коэффициент полезного действия:

$$\eta = 1 - \frac{\sum \Delta W_n}{W_r}$$

Ход вычисления коэффициента полезного действия по указанной методике рассмотрим на примере при следующих данных:

- 1) длина временных оросителей . . . . . 900 м;
- 2) поливная норма . . . . . 900  $m^3/ga$ ;
- 3) головной расход временного оросителя . . . 70 л/сек;
- 4) расстояние между временными оросителями . . . . . и выводными бороздами . . . . . 100 м.

*Первый такт*

$$t_1 = \frac{m \cdot f}{3,6q_r} = \frac{900 \cdot 1}{3,6 \cdot 70} = 3,57 \text{ часа.}$$

По  $t_1$  находится процент удельных потерь  $\sigma_t = 3,9\%$ . Тогда продолжительность работы такта с учетом потерь определится

$$t'_1 = \frac{m \cdot f}{3,6q_r(1-0,01 \cdot \sigma_t \cdot 1)} = \frac{900 \cdot 1}{252(1-0,01 \cdot 3,9 \cdot 9)} = 5,6 \text{ часа; } \sigma'_t = 3,3 \%$$

$$t''_1 = \frac{900 \cdot 1}{252(1-0,01 \cdot 3,3 \cdot 9)} = 5,1 \text{ часа; } \sigma''_t = 3,4 \%$$

$$t'''_1 = \frac{900 \cdot 1}{252(1-0,01 \cdot 3,4 \cdot 9)} = 5,17 \text{ часа; } \sigma_t''' = 3,38 \%$$

Так как процент удельных потерь при  $t'_1 = 5,1$  и  $t''_1 = 5,17$  мало различается, продолжительность работы такта принимается равной 5,17 *часа*.

Объем потерь воды в оросителе за период работы такта определится:

$$\Delta W_1 = 0,036q_r \cdot \sigma_t \cdot 1 \cdot t = 0,036 \cdot 70 \cdot 3,38 \cdot 9 \cdot 5,17 = 400 \text{ } m^3$$

*Второй такт*

$$t'_2 = \frac{900 \cdot 1}{252 \cdot 0,73} + t''_1 = 4,9 + 5,17 = 10,07 \text{ часа}; \quad \sigma_t = 2,5 \%$$

$$t'_2 = \frac{900 \cdot 1}{250 \cdot 0,80} + t''_1 = 4,48 + 5,17 = 9,65 \text{ часа} \quad \sigma'_t = 2,65 \%$$

$$t''_2 = \frac{900 \cdot 1}{200 \cdot 0,80} + t''_1 = 4,52 + 5,17 = 9,69 \text{ часа}; \quad \sigma''_t = 2,65 \%$$

$$\Delta W_2 = 2,52 \cdot 2,65 \cdot 8 \cdot 4,52 = 242 \text{ м}^3$$

*Третий такт*

$$t_3 = \frac{900 \cdot 1}{252 \cdot 0,81} + t''_2 = 4,40 + 9,69 = 14,09 \text{ часа}; \quad \sigma_t = 2,2 \%$$

$$t'_3 = \frac{900 \cdot 1}{252 \cdot 0,85} + t''_2 = 4,20 + 9,69 = 13,89 \text{ часа}; \quad \sigma'_t = 2,2 \%$$

$$\Delta W_3 = 2,52 \cdot 2,2 \cdot 7 \cdot 4,2 = 163 \text{ м}^3$$

*Четвертый такт*

$$t_4 = \frac{900 \cdot 1}{252 \cdot 0,87} + t'_3 = 4,1 + 13,89 = 17,99 \text{ часа}; \quad \sigma_t = 2,0 \%$$

$$t'_4 = \frac{900 \cdot 1}{252 \cdot 0,88} + t'_3 = 4,05 + 13,89 = 17,94 \text{ часа}; \quad \sigma'_t = 2,0 \%$$

$$\Delta W_4 = 2,52 \cdot 2,06 \cdot 4,05 = 122 \text{ м}^3$$

*Пятый такт*

$$t_5 = \frac{900 \cdot 1}{250 \cdot 0,90} + t'_4 = 3,96 + 17,94 = 21,9 \text{ часа}; \quad \sigma_t = 1,85 \%$$

$$t'_5 = \frac{900 \cdot 1}{250 \cdot 0,90} + t'_4 = 3,93 + 17,94 = 21,87 \text{ часа}; \quad \sigma'_t = 1,85 \%$$

$$\Delta W_5 = 2,52 \cdot 1,85 \cdot 5 \cdot 3,93 = 91 \text{ м}^3$$

*Шестой такт*

$$t_6 = \frac{900 \cdot 1}{252 \cdot 0,93} + t'_5 = 3,83 + 21,87 = 25,7 \text{ часа}; \quad \sigma_t = 1,75 \%$$

$$t'_6 = \frac{900 \cdot 1}{252 \cdot 0,93} + t'_5 = 3,83 + 21,87 = 25,7 \text{ часа}; \quad \sigma'_t = 1,75 \%$$

$$\Delta W_6 = 2,52 \cdot 1,75 \cdot 4 \cdot 3,83 = 68 \text{ м}^3$$

*Седьмой такт*

$$t'_7 = \frac{900 \cdot 1}{252 \cdot 0,96} + t'_6 = 3,75 + 25,7 = 29,45 \text{ часа};$$

$$t'_7 = \frac{900 \cdot 1}{252 \cdot 0,96} + t'_6 = 3,72 + 25,7 = 29,42 \text{ часа};$$



*Восьмой такт*

$$t_8 = \frac{900 \cdot 1}{252 \cdot 0,98} + t'_7 = 3,64 + 29,42 = 33,06 \text{ часа}; \quad \sigma_t = 1,60\%$$

$$t'_8 = \frac{900 \cdot 1}{252 \cdot 0,98} + t'_7 = 3,64 + 29,42 = 33,06 \text{ часа}; \quad \sigma'_t = 1,60\%$$

$$\Delta W_8 = 2,52 \cdot 1,60 \cdot 2 \cdot 3,64 = 28 \text{ м}^3$$

*Девятый такт*

$$t_9 = \frac{900 \cdot 1}{252 \cdot 0,99} + t'_8 = 3,6 + 33,06 = 36,6 \text{ часа}; \quad \sigma_t = 1,50\%$$

$$t'_9 = \frac{900 \cdot 1}{252 \cdot 0,99} + t'_8 = 3,6 + 33,06 = 36,6 \text{ часа}; \quad \sigma'_t = 1,50\%$$

$$\Delta W_9 = 2,52 \cdot 1,50 \cdot 3,6 \cdot 1 = 14 \text{ м}^3$$

*Десятый такт*

$$t_{10} = \frac{900 \cdot 1}{252} + 3,57 + 36,6 = 40,17 \text{ часа}$$

$$\sum_1^{10} \Delta W = 400 + 242 + 163 + 122 + 91 + 68 + 46 + 28 + 14 = 1174 \text{ м}^3$$

$$W_r = 3,6 \cdot 70 \cdot 40,17 = 10100 \text{ м}^3$$

$$\eta = 1 - \frac{1174}{10100} = 1 - 0,116 = 0,884$$

Из приведенного расчета видно, что определение коэффициента полезного действия временных оросителей по изложенной методике является кропотливой и трудоемкой работой.

Учитывая, что объем воды, прошедший в головной части временного оросителя за весь период его работы, может быть определен по выражению:

$$W_r = 3,6q_r T,$$

а объем потерь воды в нем за тот же период по выражению:

$$\sum_1^n \Delta W = q_r \cdot T \cdot \sigma_{ср} \cdot L_p = 3,6q_r \cdot T \cdot L_p \cdot 0,01\sigma_{ср},$$

где:  $T$  — продолжительность работы оросителя, *часы*;  
 $L_p$  — расчетная длина временного оросителя, *сотни м*;  
 $\sigma_{ср}$  — средний размер удельных потерь воды на 100 пог. м длины оросителя, *%*.

Определение КПД временных оросителей при одной выволной борозде 21

Тогда зависимость (1) можно заменить следующим выражением:

$$\eta = \frac{3,6q_r T - 3,6q_r T L_p \cdot 0,01 \sigma_{ep}}{3,6q_r T} = 1 - 0,01 \sigma_{ep} L_p \dots \quad (9).$$

Таким образом, для вычисления коэффициента полезного действия временных оросителей по выражению (9) нужно знать расчетную длину и средний процент удельных потерь за период их работы.

Расчетная, или средневзвешенная длина временного оросителя может быть определена по следующей зависимости:

$$L_p = \frac{\sum l \cdot t}{\sum t} \dots \quad (10),$$

где:  $l$  — действующая (работающая) длина временного оросителя в тактах водооборота,  $m$ ;

$t$  — продолжительность работы такта, *часы*.

Следовательно, расчетная длина временного оросителя будет равна полной его длине, умноженной на переходный коэффициент, т. е.

$$L_p = \beta \cdot L \dots \dots \dots (11),$$

где:  $L$  — полная длина временного оросителя,  $m$ ;

$\beta$  — переходный коэффициент.

Значение переходного коэффициента определяется в табличной форме (таблица 4).

Таблица 4

№ тактов	Продолжительность работы такта, час	Действующая длина оросителя, сотки $m$	$L \times t$	$L_p = \frac{\sum l t}{\sum t}$	$\beta = \frac{L_p}{L}$	$L_p = \beta \times L$
1	5,17	9	46,53	5,20	0,577	520
2	4,52	8	36,16			
3	4,20	7	29,40			
4	4,05	6	24,30			
5	3,93	5	16,65			
6	3,83	4	15,32			
7	3,72	3	11,16			
8	3,64	2	7,28			
9	3,60	1	3,60			
Итого:	36,6	—	190,4			

Для установления степени надежности среднего значения величины переходного коэффициента « $\beta$ » автором статьи вы-

числено 320 его значений при следующих восьми кривых зависимости удельных потерь от продолжительности работы оросителей:

$$\sigma_t = \frac{10,4}{t^{0,37}}$$

$$\sigma_t = \frac{5,57}{t^{0,68}}$$

$$\sigma_t = \frac{6,52}{t^{0,26}}$$

$$\sigma_t = \frac{9,63}{t^{0,41}}$$

$$\sigma_t = \frac{9,18}{t^{0,32}}$$

$$\sigma_t = \frac{6,65}{t^{0,41}}$$

$$\sigma_t = \frac{6,41}{t^{0,36}}$$

$$\sigma_t = \frac{6,52}{t^{0,66}}$$

Критерием установления степени надежности среднего является не абсолютная величина его ошибки, а отношение между средним арифметическим и средней его ошибкой, т. е.

$$t = \frac{M_{cp}}{m}$$

$$\text{где } m = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum(M_i - M_{cp})^2}{n-1}}$$

$M_{cp}$  — среднее арифметическое;

$m$  — средняя ошибка среднего;

$\sigma$  — среднее квадратическое отклонение.

Из метода математической статистики известно, что если при большом числе вариантов величин « $t$ » больше 3, то среднее считается надежным.

Приведенными вычислениями установлено, что соотношение между средним арифметическим и его ошибкой имеет следующие пределы (таблица 5).

Таблица 5

Переходный коэффициент	Соотношение между средним арифметическим и его ошибкой								Среднее из всех вариантов
	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	616	602	555	210	134	130	115	113	292

Из приведенной таблицы видно, что среднее превосходит свою ошибку в 292 раза, поэтому совершенно очевидно, что найденная величина среднего может считаться вполне надежной.

Нами установлены следующие значения переходного коэффициента « $\beta$ »:

1) при продолжительности работы оросителей больше 48 часов — 0,59;

2) при продолжительности работы оросителей меньше 48 часов — 0,61.

Следовательно, зависимость (9) примет такие выражения:

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - 0,0059 \sigma_{cp} L \quad (\text{при } T > 48 \text{ часов}) \\ \eta &= 1 - 0,0061 \sigma_t L \quad (\text{при } T < 48 \text{ часов}) \end{aligned} \quad (12).$$

Средний размер удельных потерь ( $\sigma_{cp}$ ) за весь период работы оросителя определяется путем интегрирования кривой зависимости  $\sigma_t = f(t)$  и деления полученного результата на продолжительность работы оросителя, т. е.

$$\begin{aligned} \Sigma \sigma_t &= \Sigma \frac{a}{t^b} \cdot dt = a \int_1^T T^{-b} dt = \frac{a t^{1-b}}{1-b} = \frac{a T^{1-b}}{1-b} - \frac{a \cdot 1^{1-b}}{1-b} = \\ &= \frac{a}{1-b} (T^{1-b} - 1), \end{aligned}$$

$$\text{тогда } \sigma_{cp} = \frac{a}{T(1-b)} (T^{1-b} - 1)$$

Определение коэффициента полезного действия временных оросителей по установленным нами зависимостям производится следующим образом:

1) по площади временной поливной карты, поливной норме и головному расходу (с учетом потерь воды) определяется потребная продолжительность работы оросителя;

2) по параметрам «а» и «б» кривой зависимости  $\sigma_t = f(t)$  и потребной продолжительности работы оросителя находится средний размер удельных потерь за весь период его работы;

3) затем средний размер потерь подставляется в одну из формул зависимости (12) и производится вычисление коэффициента полезного действия.

Ход вычисления коэффициента полезного действия временных оросителей по изложенной методике рассмотрим на примере. Имеется кривая динамики потерь воды во временных оросителях при расходе воды 70 л/сек (рис. 1). Требуется определить коэффициент полезного действия временных оросителей при следующих условиях.

- 1) длина временных оросителей — 800 м;
- 2) поливная норма — 800 м<sup>3</sup>/га;
- 3) головной расход временных оросителей 70 л/сек;
- 4) площадь временной поливной карты — 9 га.

Определяем требуемую продолжительность работы оросителей с учетом коэффициента полезного действия их примерно равным 0,90.

$$T = \frac{m \times F}{3,6 \eta \eta} = \frac{800 \cdot 9}{3,6 \cdot 70 \cdot 0,9} = 31,7 \text{ часа.}$$

По кривой зависимости  $\sigma_f = f(t)$  (рис. 1) находим значение удельных потерь  $\sigma = 1,60\%$ .

Найденное значение  $\sigma_f$  подставляем в выражение для определения продолжительности работы оросителей, т. е.

$$T_1 = \frac{m \times F}{3,6 \eta (1 - 0,0059 \sigma_f \cdot L)} = \frac{800 \cdot 9}{252 (1 - 0,0059 \cdot 1,6 \cdot 8)} = 31,2 \text{ часа.}$$

Так как второе значение  $T$  почти не отличается от его первого значения,  $\sigma_f$  принимаем равным 1,60%.

Параметры кривой зависимости удельных потерь от продолжительности работы оросителей равны:  $a = 6,65$ ;  $b = 0,41$ . Тогда средний размер удельных потерь за период работы оросителей будет равен:

$$\sigma_{\text{ср.}} = \frac{6,65}{31,2(1-0,41)} (31,2^{1-0,41} - 1) = 2,43\%$$

Коэффициент полезного действия временных оросителей определяется:

$$\eta = 1 - 0,0059 \cdot \sigma_{\text{ср.}} \cdot L = 1 - 0,0059 \cdot 2,43 \cdot 8 = 0,894.$$

Значение коэффициента полезного действия временных оросителей, вычисленных при данных условиях по зависимости (1), равно 0,892.

Из приведенного примера видно, что продолжительность работ по вычислению коэффициента полезного действия временных оросителей по предложенной нами методике сокращается во столько раз, сколько имеется на них тактов водооборота.

*И. Н. Тепляков,*

кандидат технических наук,

*В. Ф. Носенко, Р. Кван,*

инженеры

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ В ГЕОРГИЕВСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

Для большинства оросительных систем Казахстана характерным является неполное освоение ирригационно-подготовленных (обарыченных) земель. Из 2,05 млн. га обарыченных земель в республике ежегодно осваивается под посевы в среднем 1,5 млн. га, а фактически поливается только около 1 млн. га, т. е. примерно 50%.

В официальных отчетных данных органов водного хозяйства и статуправлений обычно указываются причины, по которым не осваиваются обарыченные земли. В частности, указывается на недостаток воды на орошение. В 1957 году из-за недостатка воды не осваивалось 370 тыс. га. Однако объективный анализ этих причин позволяет высказать сомнение в их реальности, особенно в отношении недостатка воды на орошение.

Необходимо отметить, что специальных работ, анализирующих причины неудовлетворительного использования орошаемых земель и поливной воды в Казахстане до сего времени нет. Из опубликованной литературы, в которой в некоторой степени затронуты эти вопросы, можно сослаться на книгу А. М. Рыбакова, В. Л. Ценацевич и др. «Водное хозяйство Казахстана и перспективы его развития», изданную в 1940 году, книгу Ф. А. Жеребятъева «Ирригационное хозяйство юга Казахской ССР», опубликованную в 1950 году, и книгу С. Дауленова, М. Зозуля «Водное хозяйство Казахстана», выпущенную в 1959 году.

В перечисленных трудах приводятся лишь некоторые сведения об использовании обарыченных земель и оросительной воды.

Придавая большое народнохозяйственное значение вопросам наиболее полного использования обарыченных земель, а также использованию поливной воды, Институт водного хозяйства Каз.АСХН в 1958 году включил в свой тематический план изучение использования водоземельных ресурсов Георгиевской оросительной системы.

В настоящей статье излагаются некоторые итоги по изучению использования оросительной воды в этой системе.

В работе по изучению потерь воды принимали участие работники Нижне-Чуйского управления оросительных систем.

Схема Георгиевской оросительной системы (в дальнейшем сокращено — ГОС) приведена на рис. 1.

ГОС обслуживает в основном шесть крупных многоотраслевых хозяйств: Георгиевский лубяной совхоз, Курдайский зерносовхоз и колхозы: «Путь Ленина», «Талапты», «Джана-Турмыс» и им. Розы Люксембург. Общая площадь земель с оросительной сетью составляет 20 тыс. га. Орошаемый массив хозяйств ГОС расположен на правом берегу долины среднего течения реки Чу и представляет собой неширокую (8—10 км) со спокойным рельефом равнину. Почвы массива относятся к темным сероземам тяжело- и средне-суглинистым.

ГОС относится к числу инженерных и является самой крупной системой в Джамбулской области.

Вопрос об орошении Георгиевского массива, являющегося частью Чуйской долины в пределах Курдайского района Казахской ССР, возник в дореволюционное время. Первые изыскания с целью составления схематического проекта орошения были произведены в период 1911—1914 годов. Но работы не были завершены до конца и только после Октябрьской революции с 1931 года было приступлено к проектированию и строительству, которое велось в течение 1931—1938 и 1946—1952 годов.

Магистральный деривационный канал берет свое начало от Чумышской плотины межреспубликанского значения, имеет пропускную способность 48 м<sup>3</sup>/сек. На ПК 40+00 построен узел водodelения с тремя водовыпусками: в Левую и Правую ветки и на межколхозную, районного значения, гидроэлектростанцию.

Ниже указанного узла сооружений Левая ветка длиной 48,6 км имеет пропускную способность на головном участке 31,0 м<sup>3</sup>/сек, с площадью орошения 12,8 тыс. га.

Правая ветка имеет длину 40,5 км, пропускную способность 7,32 м<sup>3</sup>/сек и 4,91 тыс. га расчетной площади орошения.

В настоящее время в ГОС насчитывается около 20 тыс. га

ирригационно-подготовленных земель, из них ежегодно используется под посевы 18 тыс. га, а фактически поливается около 14,5 тыс. га.

По различным организационно-хозяйственным и техническим причинам не поливается 4—5 тыс. га земель, в том числе из-за недостатка воды — около 3 тыс. га.

Источником орошения ГОС является река Чу, имеющая смешанное ледниково-снеговое питание.

В Георгиевский магистральный канал в различные по водности годы забирается от 200 до 400 млн. м<sup>3</sup> воды. В свою очередь из Правой илевой веток Георгиевского магистрального канала вода поступает в распределители межхозяйственной и внутрихозяйственной сети ГОС.

Следует отметить, что за 20-летний период эксплуатации ГОС работы по изучению потерь воды в каналах и полезному использованию ее на орошение не проводились.

Всесторонний учет потерь воды во всех элементах оросительной системы и установление полезного использования воды на орошение в методическом отношении до сего времени слабо разработаны. Действительно, учесть все виды потерь: на фильтрацию, испарение, непроизводительные утечки, сбросы во всех звеньях оросительной сети, включая орошаемый участок, за весь вегетационный период оказалось довольно сложно. Положение усугубляется еще тем, что сейчас не ведется учет воды в элементах внутрихозяйственной оросительной сети.

Применяющийся в настоящее время в практике эксплуатации показатель «Коэффициент использования воды» в хозяйствах (КИВ хозяйства) не позволяет использовать имеющиеся данные эксплуатации для анализа использования воды в хозяйствах и оросительных системах. КИВ хозяйства, как показывают данные отчетов, зачастую бывает близким к единице, а иногда и более ее.

Значительные трудности возникают при определении коэффициента использования воды на поле в связи с нерешенностью вопроса о величине так называемых «полезных потерь», на сброс в конце поливных элементов, глубинную фильтрацию во временной сети и поливных элементах.

Неясен также вопрос суммирования потерь в различных звеньях оросительной сети в течение всего вегетационного периода, так как потери воды зависят от продолжительности работы каналов, периодичности их работы и других факторов.

Правильно, по-видимому, было бы судить о КПД системы по суммарному объему потерь воды за вегетацию или за продолжительный период вегетации, а не устанавливать его



простым перемножением КПД каналов разного порядка и КИВ поля. Но при этом возникает вопрос о постановке тщательного учета воды во всех каналах и поливных участках системы, что практически очень трудно осуществимо.

С учетом сказанного, нами и была составлена методика исследований по определению КПД оросительной системы.

Изучение потерь воды на сброс, фильтрацию и утечку через сооружения нами производилось в обычных производственных условиях эксплуатации каналов без существенного нарушения водоподачи в систему.

Определение потерь воды на фильтрацию производилось опытами на характерных (выбранных для этой цели) каналах системы на протяжении всего вегетационного периода.

Водоподача в систему, а также сброс воды определялись на основании критического использования имеющихся данных эксплуатационной гидрометрии и путем проведения контрольных замеров воды в каналах системы.

При рассмотрении ГОС оказалось целесообразным выделить большое количество объектов для изучения потерь воды (табл. 1).

Таблица 1

## Объекты изучения потерь воды в ГОС

Наименование каналов и поливных участков	Протяженность каналов, км	Диапазон расходов воды, м <sup>3</sup> /сек
Георгиевский магистральный канал		
а) Левая ветка . . . . .	46	3—20
б) Правая ветка . . . . .	28	1—5
Распределители мощные постоянного действия (Р—8 и Р—10) . . . . .	8	0,05—1,3
Каналы постоянного действия (Р—124, Р—114) и правая ветка от Р—132 до Р—140 . . . . .	10	0,03—0,7
Распределители периодического действия . . . . .	5	0,02—0,2
Временные оросители . . . . .	6	0,02—0,08
Для изучения потерь воды на полях были выделены поливные участки (стационары) в колхозах: «Путь Ленина», «Джана-Турмыс», «Талапты», имени Розы Люксембург и в Георгиевском лубсовхозе, всего на площади 12 га. Кроме стационарных участков, были созданы поливные нестационарные участки в тех же хозяйствах, всего на площади 150 га . . . . .	—	—

### ПОТЕРИ ВОДЫ В КАНАЛАХ ПОСТОЯННОГО ДЕЙСТВИЯ

Как известно, потери воды в оросительной системе складываются из потерь на фильтрацию в каналах, на испарение, непроизводительные утечки, сбросы и др.

Из перечисленных видов потерь нами изучались потери на фильтрацию в каналах, непроизводительные сбросы из каналов и полей орошения.

Определение фильтрационных потерь в каналах постоянного действия проводилось на магистральных каналах и распределителях. При этом на магистральных участках использовались имеющиеся гидрометрические мостики, а в случае больших расстояний между этими мостиками устраивались дополнительные створы по замеру расходов воды.

Минимальная длина участка между створами устанавливалась по формуле:

$$L_{\min} \geq \frac{\Delta}{\sigma} \quad (1),$$

где:  $\Delta$  — ошибка в определении расходов в % к измеряемому,  
 $\sigma$  — удельные потери воды на 1 км длины головного расхода в %.

В случае, если расстояние между существующими гидрометрическими постами не удовлетворяло указанному условию (1), то часть постов исключалась. И наоборот, при больших расстояниях между постами (более 5 км) устраивались временные гидрометрические посты.

Определение расходов воды проводилось с помощью вертушек. Повторность замера в створах исследуемого канала была трехкратной, а на отводах — двукратной. При наличии большого количества отводов часть их по возможности отключалась, чтобы уменьшить количество замеров и увеличить точность работы.

Наблюдение за прохождением воды от створа к створу проводилось с помощью поплавков. Для каждой серии поплавков был выделен специальный сопровождающий, который на резиновой лодке или верхом на лошади следовал за поплавками, а также отмечал горизонты воды по рейкам для осуществления контроля.

В разовом определении расходов воды в магистральных каналах принимало участие от 15 до 30 человек. Продолжительность такого опыта достигала 20 часов.

Необходимость определения потерь сразу на всей длине магистральных каналов объясняется стремлением получить разовый фактический КПД канала и осуществить повторный контроль за гидрометрическими наблюдениями.

Потери воды на фильтрации из каналов определялись по разности расходов:

$$S = Q_{\text{гол}} - (Q_{\text{кон}} + \Sigma Q_{\text{выд}}) \quad (2),$$

где:  $S$  — абсолютные потери,

$Q_{\text{гол}}$ ,  $Q_{\text{кон}}$  — расходы в голове и конце изучаемого участка канала,

$\Sigma Q_{\text{выд}}$  — сумма расходов в водовыделах.

Установлено, что величина суммарных абсолютных потерь в зависимости от расходов воды в каналах системы, их длины и от других факторов колеблется в широких пределах — от 0,005 до 5,0 м<sup>3</sup>/сек. Величина потерь, отнесенная к 1 км длины канала, колеблется в пределах 0,001—0,12 м<sup>3</sup>/сек.

Относительные потери на 1 км длины канала в процентах от расчетного расхода воды определялись по формулам:

$$\sigma_{\text{гол}} = \frac{100 \cdot S}{Q_{\text{гол}}} \text{ и} \quad (3)$$

$$\sigma_{\text{ср. вэв.}} = \frac{100 \cdot S}{Q_{\text{ср. вэв.}}} \quad (3^1),$$

где:  $\sigma_{\text{гол}}$ ,  $\sigma_{\text{ср. вэв.}}$  — относительные потери от головного и средневзвешенного расходов в каналах в %.

$Q_{\text{гол}}$  и  $Q_{\text{ср. вэв.}}$  — соответственно расходы в голове канала и средневзвешенный.

Расчеты показали, что величина относительных потерь на фильтрацию в каналах постоянного действия изменяется в пределах от 0,5 до 10 %.

Сопоставление величин относительных потерь, выраженных в процентах от головного и средневзвешенного расходов, показывает, что при выражении потерь в процентах от головного расхода допускается ошибка порядка 10—20 %. Ошибка эта тем больше, чем больше суммарный расход водовыделов и чем ближе к голове канала они расположены.

В наших расчетах величина средневзвешенного расхода воды определялась методом приближения. Рассматриваемый участок канала (при наличии отводов) разбивался на отрезки по числу отводов. На каждом элементарном отрезке определялась величина средневзвешенного расхода с учетом потерь на этом отрезке.

Для определения величины потерь на отдельных отрезках участка канала нами применялась формула:

$$S_1 = \frac{S}{1 + \frac{(L - L_1) \sqrt{Q_{\text{гол.}} - Q_{\text{отв.}} - \frac{S - S_1}{2}}}{L_1 \sqrt{Q_{\text{гол.}} - \frac{S_1}{2}}}} \quad (4),$$

где:  $S$  — величина абсолютных потерь на участке,  
 $S_1$  — величина абсолютных потерь на отрезке рассматриваемого участка канала,  
 $L$  — длина участка канала.  
 $L_1$  — расстояние от головы канала до первого отвода.

Определив постепенным приближением величину потерь воды на отдельных отрезках канала, необходимо переходить к определению средневзвешенного расхода, что не составляет особого труда. Как показали расчеты, для определения средневзвешенного расхода воды достаточно выполнить одно приближение, пользуясь формулой (4), ошибка в этом случае не превышает одного процента.

Задача определения средневзвешенного расхода может быть решена и при пользовании приближенной формулой М. М. Кабакова:

$$Q_{\text{ср.взв.}} = Q_{\text{гол.}} - \sum \frac{Q_{\text{отв.}} (L - L_1)}{L} - \frac{S}{a} \dots \dots (5),$$

где:  $a$  — коэффициент, зависящий от числа и расположения отводов ( $a \approx 1 \div 3$ ).

Формула М. М. Кабакова дает заниженное значение расхода по сравнению с нашими данными на 2—5%.

Таблица 2

Потери воды на фильтрацию в каналах постоянного действия ГОС

№№ створов на канале	Протяженность участков канала, м	Расходы воды в канале, м <sup>3</sup> /сек		Абсолютные потери воды на участке канала, м <sup>3</sup> /сек	Относительные потери воды (в % на 1 км длины канала)		Коэффициент фильтрации, м <sup>3</sup> /час
		головной	средневзвешенный		от головного расхода	от средневзвешенного расхода	
Левая ветка							
0		16,850					
	13 950	14,993		1,704	0,72	0,815	0,027
1		13,110		1,05	1,16	1,32	0,042
	7 200	7,780		0,845	1,16	1,24	0,035
2		5,095		0,165	0,33	0,354	0,0054
	9 400	4,658					
3		3,440					
	10 800						
4							

Продолжение таблицы

№ створов на канале	Протяженность участков канала, м	Расходы воды в канале, м <sup>3</sup> /сек		Абсолютные потери воды на участке канала, м <sup>3</sup> /сек	Относительные потери воды (в % на 1 км длины канала)		Коэффициент фильтрации, м/час
		головной	средневе- щинный		от голов- ного рас- хода	от сред- неваве- шенного расхода	
5 0	5 300	3,150	3,295	0,290	0,59	1,66	0,0215
		16,850					
1	13 950	15,026	1,449	0,616	0,69	0,0229	
2	7 200	11,945	0,962	1,000	1,12	0,0364	
3	9 400	8,068	7,510	0,890	1,005	1,26	0,0360
4	10 800	5,338	4,875	0,418	0,725	0,794	0,0126
		9,422					
5	5 300	3,280	0,283	1,56	1,63	0,0208	
0		3,139					
		7,830					
1	9 400	7,376	0,792	1,08	1,14	0,0272	
2	10 800	6,250	7,802	0,589	0,86	0,93	0,0316
		4,863					
3	5 300	4,595	0,391	1,52	1,61	0,0279	
		3,994					
	<b>Правая ветка</b>						
0		1,854	1,797	0,115	0,564	0,584	0,006733
1	11 670	1,739	1,673	0,132	1,28	1,330	0,0143
2	5 905	1,607	1,485	0,052	0,602	0,654	0,00595
3	5 366	0,930	0,903	0,055	2,26	2,33	0,0165
4	2 600	0,864	0,508	0,109	4,52	7,70	0,0361
5		0,440					
		5,180					
0	11 670	3,296	4,118	0,337	0,56	0,704	0,0148
1							
2	5 905	2,350	0,207	1,08	1,49	0,02	
		1,819					
3	5 368	1,08	0,109	1,13	1,88	0,013	
0		1,17					
		4,823					
1	11 670	4,109	0,308	0,547	0,642	0,0127	
		3,309					
	5 905	2,939	0,129	0,66	0,741	0,0119	

Продолжение таблицы

№№ створов на каналах	Протяженность участков канала, м	Расходы воды в канале, м <sup>3</sup> /сек		Абсолютные потери воды на участке, м <sup>3</sup> /сек	Относительные потери воды (в % на 1 км длины канала)		Коэффициент фильтрации, м/час
		головной	среднеза- средний		от голов- ного рас- хода	от средне- ввеше- ного рас- хода	
2	5 256	2,740	2,687	0,09	0,61	0,524	0,0101
3	5 216	1,780	1,370	0,134	1,44	1,87	0,0202
4	4 890	0,736	0,687	0,097	2,695	2,89	0,0198
5	3 131	0,639	0,458	0,351	17,5	24,75	0,105
6	2 550	0,268	1,156	0,619	3,39	6,34	0,0495
0	950	0,649	0,265	0,008	4,55	8,10	0,05
2		0,110					
<b>Распределитель Р-8</b>							
0	840	0,170	0,164	0,004	2,83	2,93	0,0125
1	910	0,073	0,072	0,002	3,02	3,02	0,00624
2		0,071					
<b>Распределитель Р-124</b>							
0	2 000	0,463	0,276	0,043	4,86	7,8	0,0239
1		0,205					
0	2 000	0,470	0,284	0,040	4,28	7,05	0,0228
1		0,214					
<b>Правая ветка, участок от Р-132 до Р-140</b>							
0	3 131	0,554	0,497	0,057	2,79	3,66	0,0156
1	1 477	0,276	0,209	0,027	6,65	8,75	0,0154
2		0,129					

Соответствующая обработка гидрометрических материалов позволила определить потери воды на фильтрацию в магистральных каналах и некоторых распределителях постоянного действия ГОС. Итоговые данные по потерям воды и коэффициенты фильтрации приводятся в таблице 2.

Анализ полученных данных (табл. 2) по величине потерь

воды в каналах ( $\sigma_{\%}$ ), как и следовало ожидать, подтвердил, что величина этих потерь зависит от расхода воды в каналах, т. е. имеет место зависимость  $\sigma_{\%} = f(Q_{\text{ср. взв.}})$ .

Расположение точек в координатном поле  $\sigma_{\%}$  и  $Q_{\text{м}^3/\text{сек}}$  показано на рис. 2.

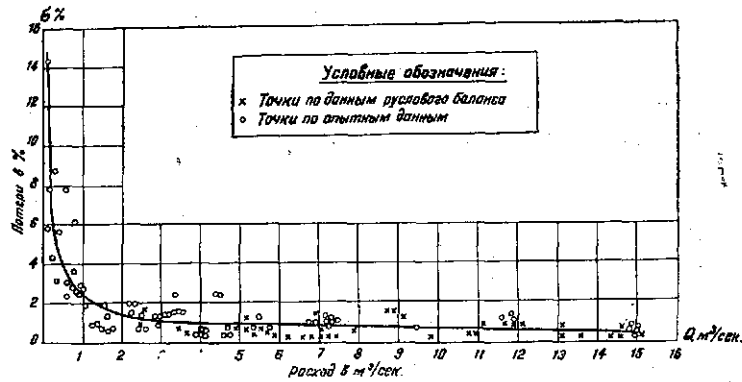


Рис. 2. График зависимости фильтрационных потерь от расхода воды.

Соответствующая математическая обработка зависимости  $\sigma_{\text{ср. взв.}} = f(Q_{\text{ср. взв.}})$  позволила определить коэффициент корреляции ( $r$ ) между исследуемыми переменными, который оказался равным 0,83. Значение  $r = -0,83$  свидетельствует о наличии удовлетворительной связи между  $\sigma_{\text{ср. взв.}}$  и  $Q_{\text{ср. взв.}}$ . Отрицательное значение коэффициента корреляции указывает на то, что имеет место обратная пропорциональность: чем больше расход воды, тем меньше значение удельных потерь, и наоборот.

В результате соответствующей математической обработки получена следующая простая формула для определения удельных потерь воды в каналах (в % на 1 км длины канала):

$$\sigma_{\%} = \frac{2,35}{Q_{\text{ср. взв.}}^{0,58}} \quad (6).$$

Таким образом, зная средневзвешенный расход воды в канале, по формуле (6) несложно определить соответствующее ему значение потерь. Однако определение  $Q_{\text{ср. взв.}}$  несколько сложно и в практических расчетах у работников эксплуатации могут возникать затруднения. Наиболее просто определяются расходы в голове канала или в любом его створе.

Зная расход воды в голове канала ( $Q_{\text{гол}}$ ), по следующей выведенной нами формуле, можно определить соответствующие этому расходу потери:

$$\sigma_{\%} = \frac{2,19}{Q_{\text{гол}}^{0,56}} \dots \dots \dots (7).$$

При этом коэффициент корреляции  $r = -0,80$ , что указывает на более слабую связь рассматриваемой зависимости, чем  $\sigma_{\%} = f(Q_{\text{ср. взв.}})$ .

Сравнение проделанных расчетов по определению потерь по формулам (6) и (7) показало, что разница в определении этих потерь составляет в среднем 10%.

Чтобы пользоваться формулой (7) при наличии отводов воды из канала нами даются поправочные коэффициенты, которые могут быть определены при помощи табл. 3.

Таблица 3

Поправочные коэффициенты для подсчета потерь воды в каналах с работающими отводами

Характер размещения отводов по длине участка канала	Величина поправочных коэффициентов при величине отводов, (в % от головного расхода)				
	100	80	0	40	20
Отводы сосредоточены только в верхней трети канала . . . . .	0,325	0,540	0,666	0,790	0,90
Отводы сосредоточены только в средней трети канала . . . . .	0,670	0,790	0,813	0,880	0,940
Отводы сосредоточены только в нижней трети канала . . . . .	0,900	0,920	0,945	0,960	0,980
Отводы сосредоточены в верхней и средней третях канала . . . . .	0,530	0,640	0,740	0,840	0,920
Отводы сосредоточены в верхней и нижней третях канала . . . . .	0,670	0,740	0,820	0,880	0,950
Отводы сосредоточены в средней и нижней третях канала . . . . .	0,790	0,835	0,880	0,920	0,960
Отводы распределены равномерно по всей длине канала . . . . .	0,665	0,770	0,820	0,880	0,950

Пользоваться поправочными коэффициентами рекомендуется следующим образом: по имеющейся формуле (7) определяется величина потерь для головного расхода. Затем по характеру и величине отводов по табл. 3 определяют величину поправочного коэффициента, на который и делят полученное ранее значение потерь.

Например, по таблице 3 при  $Q_{\text{гол}} = 3 \text{ м}^3/\text{сек}$  потери составляют 0,45%. При равномерном распределении забора воды



по длине участка канала, составляющего 60% от величины головного расхода, находим значение поправочного коэффициента 0,82. Разделив 0,45 на 0,82, находим удельные потери воды в % на 1 км длины, равные 0,55.

Такой подход к определению значения величины потерь воды на фильтрацию в каналах с работающими отводами представляется нам наиболее целесообразным.

Одновременно с работами по замеру расходов воды фиксировалась величина смоченного периметра каналов и производился подсчет коэффициентов фильтрации ложа каналов, значения которых приводятся в таблице 4.

Таблица 4

Значение коэффициентов фильтрации каналов ГОС

Наименование каналов постоянного действия	Значение коэффициента фильтрации, м/час		
	среднее	минимальное	максимальное
Правая ветка . . . . .	0,01474	0,00415	0,0276
Левая ветка . . . . .	0,02630	0,00540	0,0364
Распределители мощные . . . . .	0,00942	0,00060	0,0125
Распределители немощные . . . . .	0,01560	0,00615	0,0289

Следует отметить, что при подсчете коэффициента фильтрации полевой ветке не в полной мере учитывалось увеличение смоченного периметра канала вследствие подпора перегородивающими сооружениями. Поэтому полученные значения коэффициента фильтрации по этой ветке, надо полагать, оказались завышенными.

Пользуясь полученными опытными значениями коэффициентов фильтрации, можно определить величины потерь воды в каналах системы по формулам Н. Н. Павловского, С. А. Гиршкана и др. Величина абсолютных потерь в каналах постоянного действия ГОС может быть определена по формуле:

$$S_0 = 4(B + 2h) \quad (8)$$

где  $S_0$  — величина потерь в л/сек на 1 км длины,

$B$  — ширина канала по урезу воды в м,

$h$  — глубина воды в канале в м.

Для мощных каналов формула примет вид:

$$S_0 = 26(B + 2h) \quad (9)$$

В случае отсутствия данных о сечении каналов могут быть использованы формулы:

а) для немоощенных каналов

$$S_0 = 25\sqrt{Q} \dots \dots \dots (10)$$

б) для мощенных каналов

$$S_0 = 14\sqrt{Q} \dots \dots \dots (11)$$

Для сравнения значений потерь, подсчитанных по различным формулам, построен график (рис. 3), на котором потери выражены в зависимости от расходов по формулам А. Н. Костякова (для средних грунтов), Н. Н. Павловского, С. А. Гиршкана и полученной нами формуле (6).

Сравнение показывает, что при повышенных расходах величина потерь, определяемая по формулам Н. Н. Павлов-

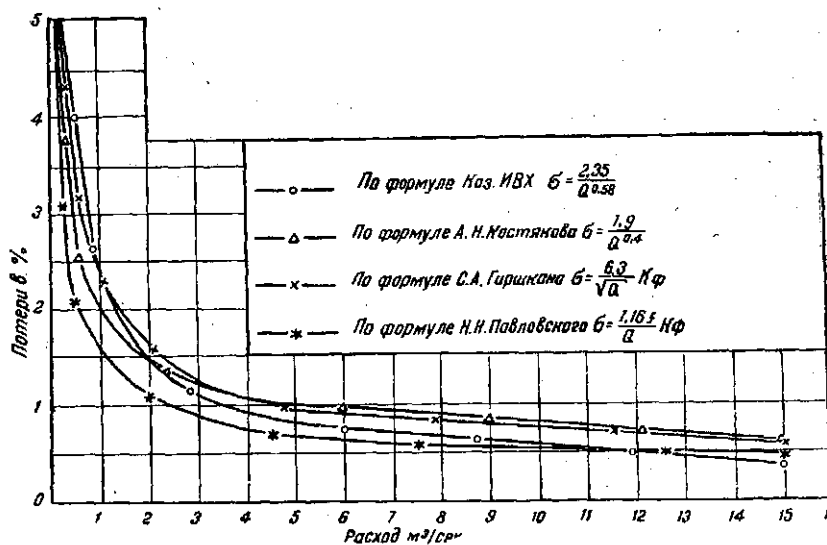


Рис. 3. График зависимости потерь от расхода воды по различным формулам.

ского и нашей формуле, очень близки. Наоборот, при уменьшенных расходах более близкими оказываются потери, подсчитанные по формулам Н. А. Гиршкана и нашей.

Сказанное позволяет окончательно отнести грунты земель ГОС к категории средней водопроницаемости.

Обработка данных эксплуатационной гидрометрии позволила использовать их при определении величины фильтрационных потерь. Нанесение данных эксплуатационной гидрометрии на график показывает, что, несмотря на некоторую

разбросанность точек, все же имеется соответствие опытных и эксплуатационных данных (рис. 2).

Кроме учета фильтрационных потерь в каналах постоянного действия, нами осуществлялся также учет величины сброса воды. Непроизводительный сброс в каналах постоянного действия происходит в результате ряда причин. Одной из основных является отсутствие круглосуточного использования в хозяйствах воды на полив. Нередки случаи непроизводительного сброса воды вследствие неисправности гидротехнических сооружений и сети. Учет потерь воды на сброс осуществлялся на системе путем разовых наблюдений и критического использования данных эксплуатационной гидрометрии.

Установлено, что величина потерь на сброс в каналах постоянного действия в ГОС составляет 18,6% от объема поданной воды в систему.

На основании полученных данных также установлено, что фильтрационные потери в каналах постоянного действия ГОС составляют 21% от объема поступившей в канал воды, а потери на сброс — 18,6%. Так, за период июль — август 1958 г. величина этих потерь составила около 50 млн. м<sup>3</sup> при 126 млн. м<sup>3</sup> воды, поступившей в каналы системы.

Коэффициент полезного действия каналов постоянного действия с учетом потерь на непроизводительные сбросы составил 0,6, а без учета потерь на сброс — 0,79.

#### ПОТЕРИ ВОДЫ В КАНАЛАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ И ВРЕМЕННОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Потери на фильтрацию в каналах периодического действия системы нами определялись путем непосредственных измерений расходов воды в каналах в различные периоды их работы. Методика определения потерь воды оставалась в основном та же, что и для каналов постоянного действия.

Продолжительность работы постоянных каналов периодического действия достигала 7—10 суток, перерывов водоподачи — 12—15 суток.

Ориентировочно можно принять, что каналы периодического действия работают  $\frac{1}{3}$  часть вегетационного периода.

Результаты по определению потерь воды на фильтрацию в каналах периодического действия приведены в таблице 5.

Из приведенной таблицы видно, что величины потерь на фильтрацию из постоянных каналов периодического действия изменяются в широких пределах. Так, на двух участках бригадного распределителя в Лубсовхозе величина удельных потерь при расходе воды в 56 л/сек составляла 31,4% от го-

Таблица 5

## Потери воды на фильтрацию в каналах периодического действия

№№ опытов	№№ створов на каналах	Протяженность участков канала, м	Расход воды в канале, м <sup>3</sup> /час		Абсолютные потери воды на участке канала, м <sup>3</sup> /сек	Относительные потери воды (в % на 1 км длины канала)		Коэффициент фильтрации, м/час
			головной	среднедневенный		от головного расхода	от среднего дневенного расхода	
<b>Бригадный распределитель в Лубсовхозе</b>								
28	Ств. 0		0,056					
	Ств. 1	510	0,0515	0,009	31,4	34,1	0,046	
	1	250	0,047	0,001	1,7	1,72	0,0147	
27	Ств. 2		0,045					
	Ств. 0		0,056					
		510	0,051	0,01	35,0	38,5	0,0515	
	Ств. 1		0,046					
	1	250	0,0455	0,001	1,75	1,76	0,00154	
	Ств. 2		0,045					
<b>Распределитель Р-114</b>								
29	Ств. 0		0,186					
	Ств. 1	450	0,131	0,0025	2,98	4,21	0,0131	
	1	050	0,082	0,0035	4,00	7,12	0,010	
	Ств. 2		0,045					

ловного расхода, а на другом участке — только около 2%. Объясняется это тем, что второй участок распределителя протрассирован почти без уклона и ложе канала оказалось сильно закальматированным. Коэффициент фильтрации при этом на безуклонном участке оказался в 30 раз меньше, чем на участке канала с уклоном 0,01.

Как показывают расчеты, потери воды на фильтрацию в каналах периодического действия составляют значительную величину, достигая 12% от водоподачи в систему. Эти потери обуславливаются большой протяженностью как постоянных каналов, так и временных оросителей.

Проведенные замеры протяженности оросительной сети на отдельных поливных участках позволили определить общую длину каналов переменного действия и временной оросительной сети в хозяйствах ГОС (табл. 6).

Следует отметить, что прерывистый характер работы каналов периодического действия, наличие подпоров, зарастание каналов и другие факторы определяют значительные ко-

Таблица 6

## Протяженность каналов периодического действия и временной оросительной сети в хозяйствах ГОС

Наименование хозяйств	Площадь орошения, га	Протяженность временной оросительной сети, км	Протяженность постоянных каналов периодического действия, км
Колхоз „Джана-Турмыс“ . . . . .	2 887	505,7	88
Колхоз „Путь Ленина“ . . . . .	1 582	573,4	75
Колхоз „Талапты“ . . . . .	1 066	293,2	65
Колхоз им. Розы Люксембург . . . . .	3 133	517,9	76
Лубсовхоз . . . . .	4 447	862,3	96

лебания потерь воды, вследствие чего и определение этих потерь в таких каналах сопряжено с известными трудностями.

Определение потерь воды на фильтрацию во временной оросительной сети производилось двумя методами: статикометрическим (в стоячей воде) и динамикометрическим (при движении воды).

При определении потерь воды статикометрическим методом учитывалась динамичность коэффициента впитывания, определяемая опытным путем (рис. 4). Величина впитывания воды в почву за первую единицу времени, как показали опыты, составляет  $W_1 = 70$  мм/час.

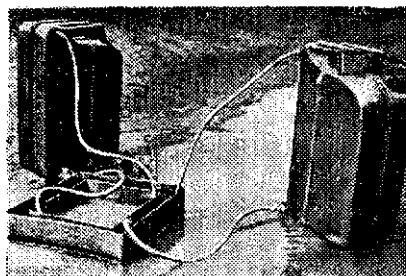


Рис. 4. Определение впитывания воды в ложе канала.

Коэффициент затухания впитывания ( $\alpha$ ) определялся из графика интегральной кривой впитывания и составляет в среднем 0,6.

Таким образом, представляется возможность установить среднее значение скорости впитывания за любой промежуток времени, определяемый продолжительностью подачи воды в каналы периодического действия.

Среднее значение скорости впитывания ( $K_{\text{ср}}$ ) может быть определено по формуле В. А. Жилинского:

$$K_{\text{ср}} = \frac{W_1}{1-\alpha} \quad (12).$$

Величины потерь на фильтрацию в каналах периодического действия могут определяться по формулам А. Н. Костякова, Н. Н. Павловского, С. А. Гиршкана при замене в них

коэффициента фильтрации ( $K$ ) на коэффициент впитывания ( $K_{\text{ср}}$ ). Однако пользоваться указанными формулами для непосредственного определения величины фильтрационных потерь ввиду наличия различных водооборотов на каналах периодического действия не всегда представляется возможным. В этом случае среднее значение коэффициента впитывания ( $K_{\text{ср}}$ ) следует заменить средневзвешенным значением коэффициента впитывания ( $K_{\text{ср. взв.}}$ ), учитывающим водораспределение на каналах периодического действия.

Для определения значения средневзвешенного коэффициента впитывания нами предлагается следующая формула:

$$K_{\text{ср. взв.}} = \frac{W_1}{t^{1-\alpha}} \left( \frac{1}{n^\alpha} + \frac{1}{(n-1)^\alpha} + \dots + 1 \right) \quad (13)$$

где  $n$  — число тактов водооборота.

Величина потерь на фильтрацию во временном оросителе может быть определена по формуле:

$$S_0 = \frac{K_{\text{ср. взв.}}}{3,6n} \cdot X_{\text{вр. ор.}} \quad (14)$$

где  $S_0$  — величина фильтрационных потерь в пересчете на 1 км,

$X_{\text{вр. ор.}}$  — величина смоченного периметра временного оросителя, м,

Обозначив  $\frac{K_{\text{ср. взв.}}}{3,6n} = A$ , формула (14) будет иметь вид

$$S_0 = A \cdot X_{\text{вр. ор.}} \quad (15)$$

где  $A$  — коэффициент потерь.

Величина смоченного периметра временного оросителя может быть установлена расчетом или на основании опытной зависимости вида  $X_{\text{вр. ор.}} = f(Q)$ .

Для ГОС величина  $X_{\text{вр. ор.}}$  устанавливалась замером и расчетом при уклоне оросителя 0,006, коэффициенте шероховатости 0,0364, ширине оросителя по дну 0,3 м.

Величина абсолютных потерь воды на фильтрацию во временных оросителях определялась по формуле (15) с учетом протяженности временного оросителя. О величине фильтрационных потерь из временных оросителей в ГОС, подсчитанных по статиметрическому методу, можно судить по данным табл. 7.

Определение потерь воды на фильтрацию во временных оросителях динамикометрическим методом производилось в начальный и конечный периоды работы временных оросителей (табл. 8).

Из таблицы 8 видно, что в первом случае (опыт 36) значение удельных потерь и коэффициент фильтрации оказались

Таблица 7

## Потери воды на фильтрацию во временных оросителях ГОС

Время работы водной борозды, час	Число участков временно-го оросителя между выводящими бороздами	Потери на 1 км длины временного оросителя, л/сек, при расходах			
		30	40	60	80
4	2	8,70	12,10	14,00	14,70
	4	7,40	10,20	11,80	12,40
	6	6,60	9,15	10,60	11,10
	8	6,00	8,35	9,65	10,10
6	2	7,50	10,40	12,00	12,65
	4	6,30	8,72	10,10	10,60
	6	5,63	7,80	9,00	9,47
	8	5,20	7,20	8,30	8,72
8	2	6,60	9,15	10,60	11,10
	4	5,60	7,87	9,00	9,40
	6	5,00	6,95	8,05	8,40
	8	4,50	6,35	7,35	7,70

Таблица 8

## Потери воды на фильтрацию во временных оросителях ГОС

№№ опытов	№№ створов на каналах	Протяженность участков канала, м	Расходы воды в канале, л/сек		Абсолютные потери воды на участке канала, л/сек	Относительные потери воды (в % на 1 км длины канала)		Коэффициент фильтрации, л/м <sup>2</sup> с
			головной	средне-средний		от головного расхода	от среднего расхода	
36	Ств. 0	320	0,045	0,043	0,004	27,8	29,1	0,049
	Ств. 1		0,041					
37	Ств. 0	1 570	0,040	0,034	0,012	19,1	22,4	0,0385
	Ств. 1		0,028					

значительно выше, чем во втором случае (опыт 37). Величина относительных потерь колеблется в пределах 15—40% от головного расхода. Причем, чем больше расход, тем меньше потери.

Как видно из таблиц 7 и 8, данные о потерях воды на фильтрацию, подсчитанные по разным методам, близки между собой.

Величина удельных потерь в выводных бороздах на фильтрацию можно быть определена по формуле:

$$S_0 = \frac{W_1}{3,6 t_1^{1-\alpha}} \cdot \frac{X_{вр. б.}}{2} \quad (16),$$

где  $X_{вр. б.}$  — величина смоченного периметра в голове выводной борозды (в м).

Для характерного случая работы выводной борозды в хозяйствах ГОС при  $t=6$  час. и при расходе 20 л/сек величина потерь на фильтрацию составила 5,2 л/сек, или 26% от головного расхода.

Подсчет потерь воды на фильтрацию во временной оросительной сети можно произвести по приведенным выше формулам.

При подсчете необходимо иметь в виду, что значительная часть фильтрационных потерь из выводных борозд и временных оросителей полезно используется сельскохозяйственными культурами, расположенными в полосе растекания воды из временной сети. Исследования о величине полезной фильтрации из временных оросителей ряда авторов (Н. С. Горюнов, Г. М. Гусейнова, А. Г. Турбин и др.), а также выполненные нами расчеты по формуле П. Я. Полубояриновой-Кочинной позволили для практических расчетов принять величину полезных потерь, равную 60% от всех фильтрационных потерь во временной сети.

Потери воды на непроезводительный сброс в каналах периодического действия так же, как и в каналах постоянного действия, достигают значительных размеров — 7,4% от объема поступившей в канал воды.

Одной из основных причин значительного сброса, как ранее отмечалось, является отсутствие круглосуточного использования воды в хозяйствах для поливов.

Обработка наших опытных материалов и данных эксплуатационной гидрометрии ГОС за 1958 год позволила установить, что потери на фильтрацию в каналах периодического действия составляют 14,7% от объема поступившей в каналы воды, потери на сброс — 7,4%.

Подсчеты показали, что только за июнь — август 1958 года эти потери составили 14,12 млн. м<sup>3</sup> из 63,7 млн. м<sup>3</sup> поданной в каналы этой системы воды.



### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ НА ПОЛИВНЫХ УЧАСТКАХ ХОЗЯЙСТВ ГОС

Изучение фактического состояния использования поливной воды непосредственно на поливных участках представляет большое практическое значение, так как именно здесь на полях окончательно решается вопрос о степени полезного использования оросительной воды.

Для изучения этого вопроса на полях всех хозяйств ГОС были организованы стационарные участки, на которых производился учет поданной, полезно используемой и сброшенной воды в течение всех проводившихся вегетационных поливов.

Размеры участков, как правило, не превышали 1—3 га. Каждый участок был ограничен глубокими бороздами и снабжен стационарными водосливами. Полив осуществлялся поливальщиками хозяйств, но при контроле с нашей стороны за выдерживанием рекомендованной техники полива. Сброс воды учитывался в конце участков. Величина сброса, как показали расчеты, колеблется в пределах 15—30% от водопдачи на поле. Поливные нормы при этом изменялись в пределах от 550 до 1 000 м<sup>3</sup>/га в зависимости от сельскохозяйственных культур и почвенных условий. Равномерность увлажнения почвы по длине поливных элементов была допустимой и определялась значением коэффициента равномерности увлажнения почвы,  $\mu = 0,6 - 0,9$ .

Работы, проведенные на стационарных участках, позволили нам оценить степень полезного использования поливной воды, при условии правильного проведения поливов в каждом из хозяйств ГОС.

Фактическое использование поливной воды в хозяйствах системы было нами изучено при обследовании значительного количества производственных поливов без вмешательства в действия поливальщиков.

Опыт работы показал целесообразность при определении КИВ поля сочетать стационарные и разовые определения потерь воды на поливных участках. Только в этом случае можно получить показатель, отражающий истинное использование воды на поле.

Другим не менее важным моментом методики определения КИВ поля является необходимость сопровождать основные исследования изучением фактических поливных норм, производительности труда поливальщиков, равномерности увлажнения при поливе и условий работы поливальщиков. Определение только КИВ поля без учета условий для полива и качества полива может создать ложное представление об ис-

пользовании воды на поле. Сравнение КИВ поля отдельных хозяйств можно производить тоже только при учете качественных показателей полива и условий работы поливальщиков.

Учитывая сказанное, в хозяйствах системы и производились обследования производственных поливов. При этом проводился хронометраж работы поливальщиков, строгий учет поданной и сбросной воды, осуществлялся контроль за распределением воды внутри участка.

Учет воды на обследуемом участке осуществлялся с помощью водосливов Иванова. Ввиду большого разнообразия схем нарезки поливной сети и индивидуального опыта поливальщиков не представляется возможным предложить общую схему учета воды, расходуемой на поливном участке. В одном случае возможно было ограничиться установкой двух водосливов, в другом приходилось устанавливать 3—5 водосливов. В большинстве случаев учет сбросной воды осуществлялся дважды. Прежде всего учитывался сброс воды с поливной делянки. Но так как сбросная вода частично использовалась на нижерасположенных делянках, то учитывался сброс воды и в конце поливного участка. Таким образом, мы выделяли две категории сбросов: сброс, частично используемый, и сброс, совершенно не используемый. Установлено, что величина частично используемого сброса достигала 30—60% от водоподачи. Величина неиспользуемого сброса изменялась в больших пределах — от 0 до 40% от водоподачи.

Анализ водораспределения на поливном участке позволил установить, что далеко не вся вода, оставшаяся на участке, может быть полезно использована. Значительная часть сброшенной с поливной делянки воды распределяется на нижерасположенных делянках в микропонижениях, переувлажняя почву, что приносит большой вред растениям. Разница между сбросом воды с поливной делянки и сбросом воды со всего участка дает величину сброса, который может быть использован при поливе нижерасположенных делянок. Наблюдения показали, что только 10%, в редких случаях — 30% этого сброса полезно используются.

В связи с тем, что обследование ночных поливов организовать не удалось, при подсчете потерь воды на участках нами сделано допущение, что в ночное время вода используется с таким же КИВ, как и в дневное. Не осуществлялся и учет непроезводительных потерь на испарение с поверхности поля.

Несмотря на это, КИВ поля хозяйств системы оказался очень низким (табл. 9).

Следует заметить то обстоятельство, что полив в хозяйст-

Таблица 9

## Потери воды на полях хозяйств ГОС

Наименование хозяйств	КИВ поля	Потери воды на полях хозяйств, млн. м <sup>3</sup>			
		июнь	июль	август	июнь—август
Колхоз „Путь Ленина“ . . . . .	0,72	0,530	0,573	0,505	1,608
Колхоз „Талапты“ . . . . .	0,69	0,382	0,591	0,563	1,536
Колхоз „Джана-Турмыс“ . . . . .	0,70	0,525	0,324	0,168	1,017
Колхоз им. Розы Люксембург . . . . .	0,76	0,443	1,292	0,472	2,207
Лубсовхоз Георгиевский . . . . .	0,79	0,899	1,220	0,930	3,049
Зерносовхоз Курдайский . . . . .	0,72	0,480	0,968	0,910	2,358
Итого . . . . .		3,259	4,968	3,548	11,775

вах ГОС, как правило, осуществляется заниженными поливными нормами (200—400 м<sup>3</sup>/га).

В случае полива рекомендованными поливными нормами потери воды на поле, по-видимому, возрастут.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИВНОЙ ВОДЫ ПО ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ В ЦЕЛОМ

Проведенное изучение потерь воды во всех элементах оросительной сети ГОС: в оросительных каналах постоянного и периодического действия, во временной сети и непосредственно на поливных участках — позволяет учесть использование оросительной воды по хозяйствам ГОС и по системе в целом.

Коэффициент полезного действия сети в хозяйствах системы нами подсчитывался на основании данных эксплуатационной гидрометрии по величине водоподач в хозяйства и данных наших замеров по величине потерь воды на сброс и фильтрацию во всех элементах оросительной сети. Подсчет потерь воды производился ежемесячно для каждого хозяйства, начиная от хозяйственных распределителей и кончая поливными участками. При подсчете потерь учитывался существующий водооборот в хозяйстве и протяженность оросительной сети. В качестве примера нами приводится подсчет потерь воды за июнь в одном из крупных хозяйств системы — Георгиевском лубсовхозе (табл. 10).

Из таблицы 10 легко определить, что КПД хозяйственной сети постоянных каналов составляет 0,74, КПД хозяйственной сети, включая поливные участки — 0,54.

Подобные подсчеты выполнены нами для каждого из хозяйств отдельно за июнь, июль, август 1958 года, что позволи-

Таблица 10

Использование оросительной воды в Лубсовхозе в июне 1958 г.

Наименование элементов внутрихозяйственной сети	Протяженность каналов, км	Водный баланс					
		водозабор		потери на фильтрацию		потери на сброс	
		средний расход, м <sup>3</sup> /сек	объем, млн. м <sup>3</sup>	средний расход, м <sup>3</sup> /сек	объем, млн. м <sup>3</sup>	средний расход, м <sup>3</sup> /сек	объем, млн. м <sup>3</sup>
<b>I. Распределители:</b>							
P-122 . . . . .	1,2	0,15	0,390	0,009	0,022	0,015	0,039
P-122-а . . . . .	1,2	0,04	0,057	0,006	0,015	0,004	0,010
P-122-б . . . . .	2,5	—	—	—	—	—	—
P-124 . . . . .	3,5	0,22	0,057	0,015	0,039	0,022	0,057
P-126-б . . . . .	2,5	0,30	0,779	0,028	0,073	0,030	0,078
P-126-а . . . . .	1,2	—	—	—	—	—	—
P-128-б . . . . .	3,5	0,22	0,057	0,015	0,039	0,022	0,057
P-128-а . . . . .	2,5	0,07	0,174	0,014	0,036	0,007	0,017
P-4-2 . . . . .	2,5	0,05	0,124	0,012	0,031	0,005	0,012
P-4 . . . . .	7,2	0,30	0,779	0,084	0,209	0,030	0,078
P-4-1 . . . . .	4,9	0,32	0,831	0,058	0,144	0,032	0,083
P-6-2 . . . . .	1,05	0,03	0,078	0,005	0,012	0,003	0,078
P-1 (Лубзавод) . . . . .	2,5	0,15	0,389	0,018	0,047	0,015	0,039
P-2 (Лубзавод) . . . . .	0,5	0,05	0,024	0,053	0,008	0,005	0,012
P-6 . . . . .	1,9	0,48	1,195	0,024	0,062	0,048	0,119
P-6-01 . . . . .	3,1	0,102	0,264	0,022	0,057	0,010	0,026
P-6-02 . . . . .	1,2	0,102	0,264	0,008	0,020	0,010	0,026
P-6-03 . . . . .	2,1	0,102	0,264	0,014	0,036	0,010	0,025
P-6-04 . . . . .	1,25	0,102	0,264	0,009	0,022	0,010	0,025
Итого по распределителям . . . . .	46,6	2,388	6,164	0,344	0,893	0,278	0,720
Временная сеть . . . . .	8,62	1,758	4,560	0,123	0,319	—	—
Поливной участок . . . . .	—	1,635	4,241	—	—	0,346	0,899

ло получить итоговые показатели использования оросительной воды в хозяйствах.

Как видно из таблицы 11, коэффициенты полезного действия внутрихозяйственной сети ГОС низкие.

Данные по водному балансу хозяйств позволили установить величину потерь воды на сброс и фильтрацию во всех элементах оросительной сети (табл. 12).

Из приведенной таблицы видно, что значительная часть воды теряется на фильтрацию в хозяйственных распределителях, что объясняется большой протяженностью каналов внутрихозяйственной сети и отсутствием действенных водо-

Таблица 11

## Кoeffициенты полезного действия оросительной сети в хозяйствах ГОС

Наименование хозяйств	Июнь		Июль		Август	
	хозяйствен. сети постоянных каналов	хозяйствен. сети, включая поливные участки	хозяйствен. сети постоянных каналов	хозяйствен. сети, включая поливные участки	хозяйствен. сети постоянных каналов	хозяйствен. сети, включая поливные участки
Колхоз „Путь Ленина“	0,63	0,42	0,58	0,38	0,58	0,39
Колхоз „Талапты“	0,83	0,52	0,78	0,51	0,77	0,50
Колхоз „Джана-Турмыс“	0,78	0,51	0,51	0,30	0,48	0,32
Колхоз им. Розы Люксембург	0,54	0,36	0,66	0,45	0,51	0,34
Георгиевский Лубсовхоз	0,74	0,54	0,76	0,55	0,53	0,39
Курдайский зерносовхоз	0,75	0,5	0,61	0,41	0,59	0,38

Таблица 12

## Потери воды в хозяйствах ГОС за июль—август 1958 года

Элементы внутрихозяйственной сети	Виды потерь	Величина потерь воды					
		колхоз „Путь Ленина“	колхоз „Талапты“	колхоз „Джана-Турмыс“	колхоз им. Розы Люксембург	Георгиевский Лубсовхоз	Курдайский зерносовхоз
Хозяйственные распределители всех порядков	Фильтрационные	3,365 30,1	0,814 11,70	1,239 21,0	3,159 22,8	3,046 13,2	3,792 24,8
	Сброс	1,119 10,0	0,694 10,0	1,046 17,8	2,392 17,3	2,640 11,4	2,821 18,2
	Всего	4,484 40,1	1,508 21,7	2,285 28,8	5,551 40,1	5,686 24,6	6,613 43,0
Временная оросительная сеть	Всего	0,478 4,3	0,381 5,5	0,176 3,0	0,474 3,4	1,067 4,6	0,623 4,1
	Поливные участки	Всего	1,776 16,0	1,563 22,1	1,017 17,3	2,207 16	3,049 13,2
Итого в хозяйстве	Всего	6,738 60,4	3,425 49,3	3,478 59,1	8,232 59,5	9,802 42,5	9,594 62,4

Примечание. В числителе табл. 12 даны потери воды в млн. м<sup>3</sup>, а в знаменателе—в % от водоподачи в хозяйство.

оборотов. В результате большинство каналов работает с малыми расходами воды —  $0,02 \div 0,2 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

Не менее значительная часть воды теряется непосредственно на поле.

В конечном счете в большинстве хозяйств ГОС полезно используется примерно 40% поданной оросительной воды.

Полученные опытные данные согласуются с имеющимися статистическими данными по использованию воды в хозяйствах ГОС. Даже в таком относительно передовом хозяйстве, каким является лубсовхоз, план водоподачи из года в год перевыполняется на 101—103%, а план полива площадей сельскохозяйственных культур выполняется только на 70—80%. В среднем по совхозу на каждый гектаро-полив расходуется около  $2\,000 \text{ м}^3$  воды.

Еще менее рационально используется оросительная вода в других хозяйствах ГОС. Подсчеты показывают, что на каждый гектаро-полив по системе в целом расходуется от  $2\,000$  до  $4\,000 \text{ м}^3$  воды (рис. 5).

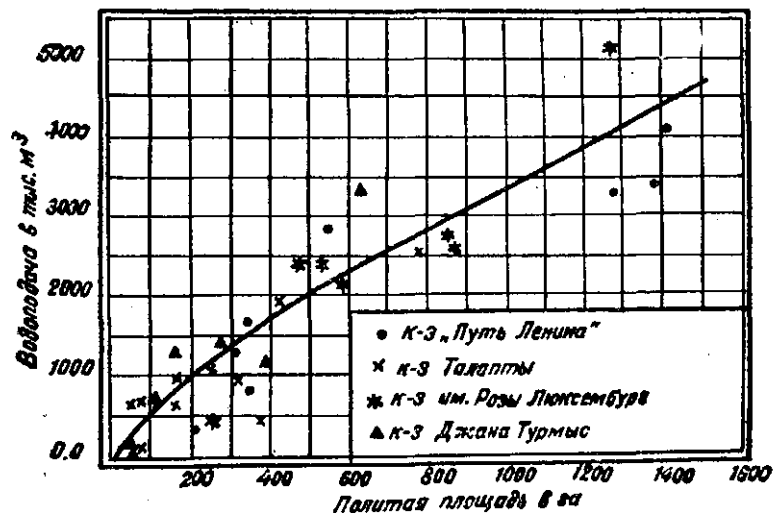


Рис. 5. График зависимости поливаемой площади от водоподачи.

Одной из причин плохого использования воды является явно недостаточное количество поливальных щитов, выставяемых хозяйствами.

На основании данных эксплуатационной гидрометрии Нижне-Чуйского управления оросительных систем была определена водоподача в ГОС. При подсчете использования воды

в системе учтена транзитная переброска воды в Чуйский район и Успеновский канал Курдайского района.

Коэффициент полезного действия системы КПД был определен из условия:

$$\text{КПД}_c = \frac{\Sigma W_{п. х.}}{W_{в.с.} - W_{т.с.}} \dots \dots \dots (17),$$

где  $\Sigma W_{п. х.}$  — сумарный объем полезно используемой воды в хозяйствах системы за расчетный период, млн. м<sup>3</sup>;

$W_{в.с.}$  — водозабор в систему за расчетный период, млн. м<sup>3</sup>;

$W_{т.с.}$  — объем транзитной переброски в системы других каналов, млн. м<sup>3</sup>.

Величина полезно используемого объема воды в хозяйствах ГОС определена как разница между водоподачей и суммарными потерями во всех звеньях внутрихозяйственной оросительной сети (табл. 13).

Таблица 13

Водоподача и полезное использование воды в хозяйствах ГОС за июль—август 1958 года

Наименование хозяйств	Объем воды, млн. м <sup>3</sup>	
	водоподача в хозяйствах	полезно используемые воды
Колхоз „Путь Ленина“	11,19	4,45
Колхоз „Талапты“	6,94	3,51
Колхоз „Джана-Турмыс“	5,88	2,40
Колхоз им. Розы Люксембург	13,81	5,57
Георгиевский лубсовхоз	23,10	13,30
Курдайский зерносовхоз	15,37	5,78
Итого по системе	76,29	35,01

Водозабор в ГОС за период июль — август по расчетам составил 144,3 млн. м<sup>3</sup>. Величина транзитной переброски воды за тот же период равна 18,29 млн. м<sup>3</sup>.

Следовательно, коэффициент полезного действия в 1958 году составил:

$$\text{КПД}_c = \frac{35,01}{144,3 - 18,29} = 0,278 \approx 0,28$$

Итоговые данные о потерях воды в элементах оросительной сети ГОС, подсчитанные нами на основании проведенных работ, приводятся в табл. 14.

Данные таблицы 14 показывают, что по ГОС только на

Таблица 14

## Потери воды в элементах ГОС

Элементы оросительной сети	Потери воды в % от водозабора в систему		
	фильтрация	сброс	всего
Каналы межхозяйственной сети . . . . .	21,0	18,9	39,9
Каналы внутрихозяйственной сети . . . . .	12,0	8,3	20,3
Поливные участки, включая временную сеть . . . . .	2,5	9,5	12,0
Всего по системе . . . . .	35,5	36,7	72,7

фильтрацию теряется 35,5% от водозабора воды в систему, на сброс — 36,7%, а всего потери составляют 72,7%.

Приведенные данные о потерях воды на сброс позволяют указать на несостоятельность доводов о недостатке воды на орошение не только в ГОС, но и вообще по другим ирригационным системам Казахстана.

Проведенная работа свидетельствует о том, что вода на орошение используется неэффективно. При правильном расходовании воды на полях хозяйств и системах, объемом забираемой в настоящее время воды можно было бы поливать значительно большую площадь, чем ныне освоенную.

Изучение работы ГОС и анализ полученных материалов позволяют сделать некоторые рекомендации, направленные на улучшение работы этой системы.

Для уменьшения потерь воды на фильтрацию необходимо ввести между внутрихозяйственными распределителями двух- или трехтактные водообороты, основанные на очередности подачи воды в распределители. Применение в хозяйствах ГОС двухтактных водооборотов позволит длину одновременно действующей сети уменьшить с 230 км до 150. Это позволит снизить потери в постоянной сети с 12% до 8% от водозабора.

Необходимо, чтобы в хозяйствах при проведении поливов сельскохозяйственных культур непременно выдерживались рекомендации по режиму орошения (поливные нормы и сроки поливов). Нарушение режима орошения приводит к значительным недоборам урожая, что наносит большой ущерб экономике хозяйств.

На некоторых распределителях (Р-132, Р-134, Р-136, Р-138, Р-140), имеющих хрящеватосуглинистые ложа, обуславливающие большие потери воды на фильтрацию, необходимо осуществить кальматирование. На распределителях с



суглинистыми грунтами можно рекомендовать солонцевание и уплотнение.

При эксплуатации канала Левая ветка следует по возможности не допускать больших подпоров, вызывающих усиление потерь воды на фильтрацию.

С целью уменьшения потерь воды на фильтрацию, сброс, а также своевременного проведения механизированных послеполивных обработок необходимо осуществлять поливы сосредоточенной струей. Целесообразно за 2—3 дня поливать участки площадью 10—30 га. Для проведения поливов сосредоточенными струями необходимо пересмотреть формы организации работы поливальщиков. Наши наблюдения за работой поливальщиков позволяют рекомендовать проведение поливов в составе звеньев и бригад. При этом целесообразно установить оплату труда поливальщиков с учетом качества их работы. Это значительно повысит ответственность поливальщиков и соответственно урожайность на поливных землях.

Представляется необходимым начать учет воды во внутрихозяйственной сети, а также улучшить учет ее в межхозяйственной сети путем применения современных автоматизированных гидрометрических установок.

Целесообразно упростить применяемую в настоящее время отчетность по орошению, что позволит разгрузить участковых гидротехников от многочисленных сводок и даст возможность больше внимания уделять вопросам организации и проведения поливов в хозяйствах.

Необходимо значительно улучшить техническую эксплуатацию и поднять ответственность работников ГОС за состояние орошаемого земледелия.

В. Ф. Носенко,  
инженер

### ОСОБЕННОСТИ И ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ТЕХНИКИ БОРОЗДКОВОГО ПОЛИВА В ПРЕДГОРЬЯХ КАЗАХСТАНА

В Казахстане более 500 тыс. га орошаемых земель расположено на склонах Кара-Тау, Киргизского хребта, Заилийского Ала-Тау, Кетменьского хребта, Тарбагатая и Алтая. По административному делению предгорья относятся к Южно-Казахстанской, Джамбулской, Алма-Атинской, Восточно-Казахстанской и Семипалатинской областям.

Плодородные почвы, благоприятный климат, высокая водообеспеченность предгорных районов позволяют возделывать здесь технические, овощные, зерновые и плодово-ягодные культуры. В то же время некоторые специфические условия предгорий Казахстана затрудняют проведение поливов сельскохозяйственных культур и требуют особого подхода в решении ряда вопросов орошаемого земледелия, в частности вопросов техники полива.

Для предгорий Казахстана специфичны высокие уклоны местности (0,005—0,05); сложный рельеф, сильная изрезанность орошаемых массивов в направлении наибольшего уклона местности оврагами, промоинами, старыми каналами; резкая смена почвенно-климатических условий на сравнительно небольшой длине предгорий; повышенная водопроницаемость почв предгорий (0,5—1,5 мм/мин в среднем за 6 часов); сильная дренированность подстилающих почву слоев в верхней части предгорий; наличие близкого залегания грунтовых вод, верховодки и ее выклинивание в нижней части предгорий.

Анализ природных условий предгорий, их специфики, а также сложившихся приемов орошения позволяет сформулировать задачи и наметить комплекс мероприятий по улучшению техники полива в предгорьях Казахстана.

1. Выявить достоинства и недостатки местных исторически сложившихся приемов орошения.

2. Разработать рациональные схемы расположения вре-

менной оросительной сети с учетом высоких уклонов местности и ее сильной изрезанности.

3. Изучить способы и разновидности способов полива, отвечающие специфичным условиям предгорий.

4. Разработать рекомендации по величине элементов техники полива пропашных культур для основных почвенных разностей предгорий.

5. Разработать методику пробных поливов для уточнения на месте в колхозе, бригаде величины элементов техники полива в связи с резкой сменой природных условий на сравнительно небольшой длине предгорий.

6. Изучить, а при необходимости сконструировать и изучить работу переносного поливного оборудования в сложных условиях предгорий.

На протяжении последних пяти лет (1955—1959 гг.) автор проводил специальные исследования в этом направлении, результаты которых приведены ниже. Северные склоны Заилийского Ала-Тау, а именно степная и пустынная зоны, используемые под орошаемое земледелие, являются основным местом наших исследований по технике полива (1955—1957 гг.).

Часть работ выполнялась в предгорьях Чу-Илийских гор и Джунгарского Ала-Тау (1958—1959 гг.).

В 1955—1957 годах работа выполнялась под руководством кандидата сельскохозяйственных наук, доцента В. И. Алексеева.

#### ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТНЫХ ИСТОРИЧЕСКИ СЛОЖИВШИХСЯ ПРИЕМОВ ОРОШЕНИЯ

С целью выявления основных достоинств и недостатков техники полива в предгорьях были проведены обследования более сорока производственных поливов в семнадцати хозяйствах Алма-Атинской и Джамбулской областей.

Обследования проводились по специальной методике силами студентов Казахского государственного сельскохозяйственного института и группой сотрудников института водного хозяйства КазАСХН при непосредственном участии автора. Обследования показали, что полив осуществляется в тяжелых условиях и требует больших физических затрат. Прямым хронометражем установлено, что более двух третей времени поливальщик затрачивает на поделку сети, перемычек и распределение воды по полю с помощью все того же кетменя, зачастую при неспланированном рельефе и плохо нарезанной сети. Без преувеличения можно сказать, что полив является сейчас самым узким местом поливного земледелия предгорий Казахстана в силу своей сложности и трудоемкости.

Обследования производственных поливов позволили установить, что способы поливов и величины элементов техники полива в предгорьях разнообразны. Имеются высококачественные бороздковые и самые отсталые способы.

Сложные условия предгорий и отсталая техника предопределили крайне низкую производительность труда при поливах и плохое их качество.

Непосредственными замерами установлено, что производительность поливальщиков в условиях предгорий при допустимом качестве полива не превышает 0,2—0,5 га в смену.

Полезное использование воды при поливах в предгорьях зависит от природных условий, способа и техники полива, а также личного опыта поливальщиков. Зачастую более 50% поданной на поле воды бесполезно сбрасывается.

Сброс поливной воды в предгорьях страшен еще и тем, что вместе со сбросной водой выносится гумусированный слой почвы. Визуальные наблюдения и учет мутности поданной на поле и сброшенной с поля воды позволили установить, что в каждом кубометре сбросной воды выносится с поля от 5 до 30 кг наиболее плодородной почвы. Тем самым за один полив с каждого гектара выносится 20 т почвы и более. Так, за один полив на полях хозяйства Совета Министров КазССР было снесено около 15% плодородного слоя почвы, образовались промоины шириной 1,5—3 м и длиной до 1,5 км.

К этим же выводам пришел и ряд других авторов, изучающих поливную эрозию (4), (8).

Особенно сильно поливная эрозия проявляется в хозяйствах интенсивного поливного земледелия.

Так, в Алма-Атинском табаксовхозе уже сейчас на орошаемой площади в 900 га имеется 250 отдельных участков, разделенных глубокими оврагами. Но и эти участки сильно изрезаны и обеднены в результате смыва и выноса гумусированного слоя почвы в овражную сеть.

Существенным недостатком поливов в предгорьях является неравномерность увлажнения почв ввиду сложного рельефа и отсталой техники полива. Обследования поливов показали, что фактические поливные нормы оказываются заниженными до 300—400 м<sup>3</sup>/га, а распределение воды по полю крайне неравномерно, в результате чего от 10 до 30% всей площади участка оказывается смоченной только с поверхности.

Обследования показали, что есть все возможности для осуществления качественных поливов в сложных условиях предгорий. Характерно, что поливы в предгорьях осуществляют главным образом в направлении наибольшего уклона местности. В передовых хозяйствах имеется опыт проведения качественных поливов малыми, менее 0,2—0,1 л/сек, струями

при уклонах местности до 0,04. Он заслуживает особого внимания. Об этом же свидетельствует и опыт поливов в предгорьях Киргизии (6), (11).

### РАЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВРЕМЕННОЙ СЕТИ В ПРЕДГОРЬЯХ КАЗАХСТАНА

Расположение временной сети является узловым моментом горного орошения, как справедливо отмечает ряд авторов (4), (19), (12). От того, как расположена временная сеть, зависит техника полива и показатели полива. Разработка схем расположения временной сети должна предшествовать разработке техники полива. В свою очередь расположение сети во многом диктуется рельефом местности.

Разработка рациональных схем расположения временной сети в предгорьях осуществлялась нами следующим путем. Мы изучали и оценивали существующие схемы расположения временной сети, проводили специальные исследования по выбору направления поливов, делали технико-экономические расчеты по выбору схем расположения оросительной сети в ряде хозяйств предгорий.

Здесь нам не представляется возможным остановиться на всех подвергнутых изучению схемах расположения оросительной сети в предгорьях, поэтому ограничимся лишь наиболее экономичными и согласованными с результатами исследований схемами.

На наш взгляд, наиболее приемлемой и гибкой схемой для предгорий является схема 1 (рис. 1). По этой схеме последнего порядка постоянный канал и поливные элементы направлены по общему склону местности, а временные оросители и вы-

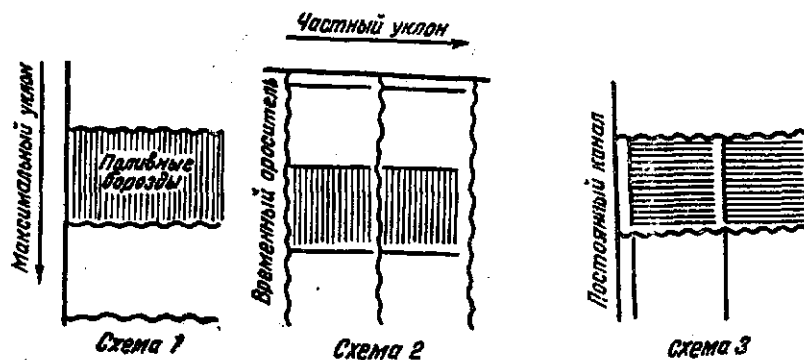


Рис. 1. Принципиальные схемы расположения оросительной сети в условиях предгорий.

водные борозды — по частному уклону местности. В общем случае эта схема применима при сложном рельефе и значительных уклонах (0,01—0,04). При этом имеется в виду, что ложе постоянного канала укреплено, а полив осуществляется малой поливной струей. При особо большой изрезанности массива в направлении общего склона местности следует применять переносный поливной трубопровод, устанавливая его по частному уклону местности вместо временных оросителей.

В настоящее время в предгорьях широко применяется схема расположения сети 2 (рис. 1). По этой схеме временные оросители и поливные элементы направлены по общему склону местности, а постоянный канал последнего порядка и выводные борозды — по частному уклону местности. Эту схему расположения сети можно рекомендовать при сложном рельефе, но малом уклоне местности — не более 0,007. При учащенной нарезке временных оросителей с расстоянием между ними 15—20 м и расходе оросителя не более 10 л/сек можно допустить применение этой схемы при уклоне местности до 0,01. При замене временных оросителей поливными трубопроводами схема расположения сети 2, как и схема 1, может быть применена при сложном рельефе и высоком уклоне местности (до 0,04).

Если первые две схемы расположения оросительной сети применимы при сложном рельефе местности, то схема 3 отличается повышенной требовательностью к спланированности рельефа и может быть применена на участках с хорошим рельефом (рис. 1). По этой схеме постоянный канал последнего порядка и выводные борозды направлены по общему склону местности, а временные оросители и поливные элементы — по частному уклону местности. При обычных условиях рассматриваемая схема применима при максимальном уклоне местности не более 0,007. При замене выводных борозд переносными поливными трубопроводами схема 3 может быть применена при максимальном уклоне местности до 0,02. Ложе постоянного канала при этом необходимо крепить.

Таким образом, для предгорий Казахстана могут быть рекомендованы три принципиальные схемы расположения оросительной сети, каждая из которых применима в определенных условиях и имеет свои достоинства и недостатки.

#### **УЛУЧШЕННЫЕ БОРОЗДКОВЫЕ ПОЛИВЫ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ УКЛОНОВ И СЛОЖНОГО РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ**

Техника бороздковых поливов включает в себе неиспользованные возможности в улучшении качества и повышении производительности труда при поливе. Выявлению этих воз-

можностей с учетом специфики местных условий следует уделять особое внимание.

Чтобы не допустить эрозии почвы при поверхностных поливах в предгорьях, следует стремиться к возможно полному рассредоточению поливного тока и исключению сброса воды в конце поливных элементов.

Этим условиям полностью удовлетворяют несколько разновидностей бороздкового полива и в первую очередь поливы по проточным бороздам малой и переменной поливными струями.

Сущность полива малой поливной струей заключается в том, что в борозды при значительных уклонах их дна (0,01—0,04) подаются малые поливные струи (0,05—0,2). При этом движение воды в бороздах происходит с малыми скоростями, не вызывающими размыва дна и стенок борозд, а увлажнение почвы осуществляется капиллярным путем.

Полив малой поливной струей позволяет получать высокие устойчивые урожаи пропашных культур. В бывшем колхозе им. Сталина Илийского района Алма-Атинской области при возделывании томатов на двухрядно расположенных участках, при одинаковой агротехнике, урожай при поливе по бороздам малой струей составил 214 ц/га, а при обычном бороздковом поливе — всего 130 ц/га. В колхозе им. Мичурина того же района, где полив малой струей применяется на всей площади пропашных культур, из года в год получают самые высокие в области урожаи овощей и картофеля. В Георгиевском лубсовхозе трубочный полив малой поливной струей позволил получить урожай кенафа 110 ц/га против 70—80 ц/га на остальных участках.

Этим далеко не исчерпываются достоинства бороздкового полива малой струей в условиях предгорий. Он позволяет свести к минимуму сброс воды и смыв почвы с поливных участков, что особенно важно в условиях повышенных уклонов местности.

Другим перспективным способом полива в условиях повышенных уклонов и сложного рельефа местности является полив переменной поливной струей.

Существующие способы полива, основанные на постоянстве поливной струи, не могут в полной мере отвечать возросшим требованиям передового сельскохозяйственного производства. Вызывается это несоответствием между подачей в поливные элементы постоянной струи и изменяющейся интенсивностью впитывания воды в почву. При поливе по проточным бороздам одновременно обеспечить и равномерное увлажнение почвы и высокий коэффициент использования

воды на поле может только подвижная техника полива, основанная на переменной поливной струе, как за вегетационный период, так и в течение одного полива.

Следует указать, что опытные поливальщики уже пришли к этим выводам и осуществляют полив переменной поливной струей. Вначале в борозду подается увеличенная поливная струя, а после того, как последняя достигнет конца борозды, ее уменьшают в 1,5—3 раза с таким расчетом, чтобы вся вода впитывалась в борозде. Такая простая и нетрудоемкая операция позволила полностью использовать возможности техники бороздковых поливов в улучшении качества и повышении производительности труда.

Положительная сторона уменьшения поливной струи с уменьшением интенсивности впитывания воды в почву заключается еще и в том, что тем самым не допускается увеличения скорости движения воды по смоченной борозде, а, следовательно, предупреждается размыв и вынос почвы.

Полив с переменной струей начал изучаться сравнительно недавно, несмотря на то, что вопрос о возможности и целесообразности такого полива ставился во многих работах рядом авторов (3), (15), (20).

Нами полив с переменной поливной струей изучался в 1955—1959 годах в условиях повышенных уклонов и сложного рельефа предгорий Казахстана.

Проведенные исследования показали повышенную требовательность полива переменной струей к технической оснащенности поливальщика и его подготовленности. В то же время исследования показали значительные преимущества полива с переменной струей перед другими разновидностями бороздкового полива. Некоторое представление об этом может дать предлагаемая табл. 1.

Таблица 1

Сравнение разновидностей бороздкового полива

Разновидности бороздкового полива	Показатели способа полива		
	коэффициент неравномерности увлажнения	величина сброса в % от водопада	производительность труда, га/смену
Полив без сброса постоянной струей	0,1—0,5	0	0,5—1,5
Полив со сбросом постоянной струей	0,6—0,8	20—70	0,5—1,0
Полив малой постоянной струей	0,5—0,8	0—15	0,2—0,5
Полив переменной поливной струей	0,7—0,9	0—10	0,75—2,0



Автором в последние годы проводились работы по усовершенствованию этих перспективных в предгорьях способов полива. Разработана рациональная величина элементов техники полива (таблица 3). Сконструированы и предложены производству переносные поливные трубопроводы, позволяющие в сложных условиях предгорий облегчить осуществление и повысить производительность труда при поливе малой и переменной поливными струями.

#### УСТАНОВЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНИКИ ПОЛИВА ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР В ПРЕДГОРЬЯХ КАЗАХСТАНА

**Схема исследований.** Исследования проводились на трех основных разновидностях почв предгорий (темно-каштановые, светло-каштановые, сероземы).

Диапазон уклонов определялся чаще всего встречающимися уклонами (0,005—0,05).

Одновременно исследовались две разновидности бороздочного способа полива: полив постоянной струей и полив переменной струей.

Исследования проводились для всех поливов последовательно (1, 2, последний с тройной повторностью) при одной предполивной влажности.

За основу проведения опытов взята методика, предложенная А. Н. Ляпиным (15). Опыты проводились на делянках площадью 100—400 м<sup>2</sup>, занятых овощами, табаком, сахарной свеклой и кукурузой.

Учет урожайности проводился в конце года отдельно для верхней и нижней частей опытных делянок.

Результаты опытов подвергались обработке методом математической статистики.

**Основные зависимости, полученные в результате исследований.** Механизм поверхностного полива складывается из сочетания движения воды по поверхности поля и движения воды в глубь почвы, т. е. впитывания (5), (13), (14), (15). Сочетание впитывания воды в почву со сложным неустановившимся движением воды в поливных элементах может быть выражено эмпирическими зависимостями.

Ниже мы остановимся на основных зависимостях, позволивших разработать технику бороздочного полива в условиях предгорий КазССР.

Впитывание воды в почву изучалось нами на стационарных делянках и непосредственно в поливных бороздах. Всего проведено более ста опытов по изучению впитывания воды в

почвы предгорья и характера их промачивания при поливах. Результаты исследований позволяют по существующей классификации отнести почвы предгорий к почвам средней и сильной водопроницаемости, исключение составляют участки с заливающими лёссами и почвами со сцементированными карбонатными горизонтами (рис. 2).

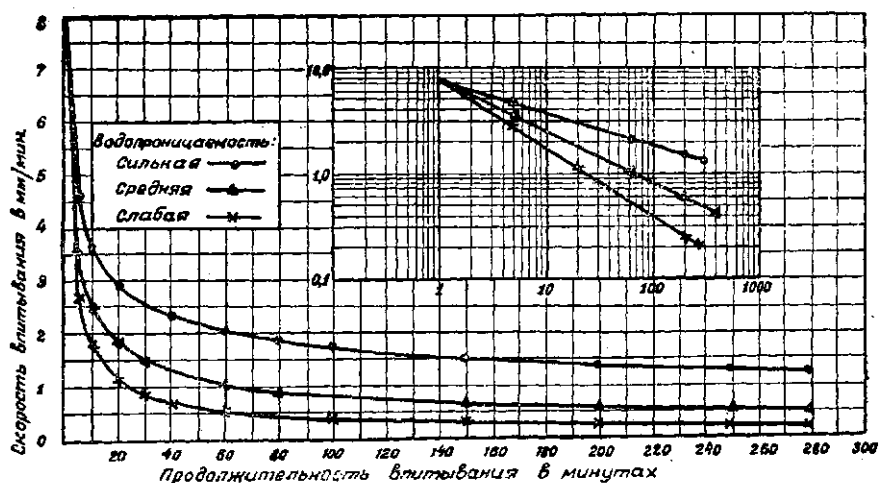


Рис. 2. Скорость впитывания воды в почвы предгорий.

Изучение впитывания воды из борозд и фиксация контуров промачивания почв при различных поливных нормах позволили оценить величину бокового и глубинного увлажнения почв и подойти к установлению рациональных размеров борозд. На легких по механическому составу сероземах величина бокового промачивания почв при малом наполнении борозд не превышала 40—50 см, мало изменяясь при увеличении поливной нормы. В целом же почвы предгорий обладают высокой капиллярной способностью и даже при малом наполнении борозд величина бокового промачивания достигает 60—75 см. Рекомендованные размеры поливных борозд приведены нами в сводной табл. 3.

Как уже отмечалось выше, изучение только впитывания воды в почву не может дать полного представления о механизме поверхностного полива, для этого необходимо изучить и движение воды по поливной борозде (5), (13), (14). Прежде чем коснуться этого сложного процесса, позволим себе остановиться на зависимостях между основными гидравлическими элементами малых потоков в голове поливной борозды, где исключается влияние впитывания воды в почву.

Отсутствие строго очерченного, фиксированного русла поливной борозды затрудняет получение зависимостей смоченного периметра ( $X_0$ ) и живого сечения ( $\omega_0$ ) от величины поливной струи ( $q_0$ ) и уклона ( $J$ ). Эти зависимости определялись нами эмпирическим путем при проведении основных опытов по технике полива и путем постановки специальных опытов. Математическая обработка полученных результатов позволила установить эмпирические формулы указанных зависимостей:

$$X_0 = 0,105 \sqrt[3]{\frac{q_0}{J}} \text{ и } \omega_0 = 0,00147 \sqrt[3]{\frac{q_0^2}{J}} \dots \dots \dots (1,2).$$

Полученные формулы хорошо отражают опытные зависимости.

Скорость движения воды в голове борозды может быть определена из соотношения:

$$V_0 = \frac{0,001 \cdot q_0}{\omega_0} = 0,68 \sqrt[3]{q_0 J} \dots \dots \dots (3).$$

По длине поливных борозд в связи с впитыванием воды в почву изменяется величина поливной струи, а следовательно, и величина остальных гидравлических элементов потока. Для каждого створа борозды характерна своя продолжительность добега, которая возрастает по мере удаления створа от головы борозды.

Проведенные исследования позволили установить продолжительность добега поливных струй на различную длину поливных борозд в зависимости от водопроницаемости почв и уклона дна борозд.

Графо-аналитическая обработка полученных зависимостей позволила установить, что продолжительность добега струй по сухой борозде может быть определена по эмпирической формуле вида:

$$t = \left( \frac{X}{V_0} \right)^{1/\gamma} \dots \dots \dots (4),$$

где:  $X$  — длина добега;

$\gamma$  — коэффициент уменьшения скорости движения воды по сухой борозде.

Коэффициент  $\gamma$  в зависимости от водопроницаемости почв и величины поливной струи изменяется в пределах от 0,4 до 1, достигая своего максимального значения при слабой водопроницаемости почв и значительной величине поливных струй. Величина коэффициента  $\gamma$  устанавливалась нами как тангенс

угла наклона логарифмической анаморфозы кривой добега-  
ния.

Продолжительность добегаания поливных струй на различ-  
ную длину поливных элементов может быть определена и из  
дифференциального уравнения водного баланса борозды:

$$0,06q_0 = \frac{0,001 \cdot \mu \cdot X_0 \cdot K_1}{(1-\alpha)(2-\alpha)} \cdot \frac{X}{t^\alpha} + \mu \omega_0 \frac{dx}{dt} \quad (5),$$

где:  $\mu$  — коэффициент, учитывающий изменение смоченного  
периметра и живого сечения борозд по длине,

$K_1$  — скорость впитывания в первую единицу времени,  
колеблется для почв предгорий от 6 мм/мин до  
8 мм/мин,

$\alpha$  — коэффициент затухания скорости впитывания колеб-  
лется для почв предгорий от  $1/3$  до  $2/3$ .

Решение уравнения (5) в общем виде сложно, однако оно  
решается для определенных значений  $\alpha$  при пользовании нес-  
колькими системами подстановок.

Соответственно при значениях ( $\alpha = \frac{1}{3} \div \frac{2}{3}$ ) можно по-  
лучить конкретные зависимости между продолжительностью  
и длиной добегаания вида:

$$t = \left[ \frac{0,00175 \cdot \mu \cdot K_1}{(1-\alpha)(2-\alpha) \sqrt[3]{q_0 J}} \cdot X + \sqrt[3]{\frac{q_0}{J} \frac{1,4\alpha(1-\alpha)(2-\alpha)}{K_1}} \right] \frac{1}{\alpha} \quad (6)$$

При пользовании формулой (6) вторым слагаемым можно  
пренебречь ввиду его малости, особенно при малых поливных  
струях и повышенной водопроницаемости почв. Так, при кон-  
кретных значениях компонентов формулы

( $X = 100$  м,  $q_0 = 0,2$  л/сек,  $J = 0,01$ ,  $K_1 = 6$  мм/мин,  $\alpha = 0,5$ ,  $\mu = 0,8$ )

продолжительность добегаания, подсчитанная по полной фор-  
муле, составляет 81 мин., а по-сокращенной формуле — 80 мин.

Необходимо отметить, что результаты, подсчитанные по  
формулам (4) и (6), очень близки между собой и хорошо со-  
гласуются с опытными данными по продолжительности добе-  
гания поливных струй на различную длину поливных борозд.

Для оценки неравномерности увлажнения почвы по длине  
борозд нами применялся коэффициент неравномерности —  $\eta$ ,  
представляющий собой отношение фактических поливных  
норм в концевой и головной части борозд. Величина коэф-  
фициента неравномерности увлажнения почвы в опытах ко-  
лебалась от 0,4 до величины, близкой к единице. Соответст-  
венно разница урожайности сельскохозяйственных культур

составляла в одном случае 10—15% от максимальной урожайности, а в другом практически не ощущалась. Обработка материала позволила установить величину коэффициента допустимой неравномерности увлажнения почвы по длине борозд —  $\eta$ , при котором не наблюдается ощутимого (более 3—4%) снижения урожайности сельскохозяйственных культур.

Для основных пропашных культур предгорий Казахстана величина коэффициента допустимой неравномерности увлажнения почвы по длине поливных борозд колеблется в сравнительно небольших пределах. Так, для томатов и капусты он составляет 0,71.

Таблица 2

Значение коэффициента допустимой неравномерности увлажнения почвы для пропашных культур предгорий Казахстана

Наименование сельскохозяйственных культур	Томаты	Капуста	Табак	Кукуруза	Сахарная свекла
Значение коэффициента $\eta$	0,71	0,71	0,75	0,73	0,765

Величина коэффициента допустимой неравномерности увлажнения почвы для кукурузы и сахарной свеклы устанавливалась на основании изучения поливного режима этих культур в 1959 году отрядом Института водного хозяйства КазАСХН при участии автора.

Для практических расчетов с достаточной степенью точности коэффициент допустимой неравномерности увлажнения почвы для всех пропашных культур предгорий может быть принят 0,75.

Исходя из указанного, продолжительность полива  $T$  может быть определена из условия:

$$T = \left[ \frac{0,1m \frac{2}{1+\eta} \cdot b \cdot (1-\alpha)}{X_0 \cdot K_1} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}} \dots (7),$$

где  $b$  — ширина принятого междурядья.

Чтобы полив осуществлялся по заданной поливной норме при допустимой неравномерности увлажнения почвы, продолжительность добегаания, очевидно, должна составлять определенную часть продолжительности полива:

$$\frac{T}{t} = \frac{1-\beta}{1-\eta} \frac{1}{1-\alpha} \dots (8),$$

где  $\beta$  — отношение продолжительности стока воды с борозды к продолжительности добегаия воды по сухой борозде, равное примерно 0,1.

Величина оптимального соотношения между продолжительностью полива и продолжительностью добегаия для почв разной водопроницаемости различна и примерно составляет: для почв сильной водопроницаемости — 2,5, средней водопроницаемости — 2,0, слабой водопроницаемости — 1,5.

В условиях повышенных уклонов местности технику полива во многом определяют оптимальные и предельные поливные струи (максимальные и минимальные). В наших исследованиях значительное внимание уделялось установлению предельных поливных струй, что объясняется спецификой природных условий и желанием сузить диапазон для отыскания оптимальных поливных струй (рис. 3).

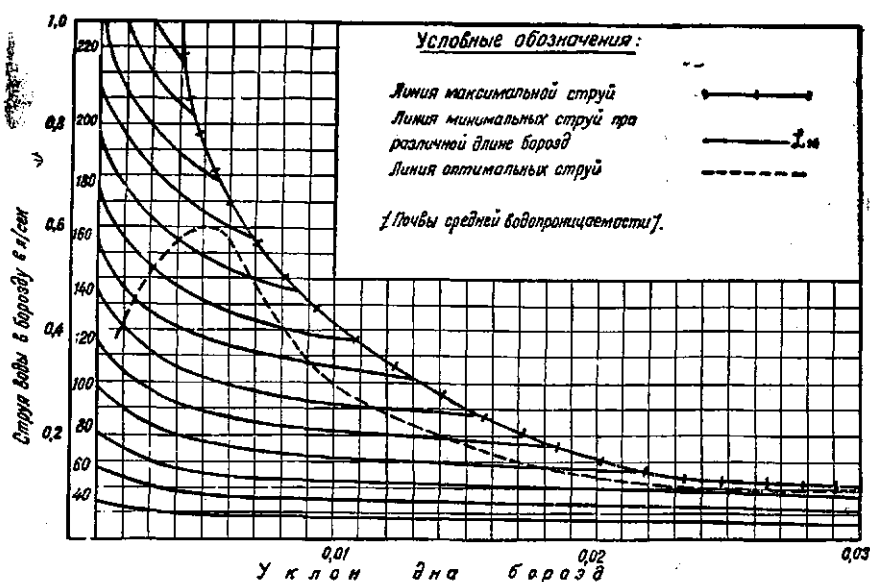


Рис. 3. Величина поливных струй при различной длине борозд и уклоне их дна.

Величина допустимой из условия неразмываемости максимальной поливной струи устанавливалась на основании анализа мутности воды в головной и концевой части борозды, а также путем специальных промеров сечения борозд до и после полива.

Величина минимальной струи устанавливалась в результа-

те проведения основных опытов при пользовании малыми поливными струями. Для определенных условий и при известной длине поливной борозды подбиралась поливная струя, которая полностью бы впитывалась на этой длине и принималась за минимальную.

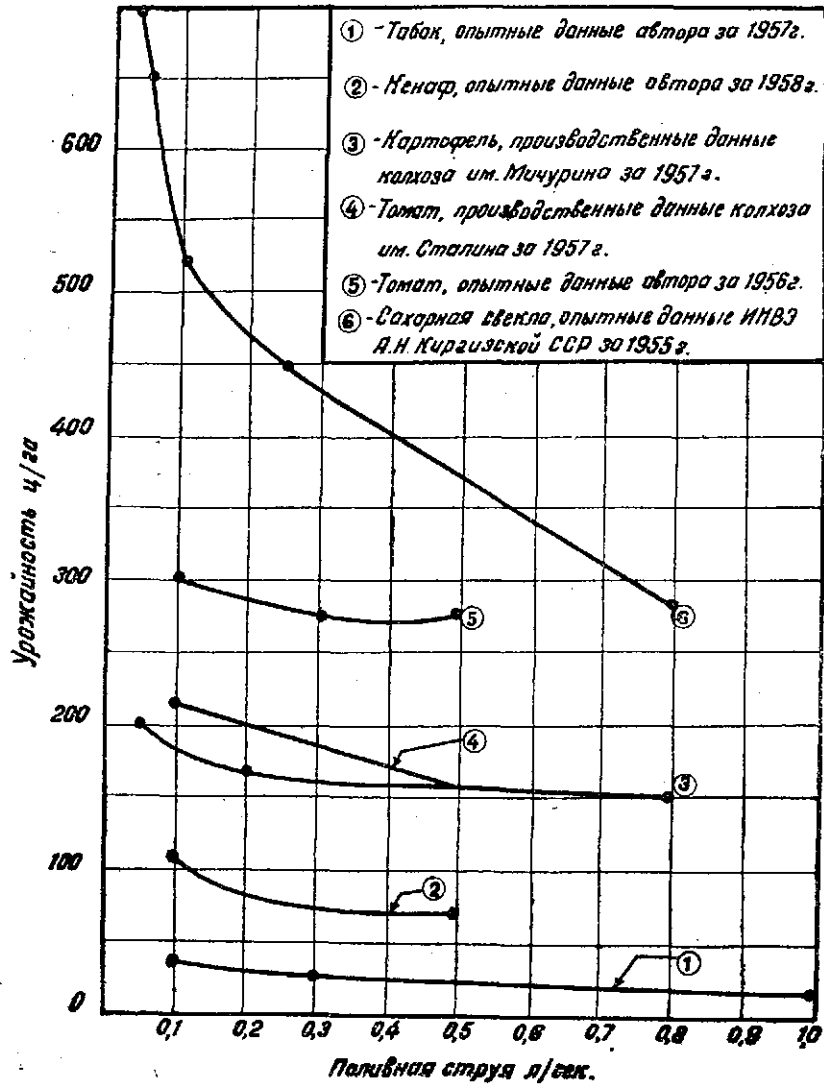


Рис. 4. Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от величины поливной струи при одинаковом агрофоне в условиях предгорий.

Оптимальная величина поливных струй устанавливалась опытным путем. Диапазон изучаемых поливных струй определялся величиной предельных поливных струй.

При учете урожайности с различных делянок было установлено, что при прочих равных условиях величина урожайности сельскохозяйственных культур была выше при малых поливных струях (рис. 4). Сделанный вывод согласуется с данными ряда авторов (11), (1). Однако уменьшать величину поливной струи до минимальных размеров не представляется возможным ввиду значительного снижения производительности труда и увеличения числа выводных борозд, т. е. уменьшения полезно используемой площади.

Некоторые авторы (16) совершенно необоснованно делают вывод, что на крутых склонах полив по длинным поливным бороздам позволяет получить большую урожайность, чем при поливе по коротким бороздам. Очевидно, что такое обстоятельство может иметь место только в результате снижения поливных и оросительных норм.

Длина поливной борозды, как показали наши исследования, на величину урожайности непосредственно не влияет.

#### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНИКЕ ПОЛИВА ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

Полученные выше основные зависимости позволили осуществить выбор рациональной техники полива пропашных культур в предгорьях Казахстана, отдельно для поливов постоянной и переменной поливными струями.

Ввиду наличия в выделенных зонах почв с различной степенью водопроницаемости, рекомендации по выбору элементов техники полива даны в зависимости от почвенных и геоморфологических условий, встречающихся как в «горной», так и в «степной» зонах предгорий. Рекомендации в такой форме могут быть использованы при знании водопроницаемости почв и уклона дна борозд в направлении полива (табл. 3).

Особые условия предгорий не только затрудняют проведение поливов, но и в значительной степени усложняют разработку рекомендаций по технике полива в силу своей специфичности и большого разнообразия. Каждое поле колхоза, расположенное в предгорьях, требует специальных исследований техники полива.

Специальные сложные исследования техники полива, в том числе и наше, проводились для целых орошаемых районов и дают по сути дела общие осредненные рекомендации, не учитывающие сугубо местных условий, имеющих немаловажное значение. Нами предлагается методика «пробных»



Таблица 3

Рекомендации по технике полива пропашных культур для условий предгорий Казахстана

Элементы техники полива	Почвы сильной водопроницаемости: черноземы, каштановые и легкосуглинистые, сероземы легкосуглинистые и супесчаные				Почвы средней водопроницаемости: каштановые среднесуглинистые, сероземы и луговые сероземы среднесуглинистые				Почвы слабой водопроницаемости: сероземы тяжелосуглинистые, каштановые со сцементированным карбонатным горизонтом				
	0,003	0,006	0,01	0,03	0,003	0,006	0,01	0,03	0,003	0,006	0,01		
Уклон дна борозд	0,003 0,006 0,01 0,03 0,003 0,006 0,01 0,03 0,003 0,006 0,01												
Ширина междурядий, м	0,6 0,7 0,6 0,7 0,6 0,7 0,6 0,7 0,6 0,7 0,6 0,7 0,6 0,7 0,6 0,7 0,6 0,7 0,6 0,7 0,6 0,7												
Размеры борозд	0,15 0,18 0,15 0,18 0,12 0,15 0,12 0,15 0,15 0,18 0,15 0,18 0,15 0,18 0,12 0,15 0,18 0,2 0,18 0,2 0,15 0,18												
	Глубина	0,4 0,45 0,4 0,45 0,35 0,4 0,35 0,4 0,4 0,45 0,4 0,45 0,4 0,45 0,3 0,4 0,45 0,5 0,45 0,5 0,4 0,45											
	Ширина по верху Длина	60 80 60 60 100 150 100 80 150 250 150											
<i>Полив постоянной струей</i>													
Величина поливной струи, л/сек	0,6 0,5 0,3 0,1 0,5 0,6 0,3 0,1 0,8 1,0 0,3												
Продолжительность полива при норме	600 м³/га	75 85 110 126 135 186 320 380 150 185 180 205 300 430 700 1030 175 220 200 250 960 1500											
	800 м³/га	98 110 152 181 205 282 465 580 200 230 250 274 510 700 1200 1500 320 490 300 400 — —											
<i>Полив переменной струей</i>													
Величина поливной струи, л/сек	0,6 0,6/0,4 0,4/0,2 0,2/0,1 0,6/0,2 0,8/0,3 0,4/0,2 0,2/0,1 1,0/0,3 1,0/0,4 0,4/0,2												
Продолжительность полива при норме	600 м³/га	75 85 120 140 140 190 250 310 170 200 182 220 285 410 580 930 210 260 300 360 920 1100											
	800 м³/га	98 110 160 190 210 290 380 480 240 280 260 310 490 620 1050 1350 360 590 410 720 1310 1520											

Примечания: 1. Рекомендации даны для основных поливов, исключая первый. Первый полив следует осуществлять нормой добегания при величине поливной струи в 1,5 раза более рекомендованной.  
2. Переменная поливная струя дана дробью; в числителе — первоначальная поливная струя, в знаменателе — измененная поливная струя после добегания воды до конца поливной борозды.

68

В. Ф. Носенко

поливов для уточнения на месте — в колхозе, бригаде рекомендаций по величине элементов техники полива пропашных культур в условиях предгорий Казахстана. Предлагаемая методика испытана в условиях производства на показательных участках в девяти хозяйствах Алма-Атинской и Джамбулской областей.

Оборудование для проведения «пробных» поливов должно быть простым и состоять из двух металлических щитков для перекрытия борозд, одного или двух треугольных водосливов, рулетки, ведра, мерного сосуда. Как показал опыт, наличие указанного оборудования позволяет без особых затрат рабочего времени и с необходимой точностью установить рациональную величину поливных элементов.

На практике очень большое значение имеет определение времени, в течение которого необходимо поддерживать воду в борозде для внесения в почву заданной поливной нормы. Эта задача может быть решена при проведении специального опыта на полуметровом или метровом отрезке борозды. Для этого на поливном участке выбирается типичный отрезок борозды и отгораживается щитками. Расчетный объем воды, приходящийся на отрезок борозды, может быть легко подсчитан.

Необходимая продолжительность полива определяется временем впитывания расчетного объема воды на отрезке борозды. В процессе опыта необходимо поддерживать в борозде постоянный слой воды в 3—5 см, приблизительно такой, как при поливе, доливая воду мерным сосудом по мере ее впитывания. Целесообразно при проведении опыта определять необходимую продолжительность полива при нескольких поливных нормах — 400, 600, 800 м<sup>3</sup>/га.

Величина поливной струи может быть найдена по величине времени добега воды до конца борозды и заданной поливной нормы. Опыты показывают, что наиболее удобно пользоваться поливной струей, норма добега которой составляет примерно  $\frac{2}{3}$  от расчетной поливной нормы.

Для опытного определения величины поливной струи следует выбрать на поле 3—4 поливных борозды и отрегулировать водосливом подачу в них воды разными поливными струями. По мере добега каждой струи до конца борозды следует фиксировать продолжительность добега и, пользуясь приведенным соотношением, подобрать оптимальную величину поливной струи. Опыт можно продолжать и до внесения всего расчетного объема воды с целью выявить величину сброса воды при поливе разными поливными струями.

При поливе переменной поливной струей особый интерес вызывает опытное определение величины измененной полив-

ной струи. В этом случае величина измененной поливной струи может быть принята как разность между первоначальной поливной струей и струей установившегося сброса в конце борозды.

Длина поливных борозд, как правило, не может изменяться за период вегетации растений, поэтому и пробные поливы можно проводить один раз в год летом, чтобы ранней весной следующего года нарезать борозды нужной длины. Для проведения опыта необходимо, исходя из местных условий, выбирать две-три возможные длины борозд и установить крайние значения величины поливных норм. Для каждого из возможных сочетаний длины борозд и величины поливной нормы устанавливается оптимальная поливная струя и осуществляется полив по заданным поливным нормам. После чего производится выбор рациональной длины, позволяющей одинаково хорошо осуществлять полив по заданным поливным нормам. При прочих равных условиях предпочтение следует отдавать более длинным бороздам.

#### ПОЛИВНЫЕ УСТРОЙСТВА И ПРИСПОСОБЛЕНИЯ В ПРЕДГОРЬЯХ КАЗАХСТАНА

В настоящее время техника осуществления поверхностных поливов значительно отстает от техники осуществления других агроприемов и становится серьезным тормозом для дальнейшего развития поливного земледелия. В предгорьях положение усугубляется особо трудными условиями для полива — повышенными уклонами и сложным рельефом местности.

Автором настоящей статьи за последние годы опробовались различные поливные устройства и приспособления: поливные трубки, сифоны, металлические щитки, переносные поливные трубопроводы.

Опыт показал, что поливные трубки не совсем удобны в работе, так как их приходится заделывать в твердый грунт. Кроме того, они легко засоряются и, что особенно важно, не позволяют регулировать величину поливных струй.

Поливные сифоны более удобны в работе, чем поливные трубки, однако и они имеют ряд недостатков. Это, во-первых, невозможность широкого регулирования величины поливных струй, и, во-вторых, частые выключения из работы при срыве вакуума в результате колебания горизонта воды в выводной борозде.

По сравнению с поливными трубками и сифонами применение поливных щитков с узкими прорезями имеет ряд преи-

муществ. Они не засоряются, удобны при установке и дают возможность регулировать величину поливной струи. Наиболее удобными при поливах являются щитки с треугольными прорезями при величине центрального угла от 10 до 45°. Для определения величины поливной струи поливные щитки следует разметить на расходные деления, что позволит осуществлять полив заданными поливными струями.

Имеется уже довольно большой опыт работы с помощью поливных щитков в ряде хозяйств Алма-Атинской области.

Стоимость изготовления одного щитка заводом не превышает 1,5 рубля. Однако, несмотря на некоторые достоинства поливных щитков, они во многом уступают переносным поливным трубопроводам.

Кафедрой сельскохозяйственных мелиораций Казахского сельскохозяйственного института при участии автора, начиная с 1955 года, были изготовлены, а затем и испытаны поливные конструкции, позволяющие при сравнительно небольших удельных затратах решить ряд вопросов организации и проведения качественных и производительных поливов в условиях повышенных уклонов местности. Переносные поливные конструкции-трубопроводы изготавливались «жесткими» из оцинкованного железа и «гибкими» из брезента. Оба трубопровода в 1956—1957 годах успешно использовались при поливах овощных и технических культур в условиях сложного рельефа и высоких уклонов местности, что позволяет рекомендовать их для широкого внедрения в практику колхозов и совхозов предгорных районов Казахстана.

Как показал опыт, применение поливных трубопроводов позволяет:

1. В 2—5 раз увеличить производительность труда поливальщика и улучшить условия его труда.
2. Обеспечить качественный полив, осуществляя нормированную подачу воды в поливные борозды.
3. Исключить размыв почвы во временной оросительной сети.
4. Значительно облегчить проведение ночных поливов.
5. Улучшить использование поливных площадей и поливной воды.

#### ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Предгорья Казахстана отличаются особо сложными условиями. Но осуществлению поверхностных поливов в этих условиях не уделяется достаточного внимания.
2. Существующая техника полива пропашных культур в

большинстве хозяйств предгорий не отвечает требованиям передового производства. Нарушения в технике полива приводят к снижению и без того низкой производительности труда при поливе и ухудшению качества полива.

3. Поливная эрозия в предгорьях в настоящее время очень значительна. Установлено, что за каждый полив с одного гектара выносятся до 20—40 т гумусированного слоя почвы. При существующей технике полива не представляется возможным исключить или даже уменьшить поливную эрозию. Больше того, поливная эрозия может принять еще большие размеры в результате повышения интенсивности поливного земледелия.

4. Наряду с недостатками, присущими местным, исторически сложившимся приемам орошения, они заключают в себе потенциальные возможности осуществления качественных поливов в условиях повышенных уклонов и сложного рельефа местности. Производственный опыт проведения поливов в предгорьях Казахстана и Киргизии, а также специальные разработки автора позволяют:

а) считать не только возможным, но и необходимым осуществлять полив в условиях повышенного уклона и сложного рельефа местности в направлении общего склона местности, не прибегая к нарезке поливных борозд по частному уклону местности;

б) считать возможным осуществлять поливы по бороздам при уклоне их дна до 0,04, а не до 0,015—0,02, как это рекомендуется в существующих нормативах и указаниях.

5. В зависимости от категории трудности рельефа автором разработаны и предлагаются производству три основные схемы расположения временной оросительной сети в предгорьях, как при обычной нарезке сети, так и при условии замены элементов сети переносными поливными трубопроводами.

6. Исследования показали, что улучшенные бороздковые поливы малой поливной струей и переменной поливной струей более других разновидностей бороздкового полива удовлетворяют требованиям к поливам в специфичных условиях предгорий Казахстана и нуждаются в широком внедрении в производство.

7. Для возможности качественного осуществления поливов в предгорьях достаточно проводить «частичную» планировку, не прибегая к «капитальной» планировке.

8. В результате проведения исследований были установлены предельные величины поливных струй в борозды. Максимальная поливная струя установлена из условия недопущения размывов борозд, а минимальная поливная струя — из

условия добегаания струи до конца борозды при различной длине борозд и водопроницаемости почв.

9. В результате проведения исследований установлены и предлагаются производству рекомендации по рациональной величине поливных элементов для основных почвенных разностей предгорий Казахстана при поливах постоянной и переменной поливными струями (табл. 3).

10. Предлагается простая методика «пробных» поливов, позволяющая на месте, в колхозе, бригаде уточнить величину элементов техники полива в связи с резкой сменой природных условий на сравнительно небольшой длине предгорий.

11. Предлагаются производству широко опробованные в предгорьях рациональные конструкции поливного оборудования: поливных щитков с узкими прорезями, «жестких» и «гибких» переносных поливных трубопроводов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аствацетрян Ж. М. Техника бороздкового полива табака в условиях предгорной (сухостепной) зоны Армении. Труды АрмНИИГИМ, т. II, Ереван, 1957.
2. Акопов Е. С. О методах подбора рациональных элементов техники полива. Труды АрмНИИГИМ, т. II, Ереван, 1957.
3. Бендиктов И. А., Костяков А. Н., Кременецкий Н. О., Кутергин В. А. Орошение и строительство водоемов. М., 1950. ж. «Молодая гвардия».
4. Бабаев Н. Х. Ирригационная эрозия в элементах оросительной сети и приемы предупреждения ее в условиях предгорных районов Зайлийского Ала-Тау. Диссертация, Алма-Ата, 1956.
5. Бунятян Л. Б. О поливе по бороздам. «Вестник с-х. наук», 1957, № 3.
6. Газиев Х. К. Планировка поливных участков при переходе на новую систему орошения. Киргизгосиздат, 1955.
7. Данов Г. А. Рационализация техники бороздкового полива хлопчатника. Автореферат, Ташкент, 1958.
8. Драгавцев А. П. Террасирование горных склонов Тянь-Шаня под сады и виноградники. Казгосиздат, 1953.
9. Еременко В. Е. О технике полива хлопчатника. Сборник «Севообороты, удобрения и поливы хлопчатника», 1949, Ташкент.
10. Еременко В. и Макогян Г. Мастера полива хлопчатника. 1952, Ташкент.
11. Жарова К. О технике бороздкового полива в Чуйской долине, ж. «Сельское хозяйство Киргизии», 1956, № 10.
12. Жарова К. Размещение временной оросительной сети в условиях больших уклонов, ж. «Сельское хозяйство Киргизии», 1957, № 10.
13. Костяков А. Н. Основы мелиорации. Сельхозгиз, 1951.
14. Кулиниченко В. Ф. Гидравлика самотечных поливов. Автореферат, Новочеркасск, 1951.
15. Ляпин А. Н. Улучшение техники полива хлопчатника по бороздам, ж. «Гидротехника и мелиорация», 1950, № 11.
16. Меднис М. Техника полива хлопчатника на крутых склонах ж. «Хлопководство», 1958, № 12.

17. Сухарев И. П. Орошение в Воронежской области, ж. «Гидротехника и мелиорация», 1950, № 11.
18. Саноян С. В. Опыт полива по вдавленным бороздам. Труды АрмНИИГИМ, том II, Ереван, 1957.
19. Шапошников Д. Г. Горное орошение. Диссертация, М., 1955.
20. Штокалов Д. А. Полив по бороздам переменной струей. Сборник трудов ЮЖНИИГИМа, выпуск IV, 1956.
21. Носенко В. Ф. Передовые способы полива на полях Казахстана. Алма-Ата, 1958.
22. Носенко В. Ф. Поливной трубопровод, ж. «Сельское хозяйство Казахстана», 1958, № 1.

*В. М. Петрунин,*  
мл. научный сотрудник

### О ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЯХ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ СРОКОВ ПОЛИВА КУКУРУЗЫ

Получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур на поливе возможно только при правильном режиме орошения, который учитывает как биологические особенности культур, так и почвенно-климатические условия.

Кукуруза является одной из важнейших зерновых и кормовых культур. Практика передовых хозяйств показывает, что эта культура позволяет получать с единицы площади высокий урожай. В 1959 году на орошаемых землях Казахстана кукуруза возделывалась на площади 236 тыс. га. Задача состоит в том, чтобы на орошаемых землях республики ежегодно выращивать не менее 30—40 ц/га зерна и 500—600 ц/га зеленой массы кукурузы.

Для выполнения такой задачи необходимо выдерживать высокую агротехнику и правильный поливной режим кукурузы. До сего времени нет научно обоснованного поливного режима кукурузы, позволяющего получать высокие урожаи зерна и зеленой массы.

В течение вегетационного периода кукуруза потребляет влагу из почвы неравномерно. Поэтому, определяя оптимальный поливной режим (сроки поливов, оросительные и поливные нормы), необходимо организовать подачу воды так, чтобы не создавать дефицита влаги в почве, а значит и в тканях растений.

При некоторых существующих методах определения сроков полива (при помощи схем полива, внешнему виду растений, фазам развития и др.) не всегда постоянно поддерживается физиологическая активность тканей растения и, следовательно, процессы обмена веществ, дыхание и рост клеток (7). Известно, что задолго до появления внешних признаков растение начинает испытывать недостаток в воде, наступает подавленная физиологическая деятельность, приводящая в даль-



нейшем к снижению урожая. Определяют сроки полива сельскохозяйственных культур и по влажности почвы. Но из-за сложности и громоздкости данный метод не получил широкого распространения. Поэтому многие исследователи стали искать другие пути определения сроков полива. Так, с целью диагностирования сроков полива разрабатываются физиологические методы по сосущей силе листьев, концентрации клеточного сока, осмотическому давлению и по степени открытия устьиц. В литературе имеется теоретическое обоснование методов диагностирования поливов по сосущей силе листьев В. С. Шардаковым (5,6) и Н. С. Петиновым (1), концентрации клеточного сока М. Ф. Лобовым (2,3) и Н. С. Петиновым (1), осмотическому давлению — Н. С. Петиновым (1,8) и степени открытия устьиц Н. Г. Васильевой (9). Однако в силу ряда причин пока ни один из физиологических методов еще не внедрен в производство.

Для научного обоснования, проверки и сравнения способа назначения сроков полива кукурузы и сахарной свеклы по физиологическим показателям с другими методами Институтом водного хозяйства заложены специальные опыты в колхозе им. Сталина Каратальского района Алма-Атинской области. Обе культуры возделывались квадратно-гнездовым способом. Поливы производились по бороздам. Исследованиями руководил кандидат технических наук Н. С. Горюнов.

Климат района исследований характеризуется крайней сухостью и резкой континентальностью. Среднегодовая температура воздуха  $6,9^{\circ}$ . Продолжительность безморозного периода 152 дня. Среднегодовое количество атмосферных осадков 199 мм с крайне низкой относительной влажностью воздуха. Почвы участка относятся к плотным сероземам с содержанием гумуса 2—2,5%.

Полевой опыт по кукурузе заложен на площади 1,1 га с числом поливов от 1 до 6, с оросительной нормой от 800 до 4 600 м<sup>3</sup>/га, при трех основных вариантах и трех микровариантах. Основные варианты заложены в четырехкратной повторности. Площадь делянки одной повторности равна 400 м<sup>2</sup>.

При исследовании принят метод диагностирования сроков полива по концентрации клеточного сока как самый простой и удобный при использовании в полевых условиях. Он наиболее правильно характеризует водное состояние клеток, так как при недостатке воды концентрация нарастает и снижается при оптимальной водообеспеченности (2).

С целью уточнения методики по изучению концентрации клеточного сока кукурузы (с учетом биологических и почвенно-климатических условий) автором изучались следующие вопросы: 1) требуется ли повторный образец для определения

концентрации; 2) как распределяется концентрация клеточного сока по длине и ширине листьев; 3) как распределяется концентрация клеточного сока в листьях по ярусам растения снизу вверх; 4) изменяется ли концентрация определенного яруса в течение вегетационного периода; 5) изменяется ли концентрация в зависимости от метеорологических факторов.

Для определения концентрации использовались полевой и лабораторный рефрактомеры. Последний служил для контроля. Определения проводились непосредственно в поле (в 9, 11, 13 и 15 часов) через один-два дня по методике, предложенной М. Ф. Лобовым (2). Перечисленные выше вопросы исследовались при различной водообеспеченности, что позволило получить весьма интересные предварительные данные.

М. Ф. Лобов (2) считает, что для определения концентрации клеточного сока достаточно брать образцы в 3—4-кратной повторности и что при достаточной водообеспеченности концентрация клеточного сока со старением (до момента отмирания) не повышается, а при переувлажнении почвы, когда резко ухудшается аэрация почвы, концентрация его повышается. Однако наши наблюдения эти выводы не подтвердили. Ниже приведены данные динамики концентрации клеточного сока в листьях кукурузы сорта Краснодарская  $1/49$  по варианту с четырьмя поливами (оросительная норма  $2400 \text{ м}^3/\text{га}$ ) (рис. 1).

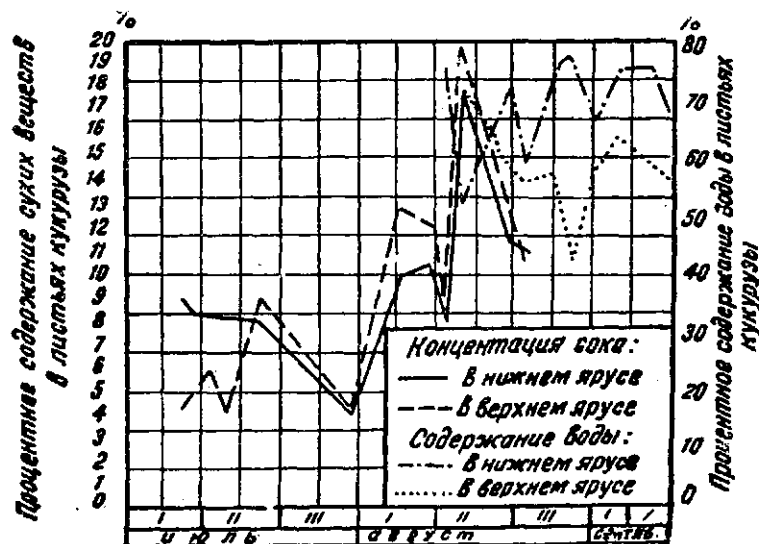


Рис. 1. Концентрация клеточного сока в листьях нижнего и верхнего ярусов 1959 г. (вариант II).

Данные наших исследований показывают, что концентрацию клеточного сока можно установить для одного фона водообеспеченности при взятии образцов в 8—10-кратной повторности. Концентрация клеточного сока изменяется по длине листьев и по ярусам снизу вверх. По ширине изменений не наблюдалось. Концентрация клеточного сока — величина непостоянная. Она изменяется от влажности почвы, температуры и влажности воздуха, а также от возраста и старения растений.

Концентрация клеточного сока резко падает после поливов на 1,5—3% и резко возрастает при недостаточном обеспечении водой. Высокая температура и низкая влажность воздуха в полдень вызывают резкий подъем концентрации на 2—3%, а в 9 часов утра и 18 часов вечера при спаде температуры концентрация понижается. С возрастом растения рост концентрации нижнего яруса в течение вегетации выражен слабо.

Из данных наблюдений можно прийти к выводу, что брать образцы для определения концентрации клеточного сока необходимо из среднего яруса и из середины листа. Такой порядок взятия образцов наиболее правильно характеризует водный режим всего растения. Образцы нужно брать примерно в 10 часов утра. Указанное время взятия образцов позволяет наиболее правильно судить о водообеспеченности растения. Утренние часы (6—7 часов) могут за счет повышенной влажности воздуха и низкой температуры показывать низкий процент сухих веществ даже при пониженной влажности почвы.

При определении содержания воды в листьях нижнего и верхнего ярусов кукурузы установлено, что между концентрацией клеточного сока и степенью обводненности листьев существует прямая взаимосвязь. В листьях нижних ярусов кукурузы содержится меньше сухих веществ, чем в верхних. Эти данные подтверждаются при определении обводненности листьев.

В результате проделанной работы установлена предварительно критическая величина концентрации клеточного сока для 7-го (среднего) яруса. До цветения кукурузы она равна 7—8%, а в последующие фазы — 9—10%. При достижении такой критической концентрации клеточного сока кукурузы надо поливать.

Важно отметить, что прирост массы кукурузы имеет прямую зависимость от водообеспеченности. Исследования показывают, что при оросительной норме 3 600 м<sup>3</sup>/га и четырех поливах прирост массы идет достаточно быстро, но с дальнейшим увеличением оросительной нормы наблюдается сни-

жение прироста, а при оросительной норме  $4\ 600\ м^3/га$  и выше прирост затухает (рис. 2).

Аналогичные результаты получены и по динамике урожайности кукурузы в зависимости от разного поливного режима. На микроварианте с оросительной нормой свыше  $4\ 600\ м^3/га$  (при минимальной величине концентрации клеточного сока) урожай кукурузы получен ниже, чем на вариантах с меньшей водообеспеченностью. Переувлажненность почвы

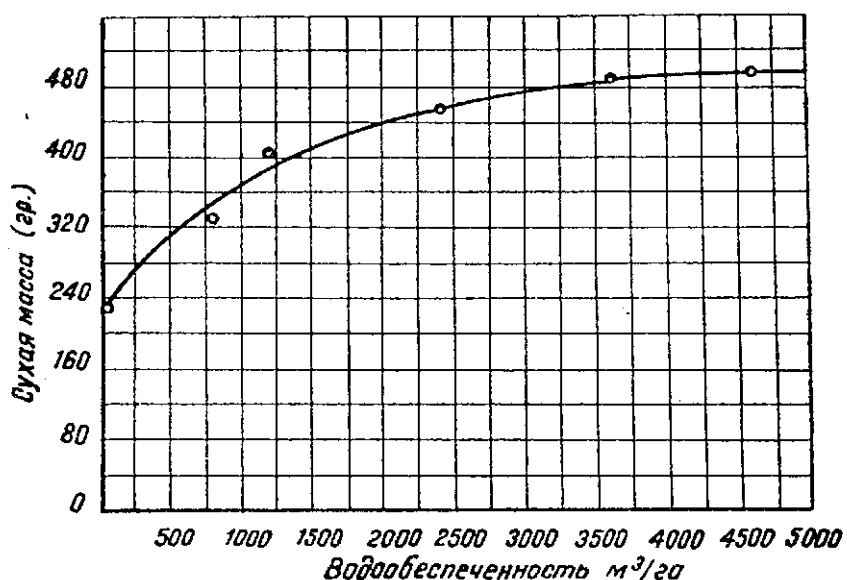


Рис. 2. Зависимость между накоплением сухой массы кукурузного растения и водообеспеченностью 1959 г.

(свыше 80% от предельной полевой влагоемкости) ухудшает аэрацию почвы, замедляет деятельность микроорганизмов и другие процессы, что приводит к снижению физиологической деятельности, а следовательно, и к снижению урожая. Эти выводы подтвердились и при исследовании поливного режима сахарной свеклы на микроварианте с продолжительными поливами.

Г. М. Титев считает, что меньшей величине концентрации клеточного сока соответствует больший урожай (4). Результаты наших опытов не соответствуют его выводам.

Опыты показывают, что кукуруза, возделываемая на зерно; в зоне исследований за вегетационный период требует 4 полива с оросительной нормой  $2\ 400\ м^3/га$  при распределении по фазам: первый — в начале выхода в трубку; второй — при начале появления султана; третий — в фазе цветения; четвер-

тый — в начале молочной спелости. В засушливые годы необходимо применять 5—6 поливов с оросительной нормой 3 000—3 600 м<sup>3</sup>/га.

Таблица 1

## Урожай зерна кукурузы при различной водообеспеченности

Варианты	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Число поливов	Сухих хлопчатников, ц/га	Зерна, ц/га	% от контроля (V вариант)	% выхода зерна
I	1 600	2	50,9	40,7	118,6	80
II	2 400	4	57,3	44,8	130,6	80
III	3 600	6	59,2	47,3	137,9	80
IV	4 600	6	60,7	48,5	141,4	80
V	800	1	44,1	34,3	100,0	78
Без полива	—	—	13,5	8,5	24,7	63

С увеличением оросительной нормы свыше 3 600 м<sup>3</sup>/га урожайность кукурузы почти не повышается. Затраты на полив становятся непроизводительными.

Исследования автора показали, что при изучении диагностирования сроков полива кукурузы по концентрации клеточного сока имеются положения, которые не совпадают с выводами ряда ученых. В дальнейшем эти положения требуют уточнения. Диагностирование сроков полива по физиологическим показателям заслуживает большого внимания.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Петин Н. С. О значении физиологических показателей в поливном растениеводстве. «Физиология растений», 1954, т. I, № 1.
2. Лобов М. Ф. Диагностирование сроков поливов овощных культур по концентрации клеточного сока. Сб. «Биологические основы орошаемого земледелия». Изд-во АН СССР, 1957.
3. Лобов М. Ф. О концентрации клеточного сока листьев яровой пшеницы при недостаточном водоснабжении. Труды ИФР им. К. А. Тимирязева, т. VI, вып. I, 1948.
4. Титев Г. М. О диагностировании сроков полива кукурузы по концентрации сока листьев. «Вестник АН КазССР», № 12, 1958.
5. Шардаков В. С. Водный режим хлопчатника. 1953.
6. Шардаков В. С. Определение сроков полива хлопчатника по величине сосущей силы листьев. Изд-во АН УзССР, 1956.
7. Раскатов П. Б. Физиология растений с основами микробиологии, 1958.
8. Петин Н. С. Современное состояние и пути дальнейшего развития научно-исследовательских работ по орошению и теории водного режима сельскохозяйственных растений. Сб. «Биологические основы орошаемого земледелия». Изд-во АН СССР, 1957.
9. Васильева Н. Г. Физиологические показатели водоснабжения яровой и озимой пшеницы в условиях орошения в Курской области. Сб. «Орошение сельхозкультур в Центрально-Черноземной полосе РСФСР», 1956.

Т. К. Абишев,  
аспирант

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛАГОЗАРЯДКОВЫХ ПОЛИВОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И КУКУРУЗЫ В АЛМА-АТИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Актуальной проблемой в условиях Алма-Атинской области является получение высокого урожая сельскохозяйственных культур при рациональном использовании оросительной воды. В связи с этим большого внимания заслуживают влагозарядковые поливы, которые проводятся в осенне-весенний период, то есть до начала и после окончания вегетационных поливов, когда имеется свободный сток в источниках. Осенне-весенний сток рек не сбрасывается непроизводительно, а используется рационально для создания необходимого запаса влаги в корнеобитаемом слое почвогрунта.

Лето в условиях области характеризуется высокой температурой воздуха, повышенным испарением влаги с поверхности почвы, и вследствие этого явным недостатком влаги. Осень теплая, продолжительная. Для нее также характерны высокая температура и крайняя сухость воздуха. Среднемесячная и среднегодовая температура воздуха в наиболее характерных пунктах области даны в табл. 1.

Атмосферные осадки на территории области выпадают крайне неравномерно как в течение года, так и по местностям (табл. 2).

Таблица 1

Метеостанции	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Каскелен . . . . .	- 5,6	-4,9	0,5	8,3	13,6	17,9
Алма-Ата (АМГС)	-12,7	-10,7	0,0	10,0	15,7	19,9
Или . . . . .	-12,3	- 7,4	0,4	11,9	18,0	22,7
Уш-Тобе . . . . .	-13,5	-10,1	-0,5	9,7	16,9	21,7
Уч-Арал . . . . .	-14,9	-12,6	-2,2	8,8	16,2	21,5

Продолжение табл. 1.

Метеостанции	Июль	Август	Сен- тябрь	Ок- тябрь	Но- ябрь	Де- кабрь	Годовая
Каскелен	20,3	19,3	14,1	7,2	0,9	-3,6	7,3
Алма-Ата (АМГС)	22,4	21,4	15,1	7,6	-1,8	-7,4	6,6
Или	24,7	23,9	17,1	8,8	0,9	-7,2	8,5
Уш-Тобе	23,6	21,9	15,4	7,4	-0,9	-8,6	6,9
Уч-Арал	23,9	21,8	15,5	7,0	-1,1	-11,0	6,1

Таблица 2

Метеостанции	Количество осадков, в % от годовой суммы				Годовая сумма осадков, мм
	весна	лето	осень	зима	
Каскелен	43,4	23,4	19,1	14,1	491
Алма-Ата (АМГС)	41,4	16,7	22,8	19,1	420
Или	33,9	26,5	22,4	17,2	245
Уш-Тобе	33,2	16,1	29,1	21,6	199
Уч-Арал	38,5	18,0	19,0	24,5	216

Как видно из табл. 2, наиболее влагообеспеченными атмосферными осадками являются предгорные зоны области. Известно, что предгорная зона является теплообеспеченной и в этом отношении весьма благоприятствует возделыванию всех сельскохозяйственных культур. Однако условия увлажнения зоны атмосферными осадками далеко недостаточны и вследствие этого получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур невозможно без искусственного орошения. Приводим подсчитанный нами по методу

Таблица 3

Название элементов	Ян- варь	Фев- раль	Март	Ап- рель	Май	Июнь	Июль
Температура воздуха (в °С)	-12,7	-10,6	0,0	10,0	15,7	19,9	22,4
Относительная влажность (в %)	82	80	78	65	62	58	49
Испаряемость (в мм)	5	7	25	77	115	153	203
Осадки (в мм)	22	29	48	64	62	35	17
Коэффициент увлажнения	440	415	192	83	54	23	8
Баланс увлажнения (в мм)	17	22	23	-13	-53	-118	-186

Продолжение табл. 3.

Название элементов	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Годовой
Температура воздуха (в °С)	21,4	15,1	7,6	-1,8	-7,4	6,6
Относительная влажность (в %)	48	57	66	74	83	67
Испаряемость (в мм)	197	124	67	25	9	84
Осадки (в мм)	18	18	33	45	29	420
Коэффициент увлажнения	9	14	49	180	322	149
Баланс увлажнения (в мм)	-179	-106	-34	20	20	336

проф. Н. Н. Иванова коэффициент увлажнения местности по данным метеостанции Алма-Ата (АМГС) (табл. 3).

Данные табл. 3 говорят о том, что в теплые периоды года, особенно в июне, июле и августе, даже в условиях более водообеспеченных предгорий Алма-Атинской области (Алма-Ата, АМГС) ощущается острый недостаток увлажнения атмосферными осадками.

Таким образом, климатические условия области диктуют необходимость максимального накопления влаги в корнеобитаемом слое почвы путем искусственного орошения земель. В связи с этим особое практическое значение приобретают влагозарядковые поливы.

Значение влагозарядковых поливов, как агротехнического приема неопределимо. Они во всех случаях и для всех сельскохозяйственных культур, выращиваемых в области, обеспечивают получение хороших урожаев и позволяют сократить число вегетационных поливов. Во многих хозяйствах посев

Таблица 4

Эффективность влагозарядкового полива для урожая озимой пшеницы в колхозах Илийского района (1956 год)

Наименование колхоза	Урожай, ц/га		Прибавка урожая, ц/га
	на участке с одним влагозарядковым поливом	на участке без полива	
«Луч Востока»	23,0	18,0	5,0
им. Мичурина	22,0	17,0	5,0
«Кзыл-Ту»	21,7	16,9	4,8
«Парижская коммуна»	22,0	17,0	5,0
«Кзыл-Кайрат»	17,3	10,0	7,3
«Комсомолец»	18,0	12,1	5,9



озимой пшеницы на фоне только одного предпахотного влагозарядкового полива дал прибавку урожая 5 ц/га (табл. 4).

В опытно-производственных посевах в колхозе «Кзыл-Ту» в 1955—1958 годах влагозарядковые поливы дали следующую прибавку урожая озимой пшеницы: в 1956 году — 4,8 ц/га, в 1957 году — 4,35 и в 1958 году — 4,14 ц/га.

Влияние влагозарядковых поливов на урожай кукурузы также велико.

В колхозе им. Ленина Илийского района в 1955 году посев кукурузы на площади 40 га производили с предпахотным ранневесенним поливом и получили урожай по 100 ц с га в початках. В колхозе «Кзыл-Ту» того же района при весенней влагозарядке, сопровождаемой достаточными летними атмосферными осадками и одним вегетационным поливом, получен урожай кукурузы по 67,6 ц сухого зерна с га.

Соблюдение правильной агротехники в сочетании с влагозарядковыми и вегетационными поливами и высокой механизацией ухода за растениями позволили получить высокий урожай кукурузы во многих хозяйствах Панфиловского района, ставшего с 1959 года основным кукурузоводческим районом области.

Интересные исследования проведены в 1957 году на Алма-Атинской государственной селекционной станции (Н. М. Боярович) по изучению влияния влагозарядковых поливов на урожай кукурузы на зерно (табл. 5).

Таблица 5

Поливной режим	Урожай зерна, ц/га
Один осенний влагозарядковый полив . . . . .	43,5
Осенняя влагозарядка + один вегетационный полив . . . . .	47,2
Осенняя влагозарядка + два вегетационных полива . . . . .	53,6
Один весенний влагозарядковый полив . . . . .	37,3
Одна весенняя влагозарядка + один вегетационный полив . . . . .	41,3
Одна весенняя влагозарядка + два вегетационных полива . . . . .	52,2

В этих же опытах селекционная станция получила урожай зерна кукурузы только при одном вегетационном поливе (без влагозарядки) по 39,7 ц/га, а при двух вегетационных поливах (контроль) — по 44,9 ц/га. На этой же станции при трех вегетационных поливах средний урожай зерна кукурузы за 1956—1957 годы был равен 49,7 ц/га.

Анализ приведенных данных говорит о положительном эффекте влагозарядковых поливов на урожайность кукурузы. Осенние влагозарядковые поливы более эффективны, чем весенние. По сравнению с двумя вегетационными поливами

сочетание одного осеннего влагозарядкового и одного вегетационного полива также эффективно и прибавка урожая составляет 2,3 ц кукурузы в зерне с 1 га.

То же самое сочетание двух вегетационных и одного влагозарядкового полива увеличивает урожайность по сравнению с тремя вегетационными поливами.

Приведенные примеры говорят о том, что влагозарядковые поливы сокращают число вегетационных поливов кукурузы, и затем позволяют уменьшить потребность в рабочей силе при сельскохозяйственных работах, связанных с вегетационными поливами.

Решающее значение имеют как для озимой пшеницы, так и для кукурузы сроки проведения влагозарядковых поливов.

В условиях Алма-Атинской области наиболее оптимальные сроки проведения влагозарядковых поливов для кукурузы еще не выяснены и можно только предположить, что влагозарядку почвы на участках, предназначенных под посев кукурузы лучше проводить поздней осенью, когда испарение влаги с поверхности почвы не оказывает существенного влияния на водный режим почвы. Имеющиеся опытные и производственные данные отдельных хозяйств и опытных учреждений области (табл. 6) позволяют рекомендовать первую половину сентября, как наилучший срок проведения предпосевных и предпосевных влагозарядковых поливов для озимой пшеницы в условиях Алма-Атинской области. Конечным сроком сева наиболее целесообразно считать 15 октября, после которого проведение сева даже по влагозарядке дает не-большой эффект.

Таблица 6

Урожай озимой пшеницы в зависимости от срока сева, ц/га (1957 год)

Сроки посева	Колхоз „Кзыл-Тур“ Илийского района	Алма-Атинская государственная селекционная стан- ция Каскеленского района
До 15 сентября . . . . .	25,7	—
До 1 октября . . . . .	21,8	30,9
До 15 октября . . . . .	20,3	22,7
До 30 октября . . . . .	16,6	—
В ноябре . . . . .	10,5	—

Благотворно влияют влагозарядковые поливы на фазы развития и роста озимой пшеницы. В зависимости от сроков сева и температуры почвы полные всходы озимой пшеницы на участке с влагозарядкой наблюдаются на 5—14-й день после посева, тогда как на участках без влагозарядки для полных всходов понадобилось от 37 до 73 дней (табл. 7).

Таблица 7

Место опыта	Условия проведения сева	Сроки сева	Полные всходы	Число дней от посева до полных всходов
Колхоз «Кзыл-Ту» Илийского района (1955 г.)	Пахота по предпахотному влагозарядковому поливу . . . . .	7—9/IX	15/IX	7
	Пахота по сухой почве . . . . .	1—7/IX	30/XI	73
Колхоз «Кзыл-Ту» Илийского района (1955 г.)	Пахота по предпахотному влагозарядковому поливу . . . . .	12—14/X	28/X	14
	Пахота по сухой почве . . . . .	12—14/X	30/XI	47
Алма-Атинская государственная селекционная станция (1956 г.)	Пахота по влагозарядковому поливу . . . . .	28—29/IX	5/X	6
Каскеленское опытное хозяйство Института земледелия (1958 г.)	Пахота по предпахотному влагозарядковому поливу . . . . .	7/X	2—4/XI	26
	Пахота по сухой почве . . . . .	7/X	13—15/XI	37
Каскеленское опытное хозяйство Института земледелия (1958 г.)	Пахота по предпахотному влагозарядковому поливу . . . . .	30/IX	13—14/X	14
	Пахота по сухой почве . . . . .	30/IX	20—21/X	21

В опытах длительность вегетационного периода озимой пшеницы с начала весенней вегетации колебалась на участках с влагозарядкой от 103 до 111 дней, а на участках без влагозарядки — 110—116 дней. На участках, где сев произведен 30/IX—1958 года (с предпахотным поливом) на 15/XI—1958 года растение имело два нормально развитых листа, а корневая система была хорошо развита и наблюдался узел кущения в виде «бородавочки». На участках же позднего сева (7/X — 1958 года) на эту же дату (15/IX — 1958 года) у растения узла кущения еще не наблюдалось.

При проведении влагозарядковых поливов, наряду со сроками их проведения, немаловажное значение имеют и нормы влагозарядкового орошения. Однако до настоящего времени для условий области нормы влагозарядкового полива еще не установлены. Ориентировочно для озимой пшеницы при оптимальном сроке посева (до 15 октября) следует придерживаться нормы 1 000—2 000 м<sup>3</sup>/га (в среднем 1 500 м<sup>3</sup>/га), при поздних сроках посева (после 15 октября) лучше придержи-

ваться нормы 1 000—1 500 м<sup>3</sup>/га, так как большие нормы в данном случае могут оттянуть рост и развитие озимой пшеницы вследствие понижения температуры почвы. Для кукурузы лучше установить поливную норму 1 500—2 000 м<sup>3</sup>/га с тем, чтобы накопить возможно больше влаги в почве.

Следует отметить, что норма влагозарядкового орошения в каждом конкретном случае должна определяться, исходя из почвенных и гидрогеологических условий хозяйства. Чем выше уровень грунтовых вод, тем меньше должна быть норма влагозарядкового полива. При глубине грунтовых вод 2—3 м и ближе от поверхности земли проведение влагозарядковых поливов вообще нецелесообразно. В случае полива в таких условиях норма полива не должна превышать 400—500 м<sup>3</sup>/га.

Влагозарядковые поливы проводят как по паханной, так и по непаханной почве. Наилучшим способом полива для влагозарядки считают поливы по узким поливным полосам, ширина которых колеблется в пределах 5—10 м.

Таким образом, своевременно проведенные влагозарядковые поливы в условиях Алма-Атинской области являются важным агротехническим приемом, позволяющим увеличить урожайность озимой пшеницы и кукурузы.

*Н. С. Горюнов,*

кандидат технических наук

### ДИНАМИКА СОЛЕЙ В ПОЧВЕ ПРИ АЭРАЦИОННОМ ДРЕНАЖЕ

Некоторые почвы нуждаются в улучшении воздушного режима. Поэтому ряд исследователей изучает приемы аэрации почв. В мелиоративной литературе имеются рекомендации по улучшению аэрации тяжелых почв при помощи вентиляционного и циркуляционного дренажа (2, 4, 7).

Влияние аэрационного дренажа на водно-воздушный режим торфяных почв изучается на севере Украины (3), в Белоруссии (6). Рядом иностранных ученых высказывается мнение, что аэрация почвы, несомненно, является важным фактором в развитии растений (5). В распоряжении автора имеются некоторые материалы, позволяющие судить об эффективности аэрационного дренажа на засоленных почвах, о чем здесь и будет кратко сообщено.

В районах Средней Азии и юга Казахстана многие орошаемые земли подвержены вторичному засолению. Для борьбы с этим вредным явлением применяют дренаж и промывку. Известно, что в течение вегетационного периода наблюдается в определенной степени реставрация засоления промытых почв. Кроме того, явления засоления часто распространены здесь на почвах тяжелого механического состава и при наличии уплотненных горизонтов в подпахотном слое.

Поэтому в целях ускорения освоения промытых почв и лучшего произрастания культур-освоителей возникает необходимость в улучшении аэрации этих почв. В настоящее время приемы улучшения аэрации засоленных почв еще не изучены, хотя необходимость в этом имеется. Правда, коллекторно-дренажная сеть на орошаемых землях влияет в какой-то степени на воздушный режим почвы, но только на ограниченное пространство.

Т. Н. Преображенским и В. С. Макаровой (4) сделана попытка теоретического обоснования действия циркуляцион-

ного (аэрационного) дренажа на водно-воздушный режим засоленных орошаемых почв. Ввиду сообщения аэрационных дрен с атмосферой, они, усиливая циркуляцию воздуха в почве, способствуют воздухообмену и внутрипочвенному испарению. Причем, по мнению этих авторов, величина внутрипочвенного испарения при помощи циркуляционного дренажа в районах Средней Азии за вегетационный период может достигнуть  $2000 \text{ м}^3/\text{га}$ , т. е. в размере 5—10, а иногда и  $20 \text{ г}/\text{м}^3$  циркуляционного воздуха в почве (при глубине грунтовых вод 1,5—2,0 м). Циркуляционный дренаж дает величину суммарного воздухообмена в почве до  $0,75 \text{ см}/\text{сек}$ . Приведенные соображения подтверждаются данными иностранных ученых (1) и (8).

Все это дало возможность Т. Н. Преображенскому и В. С. Макаровой заключить, что циркуляционный дренаж способствует лучшему проникновению быстрых микроколебаний давления воздуха в нижние горизонты почвы, а это, в свою очередь, снижает капиллярный подток грунтовых вод в верхние слои почвы.

Для проверки высказанных соображений Казахским институтом водного хозяйства (Н. Горюнов и И. Баденко) в предгорной зоне юга Казахстана заложены опыты по изучению аэрационного дренажа. Цель опытов — выяснить динамику воднорастворимых солей в почве при аэрационном дренаже в течение вегетационного периода. Исследования начаты с весны 1957 года. Сейчас уже имеются результаты трехлетних наблюдений, позволяющие судить об эффективности аэрационного дренажа.

Опыты заложены в условиях Алма-Атинской области.

В зоне исследований часть орошаемых земель подвержена прогрессирующему засолению. Среднемноголетнее количество осадков здесь по данным Илийской метеостанции составляет 219 мм. Распределение их в течение года неравномерно. Среднегодовая температура  $8,1^\circ\text{C}$ . Сумма тепла за вегетационный период  $3313^\circ$ . Величина испарения за этот же период составляет 808 мм. Летом имеют место суховеи.

Почво-грунты опытного участка до глубины 5 м представлены пылеватыми глинами с наличием тонкопесчаных прослоек. Почвы имеют хлоридно-сульфатное засоление. Особенности строения почв — наличие уплотненного горизонта на глубине 0,40 м от поверхности почвы. Грунтовые воды залегают близко к поверхности почвы (летом в среднем 2,0 м), минерализация их колеблется от 1,5 до 32 г солей в одном литре.

Опыт заложен на площади 8 га в четырех вариантах, каждый из которых имеет четыре повторности. Длина опыт-

ных делянок 184 м, а учетная ширина — 15 м. Расстояние между учетными делянками 10 м. До закладки опыта определены водно-физические и химические свойства почвы (табл. 1 и 2), степень минерализации и глубина залегания грунтовой воды. По механическому составу почвы опытного участка относятся к суглинкам.

Таблица 1

## Механический состав почвы

Горизонт, см	Содержание фракции, %						
	1,0—0,25 мм	0,25—0,1 мм	0,1—0,05 мм	0,05—0,01 мм	0,01—0,005 мм	0,005—0,001 мм	<0,001 мм
0—10	1,81	0,34	9,43	52,20	21,84	7,12	6,76
10—20	1,69	2,11	8,88	50,60	20,04	11,40	5,28
70—50	0,59	0,96	4,70	74,76	10,44	5,08	3,52
50—80	0,72	0,51	1,81	83,48	7,04	3,76	2,62

Аэрационный дренаж на опытном участке был нарезан перед посевом сельскохозяйственных культур — освоителей поперек всех вариантов и повторностей опыта на одной половине опытного участка таким образом, что захватывал испытываемые промывные нормы, а также контрольные делянки всех четырех повторностей. Аэрационный дренаж представлял собой отверстия диаметром 0,20 м, нарезанные кротовым плугом марки ДК-2 на глубине 0,7 м от поверхности почвы, т. е. ниже уплотненного горизонта.

Расстояние между аэрационными дренами было принято в 1,5 м. Дрены были нарезаны без уклона (по горизонталям), концевые части их сообщались с атмосферой. Длина дрен равнялась в среднем 300 м.

После нарезки аэрационных дрен на участке были высеяны, согласно программе, культуры-освоители. До закладки опыта были определены водно-физические и химические свойства почвы участка. Засоление верхнего горизонта почвы до промывки составляло 3—5% по плотному остатку.

Изучение водно-физических и химических свойств почвы проводилось на 64 площадках. В течение вегетационного периода проводились фенологические наблюдения и все необходимые агротехнические работы. Взятие образцов почвы производилось таким образом, что на каждую половину делянки приходилось по две точки.

В каждой точке образцы почвы брались с четырех горизонтов, с каждого в трехкратной повторности. Порядок взятия образцов и их лабораторный анализ производился по

правилам, изложенным в литературе по почвоведению. Образцы почвы по всем деланкам брались в следующие сроки (одновременно): перед началом посева культур, после всходов и далее по фазам развития до уборки, т. е. примерно два раза в месяц. В сообщении приводятся средние данные по деланке с наиболее эффективной промывной нормой (2 000 м<sup>3</sup> на 1 га) и контрольной.

Опытный участок был промыт осенью 1956 года, а аэрационные дренажи, как говорилось выше, были нарезаны весной следующего, 1957 года. Результаты исследований показали, что наиболее эффективной промывной нормой является норма в 2 000 м<sup>3</sup> на 1 га.

Наблюдения показали, что от весны к осени влажность

Таблица 2

Динамика солей в почве при аэрационном дренаже, % (Аналитики: Назарова С. И., Кдырбаева Н. М.)

Горизонт, см	С аэрационным дренажем					Без аэрационного дренажа				
	плотный остаток	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	плотный остаток	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>

## Промытые деланки

## Весна

0—20	0,981	нет	0,022	0,009	0,365	1,200	нет	0,026	0,010	0,472
20—40	1,181	«	0,028	0,009	0,487	1,254	«	0,026	0,010	0,508
40—70	1,012	«	0,026	0,010	0,439	1,200	«	0,024	0,007	0,463
70—100	1,408	«	0,022	0,010	0,601	1,331	«	0,018	0,007	0,586

## Осень

0—20	1,224	«	0,024	0,010	0,644	1,432	«	0,030	0,024	0,763
20—40	1,200	«	0,024	0,010	0,644	1,224	«	0,030	0,028	0,570
40—70	1,170	«	0,024	0,010	0,561	1,600	«	0,024	0,017	0,800
70—100	1,532	«	0,024	0,007	0,708	1,460	«	0,024	0,014	0,701

## Контрольные (непромытые) деланки

## Весна

0—20	1,270	«	0,030	0,011	0,671	1,396	«	0,024	0,013	0,624
20—40	1,290	«	0,026	0,021	0,555	1,556	«	0,022	0,018	0,576
40—70	0,905	«	0,028	0,016	0,505	1,756	«	0,022	0,017	0,478

## Осень

0—20	1,668	«	0,030	0,012	0,638	2,090	«	0,024	0,030	0,781
20—40	1,422	«	0,025	0,014	0,561	2,519	«	0,024	0,036	0,754
40—70	1,032	«	0,032	0,010	0,383	1,532	«	0,024	0,035	0,604
70—100	1,500	«	0,026	0,012	0,632	1,868	«	0,024	0,034	0,829



почвы корнеобитаемого слоя на всех делянках изменилась примерно от 30 до 15%, а на делянках с аэрационным дренажем колебания влажности происходили примерно от 25 до 12%, причем заметнее в слое 0—40 см.

Температура верхнего слоя почвы колеблется в зависимости от температуры воздуха. Примерно с середины июля до середины сентября на участках с аэрационным дренажем температура верхнего слоя почвы (0—20 см) выше в среднем на 2°C, чем на делянках без дренажа.

Состояние полостей аэрационных дрен было удовлетворительным и значительных деформаций не замечалось. Средние данные исследований представлены в табл. 2, из которой видно, что аэрационный дренаж препятствовал реставрации засоления верхних горизонтов почвы, в особенности по содержанию солей хлора. Причем он оказывает благоприятное действие как на промытых, так и на непромытых делянках.

Благоприятное действие дренажа на водно-воздушный режим корнеобитаемого слоя сказалось на урожае подсолнечника (табл. 3).

Таблица 3

## Урожай зеленой массы подсолнечника

Промывочная норма, м <sup>3</sup> /га	Средний урожай, ц/га	
	на фоне аэрационного дренажа	без аэрационного дренажа
2 000 . . . . .	620	575
Контроль (без промывки) . . . . .	120	90

Таким образом, можно прийти к заключению, что аэрационный дренаж препятствует реставрации засоления почвы.

Для экономического обоснования аэрационного дренажа, а также уточнения приведенных данных требуются дополнительные исследования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дим С. Дыхание почвы, 1937.
2. Костяков А. Н., Основы мелиораций, 1951.
3. Лапа И. З. Влияние аэрационного дренажа на повышение урожая сельскохозяйственных культур на торфяных почвах. Труды УкрНИИГИМ, № 77/3, Киев, 1956.
4. Преображенский Т. Н., Макарова В. С. Циркуляционный кротовый дренаж. Изв. АН Туркм. ССР, № 4, 1955.

5. Рассел М. Б. «Физические условия почвы и растение». Ред. Шоу Б. Перевод с английского, М., и Л., 1955.
6. Сакович Ф. И. Применение кротового дренажа на торфяных почвах БССР. Ж. «Земледелие», № 2, 1958.
7. Черкасов А. А. Мелиорация и сельскохозяйственное водоснабжение, 1950.
8. Шмидт В., Леман П. Исследование дыхания почвы, 1929.

*И. И. Баденко,*  
мл. научный сотрудник

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ОСВОЕНИЕ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Главным условием успешного выполнения семилетнего плана по развитию животноводства является создание прочной кормовой базы. По семилетнему плану развития сельского хозяйства, на конец 1965 года запас кормов не сможет быть создан за счет естественных кормовых ресурсов. Естественные пастбища, даже при условии их улучшения, смогут обеспечить общую потребность в пастбищных кормах не более чем на 75—80 процентов, а естественные сенокосы, даже при лиманном орошении 4 млн. га, обеспечат потребность в сене не более чем на 60 процентов.

В предстоящем семилетии полевое кормопроизводство должно будет давать не менее 10 млн. т сена, почти 40 млн. т корне-клубнеплодов, 25—30 млн. т бахчевых и зеленых кормов.

Посевные площади под кормовыми культурами, и в первую очередь под кукурузой, люцерной, эспарцетом, житняком и другими многолетними и однолетними травами на сено и зеленый корм, достигнут внушительных размеров — 11,5—12 млн. га.

Практическое освоение такой площади под кормовыми культурами осложняется тем, что в республике почти не осталось сплошных массивов неосвоенных пахотнопригодных земель.

Казахстан занимает второе место в СССР по количеству орошаемых земель (2,1 млн. га). Однако часть орошаемых земель находится в неудовлетворительном мелиоративном состоянии, теряет свою продуктивность и выходит из сельскохозяйственного использования.

Засоление почв при орошении (вторичное засоление), заключается в быстрой утрате плодородия орошаемых земель в результате накопления в корнеобитаемой толще вредных для

развития растений легкорастворимых солей. Возникновение этих процессов наблюдается в определенных природных условиях, которые при отсутствии правильной эксплуатации оросительной сети, плохой агротехнике и низком качестве поливов могут повести к быстрому выпадению орошаемых земель из сельскохозяйственного использования.

Засоленные и заболоченные земли в Казахской ССР, нуждающиеся в мелиорации, составляют свыше 30% от общего фонда орошаемых земель.

Много земель засолено в Пахта-Аральском, Кировском, Ильичевском, Шаульдерском, Арыском и Фрунзенском районах Южно-Казахстанской области. В Кызыл-Ординской области такие земли имеются в Яны-Курганском и Чиилийском районах. Значительное количество засоленных земель имеется в орошаемых районах Джамбулской области — Свердловском, Джамбулском, Меркенском, Луговском. В Алма-Атинской области — в Илийском, Уйгурском, Эмбаки-Казахском и Каратальском районах. Значительные площади засоленных земель встречаются в предгорной зоне Заилийского Ала-Тау.

В предотвращении заболачивания и засоления орошаемых земель существенное значение имеет правильное размещение сельскохозяйственных культур на орошаемых землях с учетом конкретных природных и хозяйственных условий в каждом колхозе и совхозе. Большую роль играет качество проведенных поливов.

Для успешной мелиорации земель требуется комплекс агротехнических и гидромелиоративных мероприятий. Основными из гидромелиоративных мероприятий являются: дренаж засоленных и заболоченных земель и промывка засоленных почв.

Промывка является мелиоративным мероприятием, направленным на уменьшение содержания солей в засоленных почвах до допустимого предела путем растворения избыточных солей и последующего удаления солевого раствора.

Исследование по изучению эффективности промывок на засоленных землях проводилось Институтом водного хозяйства (1956—1959 гг.) в предгорной зоне Заилийского Ала-Тау на полях Алма-Атинского опорного пункта.

Район исследований является типичным для предгорной зоны, где заметно начинает проявляться вторичное засоление почв.

По климатическим особенностям данный район относится к поясу предгорных пустынных степей. Основным почвенным типом, распространенным здесь, являются сероземы.

Содержание гумуса в них колеблется от 0,8 до 1,5—2%.

По механическому составу почвы варьируют от легких песчаных и супесчаных до тяжелых суглинков.

Минерализация грунтовых вод колеблется от 1,5 до 36 г/л солей (по плотному остатку). Грунтовые воды со средней минерализацией приурочены к засоленным орошаемым землям, а с наиболее высокой — к зоне солончаков. Гидрогеологические условия здесь крайне неблагоприятные — почти во всех местах грунтовые воды имеют застойный характер.

Удельный вес почвенной массы колеблется в пределах от 2,54 до 2,70 и в среднем может быть принят равным 2,62. Объемный вес колеблется в пределах от 0,78 до 1,53. Эти широкие колебания величины объемного веса объясняются различными степенями засоления. Так, верхние горизонты почвы 0,5—0,10 см, отличающиеся высоким засолением, достигающим 3—5%, характеризуются пониженным объемным весом (0,76—1,00) и, наоборот, при низких степенях засоления плотность сложения почв и грунтов увеличивается, в связи с чем объемный вес достигает 1,30—1,50.

В соответствии с вышеприведенными величинами удельного и объемного весов общая скважность почв и грунтов участка колеблется в пределах 42—50%. Очень высокая скважность обычно приурочена к наиболее засоленным верхним горизонтам и представляет временное явление, так как в процессе промывок скважность этих горизонтов значительно снижается.

В нижних горизонтах, начиная со второго полуметра от поверхности, скважность имеет обычную величину — около 40—50%.

Изучение солевого состава почвы до промывки показало, что для участка характерен хлоридно-сульфатный тип засоления. Верхний горизонт почвы (0—10 см) представляет собой пухлый солончак с преобладанием сернокислых солей над хлористыми, преимущественно легкорастворимая соль сернокислого магния.

Растительность на засоленных землях представлена разновидностями полыни и солянок — солерос, верблюжья трава, щавель конский, хондрила и др. Имеется много сорняков: осот, лебеда, брунец, морковник, вьюнок, цикорий, овсюг, солодка и др. На участке с признаками заболачивания встречаются осока, рогоза, камыш.

Засоление орошаемых земель особенно быстро развивается на бессточных или со слабым оттоком массивах и во впадинах с близкими к поверхности грунтовыми водами. Все это является характерным для предгорной зоны, где в весенний период наблюдается выклинивание на поверхность почвы минерализованных грунтовых вод.

Для изучения эффективности промывок осенью 1956 года на Алма-Атинском опорном пункте был заложен опыт на втором севооборотном поле площадью в 8 га. Опыт состоял из 4-х вариантов, 4 повторностей на 16 опытных делянках. Ширина опытных делянок составляла 25 м, длина 184. Между каждым повторением опыта были проведены временные открытые коллекторы для отвода промывных и грунтовых вод глубиной — 1,5 м.

До проведения промывок были определены общий запас воды в почве, предельная полевая влагоемкость, солевой и механический составы почвы, физические свойства почвы, степень минерализации и глубина залегания грунтовой воды.

На основании этих определений произведен расчет промывных норм. Были испытаны три промывные нормы: 1 500 м<sup>3</sup>/га, 2 000 м<sup>3</sup>/га, 3 000 м<sup>3</sup>/га и контроль без промывки.

Перед проведением промывки поле было спланировано, вспахано на глубину 26 см, пробороновано и выравнено легким катком. Каждая опытная делянка дополнительно была разбита на равные чеки, чтобы возможно лучше обеспечить промывку делянок. Чеки были ограждены хорошо утрамбованными валиками и промывная вода из чека в чек не перетекала. Учет воды, поступающей на опытные делянки проводился по водосливам.

Изучение водно-солевого режима почвы производилось на 48 заложённых смотровых площадках, а режима грунтовой воды — по 25 наблюдательным колодцам.

Необходимо отметить, что промывка была произведена в бездренажных условиях.

Для изучения влияния промывки на солевой состав почвы и режим грунтовой воды были взяты образцы почвы до и после промывки. Образцы были взяты по всем 4 вариантам и на всех 4 повторностях. Взятие образцов почв и производство химического анализа сопровождалось в трехкратной повторности.

Грунтовые воды на участке перед промывкой залегали на глубине 240—250 см от поверхности почвы. Минерализация их колебалась от 8 до 20 г/л солей по плотному остатку.

Из таблицы I видно, какое опресняющее действие на солевой состав почвы произвели испытанные промывные нормы. Наибольшему опреснению подверглись верхние горизонты почвы.

По общему содержанию солей (плотный остаток) произошло опреснение почвы на глубине до 50 см, а в горизонтах 70—100, 100—150 см содержание сернокислых солей увеличилось за счет перераспределения растворимых солей из верхних горизонтов в нижние. Уменьшение общего содержа-

ния солей произошло за счет уменьшения хлоридов и сульфатов.

Из таблицы видно, что от промывной нормы  $1500 \text{ м}^3/\text{га}$  солей хлора уменьшилось почти в 5 раз в горизонте  $0,20 \text{ см}$ , но в следующих горизонтах общее содержание их как до промывки, так и после промывки остается постоянным с незначительным увеличением в горизонте  $100\text{—}150 \text{ см}$ .

Таблица 1

Влияние промывки на содержание солей в почве  
(в % на абсолютно сухую почву)

ЭММ деленок	Горизонт, см	Глубина грунтовой воды до промывки, см	Общая промывная норма, $\text{м}^3/\text{га}$	Содержание плотного остатка		Содержание $\text{Cl}^-$		Содержание $\text{SO}_4^-$	
				до промывки	после промывки	до промывки	после промывки	до промывки	после промывки
1	0—20	240	1500	2,616	1,088	0,048	0,008	1,442	0,721
	20—40			1,500	1,013	0,016	0,015	0,921	0,641
	40—70			1,074	0,782	0,012	0,012	0,681	0,541
	70—100			1,589	1,589	0,010	0,011	0,934	0,982
	100—150			1,474	1,492	0,006	0,100	0,661	0,982
2	0—20	240	2000	2,178	1,226	0,022	0,008	1,602	0,460
	20—40			1,260	0,912	0,008	0,023	0,561	0,574
	40—70			0,684	0,664	0,010	0,017	0,420	0,407
	70—100			1,664	1,614	0,013	0,012	0,413	0,922
	100—150			1,529	1,524	0,014	0,011	0,901	0,601
3	0—20	240	3000	2,233	1,402	0,046	0,018	1,405	0,741
	20—40			1,169	1,414	0,016	0,027	0,841	0,761
	40—70			0,741	0,933	0,017	0,023	0,501	0,561
	70—100			1,645	1,580	0,015	0,012	0,142	0,821
	100—150			1,385	1,516	0,011	0,012	0,941	0,801

Опреснение от солей серной кислоты произошло в горизонтах до  $55 \text{ см}$ , а в горизонте  $100\text{—}150 \text{ см}$  наблюдалось увеличение этих солей после промывки. Наибольшему опреснению подвергся верхний горизонт почвы ( $0\text{—}20 \text{ см}$ ), где содержание сульфатов уменьшилось в 2 раза от  $1,4\%$  до промывки и до  $0,7\%$  после промывки.

От промывной нормы  $2000 \text{ м}^3/\text{га}$  содержание хлористых солей в горизонте  $0\text{—}20 \text{ см}$  уменьшилось почти в 3 раза — от  $0,022\%$  до  $0,008\%$ , а содержание сернокислых солей в 4 раза — от  $1,6$  до  $0,4\%$ .

Таким образом, норма в  $2000 \text{ м}^3/\text{га}$  способствует наибольшему растворению солей серной кислоты и выносу их в нижележащие горизонты почвы — до  $150 \text{ см}$ .

Промывная норма в 3 000 м<sup>3</sup>/га оказала опресняющее действие только на верхние горизонты почвы 0—20 см, а по остальным горизонтам мы наблюдали увеличение степени засоления почвы. Выщелачиванию подверглись соли серной кислоты только в горизонте 0—20 см — от 1,4% до промывки до 0,7% после промывки. Опреснение от хлористых солей произошло в горизонте 0—20 см.

Изучение солевого режима почвы на контрольных делянках показало, что здесь происходило соленакопление.

Таблица 2

Динамика солей в почве на контрольных делянках  
(в % на абсолютно сухую почву)

№№ делянок	Горизон- ты, см	Плотный остаток		Cl'		SO <sub>4</sub> '	
		20/IX	2/XI	20/IX	2/XI	20/XI	2/XI
Контроль	0—20	2,061	2,700	0,049	0,050	1,102	1,562
	20—40	1,417	1,461	0,032	0,046	0,821	0,881
	40—70	1,117	1,641	0,026	0,038	0,521	0,781
	70—100	1,628	1,645	0,019	0,028	0,901	0,961
	100—150	1,537	1,588	0,014	0,033	0,801	0,861

Из таблицы 2 видно, что засоление происходит по всему профилю почвы, но особенно обогатились солями верхние горизонты за счет сернокислых солей. На контрольных делянках наблюдаем дополнительное увеличение степени засоленности почвы. Общее соленакопление произошло до 70 см от поверхности почвы.

Засоление контрольных делянок можно объяснить тем, что поверхность почвы не была затенена, восходящие токи от

Таблица

Среднее солесодержание до и после промывок  
(в % на абсолютно сухую почву) 1958 год

Общая про- мывная норма	Плотный остаток			Cl'			SO <sub>4</sub> '		
	до про- мывки	после промывки	удалено солей, %	до про- мывки	после промывки	удалено солей, %	до про- мывки	после промывки	удалено солей, %
1 500	1,328	0,865	37,2	0,017	0,007	49,0	0,588	0,364	37,9
2 000	1,303	0,796	41,2	0,024	0,007	50,5	0,547	0,369	34,8
3 000	1,293	0,647	30,9	0,021	0,008	44,0	0,602	0,599	34,1



минерализованной грунтовой воды в почве преобладали над нисходящими и в результате испарения это способствовало перемещению солей в верхние горизонты почвы.

Произведенная промывка на опытном участке в 1958 году показала нам, что солеудаление наиболее заметно до глубины 70 см.

Как видно из табл. 3, наибольшее количество солей по плотному остатку удалено с метровой толщи почвы, от промывных норм 1 500—2 000 м<sup>3</sup>/га (37% и 41% солей), а промывная норма 3 000 м<sup>3</sup>/га — 30,9% солей.

#### РЕЖИМ И МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ГРУНТОВОЙ ВОДЫ

До проведения промывок грунтовая вода на опытном участке залегала на глубине 240 см от поверхности почвы. Испытанные промывные нормы оказали различное влияние на режим грунтовой воды.

Так, произведенная промывка засоленного участка нормой в 1 500 м<sup>3</sup>/га подняла грунтовую воду на 240—150 см от поверхности почвы. Норма 2 000 м<sup>3</sup>/га подняла грунтовую воду на 240—130 см. Норма 3 000 м<sup>3</sup>/га — на 240—60 см. На контрольной делянке вода поднялась на 240—130 см.

В табл. 4 и на рис. 1 представлены осредненные данные по режиму грунтовой воды в зависимости от различных промывных норм.

Таблица 4

Влияние промывок на режим грунтовой воды  
(в см от поверхности почвы) апрель, 1959 год

№ делянок	Промывная норма, м <sup>3</sup> /га	Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль	
		10	20	31	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10	15
1	1 500	241	220	150	155	165	162	163	158	153	152	151	147	188	187
2	2 000	236	128	137	140	150	148	149	149	146	143	140	136	147	135
3	3 000	240	68	100	141	148	142	143	146	140	139	139	135	125	122
4	Контроль	240	138	140	150	151	152	151	151	143	147	145	141	132	136

Как видно из таблицы, большая промывная норма вызывает наибольший подъем грунтовой воды и оказывает влияние на подъем грунтовой воды прилегающих непромываемых участков.

Произведенные промывки оказали различное влияние на степень минерализации грунтовой воды. Промывные нормы

1 500—2 000 м<sup>3</sup>/га оказали опресняющее влияние только на хлористые соли — их уменьшалось почти в четыре раза. Так, например, делянка 1 до промывки содержала 0,099 г/л хлористых солей, после промывки их содержалось только 0,012 г/л. Напротив, в отношении солей серной кислоты мы наблюдали увеличение их за счет выщелачивания и перераспределения с промывной водой. Это можно объяснить тем, что почво-грунты по профилю содержали большое количество солей серной кислоты.

Наибольшее опресняющее действие на минерализацию грунтовой воды произвела промывная норма 3 000 м<sup>3</sup>/га.

Общее содержание солей (по плотному остатку) уменьшилось в 2 раза после промывки (с 14,320 г/л до 7,280 г/л). Содержание хлористых солей уменьшилось почти в 4 раза (с 0,083 г/л до 0,020 г/л). Можно сделать предположение, что в результате наибольшей промывной нормы происходит наслоение промывной воды на поверхностный слой грунтовой воды.

Химический анализ дренажных вод показал, что они отводили от 20 до 37 г/л солей по плотному остатку.

Изучение системы освоения засоленных земель после промывки показывает, что не всегда удается в первый же промывной сезон освободить почву от солей настолько, чтобы можно было возделывать любую сельскохозяйственную культуру. Но поскольку почва в той или иной степени рассолена, то для закрепления достигнутого промывкой положительного результата необходимо производить посев культур-освоителей. Для предотвращения выноса солей необходимо достичь возможно более полной густоты стоянцы растений. Во всем этом большую роль играет правильный выбор таких солеустойчивых культур и приемов агротехники, которые в совокупности обеспечивали бы наибольший фитомелиорирующий эффект.

По вопросу применения отдельных культур-освоителей нет каких-либо специально поставленных и обоснованных опытными данными исследований.

Фитомелиораторы, т. е. растения-освоители, благодаря обильной надземной массе, химическому и физическому воздействиям, развитой и глубоко проникающей корневой системе, многосторонне влияют на осваиваемую засоленную почву, повышения ее плодородия.

В зависимости от типов почвенного засоления, сроков освоения, норм промывок и степени засоления почвы после промывок могут быть использованы разные культуры-освоители.

Нами были использованы в качестве культур-освоителей подсолнечник масличный, суданка, сорго и кукуруза.

До проведения полевых работ были взяты образцы почвы для изучения водно-солевого режима по всем вариантам и на всех повторениях для того, чтобы знать водный и солевой запасы в почве перед обработкой и посевом (табл. 5). По мере просыхания почвы валики и выводные борозды заравнивались.

Таблица 5

Содержание солей в почве промывных делянок до посева  
(в % на абсолютно сухую почву)

№ делянок	Горизонты	Плотный остаток	Щелочность		Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
			от нормы карбонат	общая		
9	0—20	0,801	нет	0,012	0,007	0,207
	20—40	0,791	«	0,012	0,007	0,236
	40—70	0,957	«	0,012	0,008	0,216
	70—100	0,725	«	0,012	0,0014	0,177
10	0—20	0,834	нет	0,012	0,007	0,200
	20—40	0,986	«	0,012	0,007	0,261
	40—70	0,962	«	0,016	0,009	0,235
	70—100	0,814	«	0,018	0,014	0,287
11	0—20	0,840	нет	0,012	0,007	0,194
	20—40	0,982	«	0,018	0,007	0,282
	40—70	1,144	«	0,018	0,007	0,252
	70—100	1,022	«	0,012	0,014	0,375

Из весеннего содержания солей в почве видно, что реставрации засоления не произошло. Содержание солей по плотному остатку в верхнем горизонте почвы (0—20 см) не превышало 1%. Содержание солей хлора также было незначительное.

Агрофон для всех высеваемых культур был един. На опытный участок вносилось удобрение: навоз в количестве 10 т/га, гранулированный суперфосфат и аммиачная селитра по 2 ц/га. Для заделки внесенного удобрения произведена перепахка на глубину до 15 см.

В целях закрепления промывки осуществили систему агротехнических мероприятий, наиболее полно отвечающую требованиям минимального испарения с поверхности почвы и препятствующую подъему уровня грунтовых вод. Было про-

ведено боронование в два следа с целью предотвратить передвижение солевых растворов на поверхность почвы по капиллярам.

Семена подсолнечника и кукурузы перед высевом замачивали в грунтовой воде, взятой с опытного участка до набухания, затем подсушивались до приобретения сыпучести. Предварительная замочка семян производилась для повышения солеустойчивости и всхожести. Перед высевом семена кукурузы и подсолнечника протравливались гранозаном из расчета 2 кг/т.

Норма высева подсолнечника 15 кг/га, посев производился рядовым способом, расстояние между рядами 60 см. Норма высева кукурузы 25 кг/га, посев произведен квадратно-гнездовым способом (60×60). Глубина заделки семян кукурузы и подсолнечника 5—6 см.

Норма высева суданки 25—30 кг/га, а для сорго — 20 кг/га. Посев их производится после прогрева почвы до 10—12°. Суданку высевали сплошным рядовым способом, а сорго — широкорядным с междурядьями в 60 см.

Таблица 6

Динамика хлора до и после полива  
(в % на абсолютно сухую почву) 1959 год

Номера делянок	Горизонты, см	До полива	Через 1 день после полива	Через 3 дня после полива	Через 5 дней после полива
1	0—20	0,014	0,004	0,007	0,007
	20—40	0,010	0,004	0,007	0,007
	40—70	0,010	0,004	0,003	0,005
	70—100	0,009	0,004	0,003	0,006
2	0—20	0,014	0,005	0,007	0,010
	20—40	0,010	0,004	0,007	0,007
	40—70	0,017	0,008	0,005	0,007
	70—100	0,014	0,008	0,005	0,010
3	0—20	0,014	0,004	0,007	0,010
	20—40	0,014	0,008	0,008	0,010
	40—70	0,010	0,008	0,007	0,008
	70—100	0,009	0,008	0,007	0,007

Полив всех высеянных культур производили дождевальной установкой типа ДДП-30С. Для кукурузы была принята поливная норма 350—400 м<sup>3</sup>/га. Первый полив кукурузы проводили в период пасынкования — 26/VI, второй — в период

выбрасывания султанов — 3/VII и третий перед поливом — 8/VIII. Суданку и сорго поливали в период выбрасывания метелки и в фазе кущения нормой 400 м<sup>3</sup>/га — 27/VI и 24/VII. Подсолнечник поливали в фазе образования корзинок нормой 400 м<sup>3</sup>/га.

Для изучения влияния вегетационных поливов на миграцию солей в почве лабораторным путем производилось определение ионов хлора и общего содержания солей по плотному остатку.

Из табл. 6 видно, что поливы значительно снизили содержание хлористых солей, особенно в верхних горизонтах почвы.

Динамика хлора через 3 и 5 дней после полива показывает нам незначительное его увеличение, но не достигает исходного содержания.

Таким образом, вегетационные поливы являются важным фактором, способствующим опреснению почвы.

После каждого полива производили культивацию. На делянках с суданкой производили боронование легкой бороной. Перед проведением полива по каждой делянке отдельно проводили подкормку минеральной смесью — аммиачной селитры 1,8 ц/га и гранулированного суперфосфата 70 кг/га.

Время укоса суданки — период появления первой метелки, время укоса сорго, кукурузы на силос — конец молочной или начало восковой спелости. Подсолнечник на силос убирали в период цветения и образования корзинок.

Учет урожая производился по каждой промывной делянке отдельно, в шестикратной повторности, методом укосных площадок. В таблице 7 представлены данные по урожайности высеванных культур-освоителей на промывном участке.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. В результате трехгодичной промывки тяжелых почв с хлоридно-сульфатным засолением наблюдалось рассоление до 70 см слоя почвы до практически приемлемых норм.

Таблица

Урожай зеленой массы высеванных культур на промывном участке (ц/га)

Промывная норма, м <sup>3</sup> /га	Подсолнечник	Кукуруза	Сорго	Суданка
1 500	510	310	300	255
2 000	580	450	350	270
3 000	455	405	280	200
Контроль	90	60	90	70

2. Наиболее эффективной оказалась промывная норма 2 000 м<sup>3</sup>/га, как по выщелачиванию солей, так и по урожайности высеянных культур.

3. Наилучшими культурами-освоителями являются подсолнечник и кукуруза.

ТРУДЫ  
ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

1960

Том II

*А. Джаныбеков,*  
мл. научный сотрудник

**ВОДНО-ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ  
АЛАКУЛЬСКОГО РАЙОНА АЛМА-АТИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Научно-исследовательским институтом водного хозяйства в 1959 году экспедиционным путем было произведено обследование северо-восточной части Алма-Атинской области с целью выявления основного массива для освоения под орошение и уточнение земельных ресурсов обследуемой области.

Изучение водно-физических свойств почв и маршрутно-рекогносцировочное обследование послужило материалом для составления почвенно-мелиоративной карты северо-восточной части Алма-Атинской области в масштабе 1 : 500 000.

В статье излагаются материалы исследований по Алакульскому району, являющемуся наиболее перспективным для развития свеклосеяния.

Описываемая территория расположена в пределах горного хребта Джунгарского Ала-Тау и Алакульской впадины. По почвенно-климатическим особенностям обследуемая зона относится к зоне пустынь.

Зона пустынь занимает большую часть обследуемой территории, она охватывает восточную часть Алакульской впадины и значительную часть невысоких предгорных районов Джунгарского Ала-Тау. Высотная граница ее определяется отметками 350—650 м.

Большая часть зоны занята песчаной и солончаковато-солонцовыми почвенными разностями, которые используются преимущественно под пастбища. Только незначительная часть зоны представлена пахотнопригодными землями, позволяющими вести орошаемое земледелие.

Климатические условия зоны характеризуются крайней сухостью и резкой континентальностью климата. Средняя температура воздуха колеблется в пределах 5,4—9,2° тепла. Годовое количество атмосферных осадков составляет от 128 до 216 мм. Низкая относительная влажность воздуха наблю-

дается в летнее время, в период вегетации растений. В рельефном отношении — это хорошо выраженная равнина со значительными уклонами на север и северо-восток, обеспечивающими поверхностный и грунтовый сток воды.

Изучение водно-физических свойств почвы производилось на типичных участках, характеризовавших различные районы обследуемой территории. Во всех почвенных разновидностях в полевой обстановке изучались естественная (полевая) влажность, объемный вес, водопроницаемость и предельная полевая влагоемкость. В процессе исследования из шурфов были взяты на химический и механический анализы почвенные образцы и пробы грунтовых вод. В каждом разрезе определения производились в трехкратной повторности.

Несмотря на небольшой период работ и невозможность охватить большое количество объектов, полученные данные представляют теоретический и практический интерес, как первая попытка осветить основные вопросы физики почв при освоении типичных участков северо-восточной части области.

В пределах обследуемой территории были выделены следующие разновидности почв:

1. Сероземы легкосуглинистые с близким залеганием галечникового отложения на глубине 0,80—1,0 м.
2. Сероземы среднесуглинистые (малокарбонатные) с залеганием галечникового отложения на глубине 1,0—2,0 м.
3. Лугово-сероземные среднесуглинистые.
4. Луговые почвы тяжелосуглинистые.

Сероземы легкосуглинистые и среднесуглинистые с близким залеганием галечникового отложения распространены на восточной части территории. Рельеф представлен равниной Алакульской впадины, слабоволнистой поверхности. На глубине 0,8—1,0 м залегают галечниковые отложения, щебневатость почв увеличивается при приближении к горам. Растительность эфемерово-полынная: джусан, шетитык и прочие.

Для характеристики водно-физических свойств почвы приводим данные полевых определений объемных весов почв, полевой влажности и предельной полевой влагоемкости почвы, по двум характерным разрезам, представленным в табл. 1.

Разрезы 168 и 181 заложены в верхней и средней части предгорной равнины. Вследствие низкого залегания и хорошего оттока грунтовых вод здесь нельзя ожидать их подъема до критического уровня, а, следовательно, и возникновения вторичного засоления.

Данные, приведенные в табл. 1 показывают, что объемные веса почвы в нижних горизонтах возрастают. В горизонте 20—30 см объемный вес увеличивается до 1,50, такая плотность характерна до глубины 60—70 см. Сравнительно не-



Таблица 1

№ разреза	Горизонты	Объемный вес	Полевая влажность, %		Предельная полевая влагоемкость, %		Местоположение разреза	
			от веса почвы	от объема почвы	от веса почвы	от объема почвы		
168	0—10	1,2	3,1	3,22	22,1	26,52	Алакульский район, с. Шестипольское	
Сероземы	10—20	1,3	7,0	9,10	20,9	27,17		
Легко- и среднесуглинистые	20—35	1,5	8,7	13,05	21,5	32,25		
	35—50	1,5	9,7	14,55	14,9	28,32		
181	0—10	1,2	2,6	3,42	24,3	29,16		Алакульский район, с. Майское
То же	10—20	1,3	2,7	3,51	20,3	26,39		
	20—30	1,5	3,5	5,40	17,4	23,10		
	30—40	1,5	4,5	6,75	15,3	22,95		
	40—50	1,4	4,3	6,02	19,4	27,16		
	50—60	1,5	5,0	7,50	18,7	28,05		
	60—70	1,5	4,2	6,30	14,2	21,46		

высокие величины объемных весов в верхней части почвы связаны с наличием органических веществ.

Полевая влажность в верхнем горизонте характеризуется величиной 3,22% от объема почвы и постепенно увеличивается с глубиной, достигая на глубине 50—60 см величины 7,50—14,55%.

Лугово-сероземные среднесуглинистые почвы распространены в пределах речных долин и дельт, а также в нижних частях предгорных склонов.

Процесс почвообразования этих почв связан с близким залеганием к дневной поверхности грунтовых вод.

В растительном покрове лугово-сероземных почв преобладают представители луговой растительной формации.

Разрез 235 был заложен в условиях близкого залегания слабосоленых грунтовых вод — 4 м от поверхности почвы. Орошение, несомненно, может привести к подъему грунтовых вод к поверхности и усилению их минерализации за счет растворения солей, содержащихся в почвах и грунтах. Поэтому при орошении таких почв необходимо предусмотреть проведение мелиоративных работ, способствующих снижению уровня грунтовых вод.

Данные по водно-физическим свойствам лугово-сероземных почв представлены в табл. 2.

Как видно из таблицы, объемный вес лугово-сероземных почв в верхних горизонтах достигает 1,4 г/см<sup>3</sup>. С углублением он постепенно снижается до 1,3 г/см<sup>3</sup>. Это небольшое сниже-

Таблица 2

№ разреза	Горизонт, см	Объемный вес	Полевая влажность, %		Предельная полевая влагоемкость, %		Полевой запас влаги, кг/га	Местоположение разреза
			от веса почвы	от объема почвы	от веса почвы	от объема почвы		
235 Лугово-сероземные среднесуглинистые	0—5	1,4	8,6	12,04	27,0	37,8	60,20	Алакульский район с. Обуховка
	5—15	1,4	6,2	8,68	22,1	30,94	86,8	
	15—25	1,4	12,4	17,36	23,1	32,34	173,6	
	25—35	1,3	13,5	17,55	23,9	31,07	175,5	
	35—45	1,3	14,5	18,85	23,4	30,42	188,5	
	45—60	1,3	15,0	19,50	23,3	30,29	292,5	
	60—80	1,3	17,9	25,06	21,0	27,3	501,2	
	80—100	1,4	13,8	19,32	21,8	30,52	386,4	

ние величины объемного веса свидетельствует о некотором уплотнении верхних горизонтов почвы по сравнению с нижележащими. Резких изменений величины объемного веса по вертикальному профилю почвы не наблюдается.

В горизонте 80—100 см величина объемного веса достигает 1,4 г/см<sup>3</sup>.

Несколько повышенная плотность почвы верхних горизонтов, вероятно, связана с поливами.

Полевая влажность достигает величины 12,04% от объема почвы и постепенно возрастает с глубиной, достигая в горизонте 80—100 см 19,32%. Наблюдается увеличение полевой влажности на глубине 60—80 см до 25,06%, что связано с неоднородностью механического состава почвы.

Луговые тяжелосуглинистые почвы (подгорные, сазовые) развиваются в условиях устойчивого увлажнения, создаваемого выклиниванием грунтовых вод. Солончаковатость у этих почв выражена относительно слабо, вследствие преобладающего пресного состава грунтовых вод и сравнительно благоприятных условий геоморфологического залегания (предгорные склоны).

Для характеристики водно-физических свойств лугово-тяжелосуглинистых почв приведем данные полевых определений объемных весов почв и полевой влажности (табл. 3).

Объемный вес почвы в верхнем горизонте (0—10 см) достигает 1,3 г/см<sup>3</sup>, в горизонте 10—20 см снижается до 1,2 г/см<sup>3</sup>.

Снижение величины объемного веса верхних горизонтов почвы связано с наличием органических веществ при однородном механическом составе по всему профилю почвы.

Полевая влажность в горизонте 0—10 см составляет 11,4%

Таблица 3

№ разреза	Горизонты, см	Объемный вес	Полевая влажность, %		Местоположение разреза
			от веса почвы	от объема почвы	
221 Луговые почвы	0—10	1,3	8,8	11,44	Алакульский район, пос. Майский
	10—20	1,2	13,0	15,60	
	20—30	1,2	12,8	15,36	
	30—40	1,3	16,8	25,20	
	40—50	1,5	18,9	28,35	
	50—60	1,5	20,6	30,90	
	60—70	1,5	21,0	31,50	
	70—80	1,4	22,8	31,92	
	80—90	1,4	22,1	30,94	

от объема почвы, в нижних горизонтах почвы (80—90 см) постепенно увеличивается, достигая — 30,94 %.

В результате проведенного исследования водно-физических свойств почвы получен ряд показателей, вскрывающих важные природные особенности почвенного покрова Алакульского района Алма-Атинской области.

Существенным недостатком изученных почв является их слабая структурность, обедненность органическим составом. Наличие галечника с поверхности почвы требует особой агротехники для их устранения.

Изучение водно-физических свойств почвы может послужить материалом для проектирования ряда мелиоративных мероприятий.

*А. И. Загуменный,*  
кандидат технических наук

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСОВ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ ПРИ БАЛАНСОВЫХ РАСЧЕТАХ

При подсчете водного баланса запасы влаги в почве определяются по картам глубин залегания грунтовых вод или по графикам уровня грунтовых вод, характерным для балансового участка. Карты глубин залегания грунтовых вод составляются при подсчете водного баланса значительных территорий. При этом удобно пользоваться картами, имеющими горизонталь поверхности земли и поверхности грунтовых вод, на которых изучаемый участок может быть разбит с необходимой точностью на ряд контуров, в которых глубину грунтовых вод можно принимать одинаковой. При составлении водного баланса небольших участков можно пользоваться графиками колебания уровня грунтовых вод.

В том и другом случае предварительно изучается зависимость содержания влаги в зоне аэрации от положения уровня грунтовых вод.

Запасы влаги исчисляются для балансового слоя почвогрунта, глубина которого назначается таким образом, чтобы за расчетный период уровень грунтовых вод не опускался ниже балансового слоя. Таким образом, разностью запасов влаги в начале и конце расчетного периода будет полностью учтено изменение запасов почвенной влаги.

Изучение зависимости изменения запасов почвенной влаги в зоне аэрации от положения уровня грунтовых вод производилось на опытном балансовом участке, расположенном в зоне выклинивания грунтовых вод Чуйской долины.

Почвы опытного участка были представлены луговыми сероземами среднего и тяжелого механического состава. Глубина грунтовых вод на участке в течение года не опускается ниже 2 м от поверхности земли.

Зависимость  $z=f(h)$  определялась по 13 точкам, расположенным в различных частях опытного участка. В выбран-

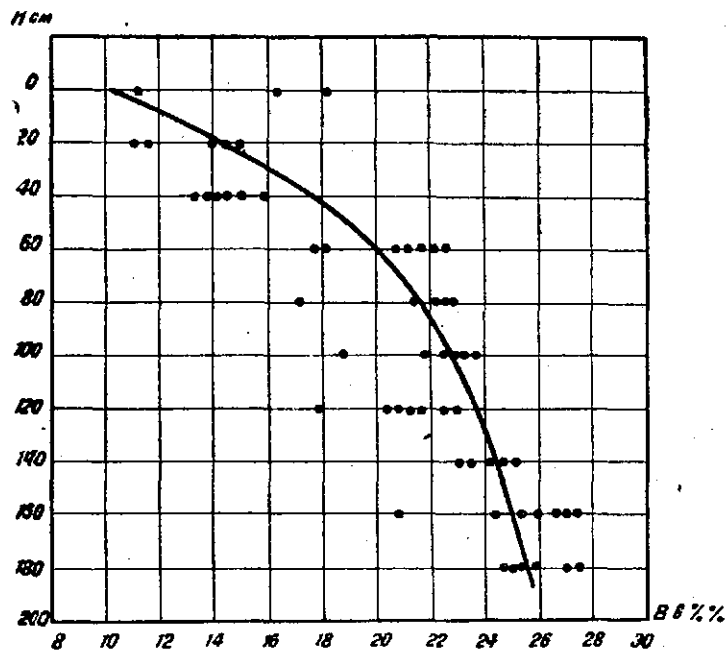


Рис. 1. Распределение влажности «В» по горизонтам в точке № 42 в зависимости от уровня грунтовых вод и сроков определения влажности.

ных точках почвенным буром брались пробы грунта послойно через 20 см до уровня грунтовых вод. Содержание влаги определялось весовым методом. В каждой из 13 точек влажность определялась не менее трех раз при различных горизонтах грунтовых вод. Всего было проведено в этих точках 78 определений влажностей.

Для краткости на рисунках 1 и 2 показано распределение влажности (в весовых процентах) по горизонтам только в четырех точках.

Из графиков видно, что при незначительном изменении горизонта грунтовых вод (до 10 см) влажность в одном и том же горизонте меняется в пределах 3%. Для разных точек опытного участка влажность в одних и тех же почвенных горизонтах колеблется в пределах 10%.

Запасы влаги в балансовом слое почвы определялись по данным влажности вертикальных профилей почвы, которые снимались в различных частях опытного участка. Для этого предварительно были определены объемные и удельные веса почвы в тех же горизонтах, в которых определялись влажно-

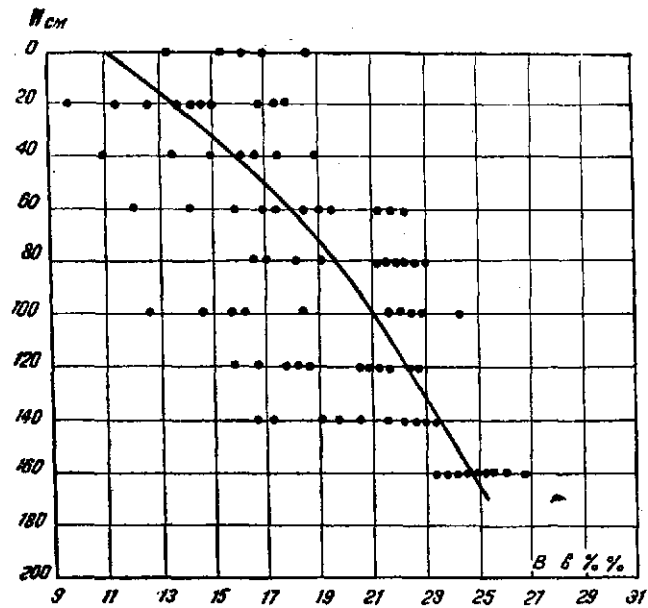


Рис. 2. Распределение влажности «В» по горизонтам в точках № 9, № 10, № 42, № 4 и № 37 в зависимости от уровня грунтовых вод и сроков определения влажности.

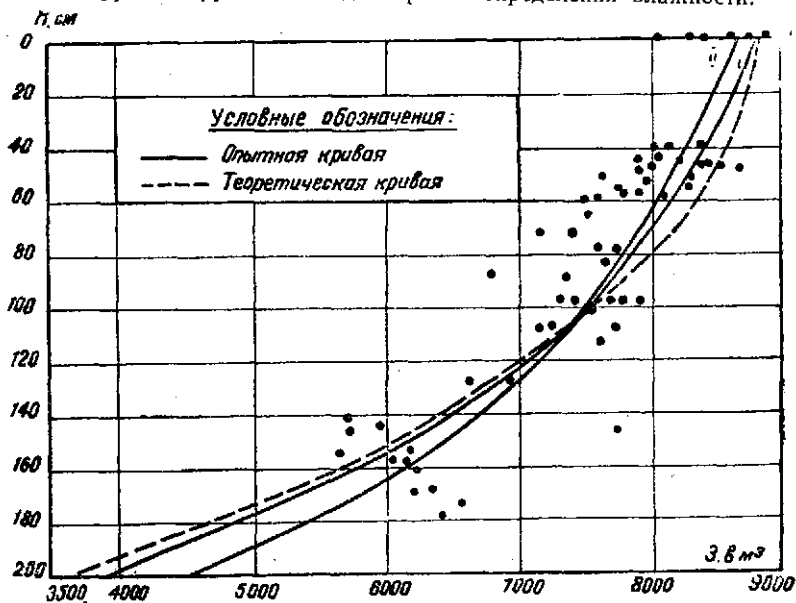


Рис. 3. Зависимость содержания влаги в 2-метровом слое почвы от глубины залегания грунтовых вод.



периода ( $Z_k$ ). Поэтому ошибка в абсолютной величине запаса влаги ( $Z$ ) не влияет на точность расчета, если разность величин  $Z_n - Z_k$  определена правильно. Практически это сводится к требованию правильно определить наклон кривой  $Z=f(h)$ .

На рис. 3 (кривая II) представлен такой график зависимости содержания влаги в двухметровом слое почвы от глубины грунтовых вод, составленный на основании данных о запасах влаги, полученных на опытном участке. Кривая имеет большую крутизну в верхней своей части и малую в нижней. Это показывает малую водоотдачу при высоком положении уровня грунтовых вод и большую водоотдачу при низком положении уровня грунтовых вод.

В соответствии с графиком (рис. 3) составлена табл. 1, которая с достаточной для технических расчетов точностью позволяет быстро находить изменение общих запасов почвенной влаги в зависимости от глубины грунтовых вод.

Изучение свойств кривой зависимости запаса влаги в почве от глубины грунтовых вод позволило подобрать для нее уравнение, которое имеет вид:

$$P = P_0 \left( 1 - A \frac{h^2}{h_0^2} \right) \dots \dots \dots (1),$$

где  $P$  — запас влаги в балансовом слое при глубине грунтовых вод

$P_0$  — запас влаги в балансовом слое при глубине грунтовых вод, равный нулю (запас влаги, равный порозности грунта).

$A$  — эмпирический коэффициент.

Для определения коэффициента  $A$  были обработаны все

Таблица 2

h, м	P, м <sup>3</sup>
0,0	8 850
0,2	8 770
0,4	8 640
0,6	8 400
0,8	8 040
1,0	7 590
1,2	7 050
1,4	6 390
1,6	5 620
1,8	4 770
2,0	3 800



данные наблюдений за влажностью на опытном участке. Среднее значение  $A$  определено равным 0,57.

В табл. 2 приводятся значения запасов влаги в балансовом слое грунта в зависимости от уровня грунтовых вод, вычисленные по уравнению

$$P = P_0 \left( 1 - 0,57 \frac{h^2}{h_0^2} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Данные этой таблицы нанесены на графике (рис. 3), на котором вычерчены две кривые  $z=f(h)$  по опытными данным.

Отклонения значений  $P$  опытных кривых от расчетной, полученной по уравнению (2), представлено в табл. 3.

Из таблицы видно, что среднее отклонение для первой кривой равняется 4,28% и для второй кривой — 1,2%.

Численное значение коэффициента « $A$ », полученное в ре-

Таблица 3

$h, м$	$P$ теор. м <sup>3</sup>	$P_1$ м <sup>3</sup>	$P_2$ м <sup>3</sup>	$P_1 - P$ теор.	$P_2 - P$ теор.	% для 1-й кривой	% для 2-й кривой
0	8 850	8 700	8 850	-150	0	1,69	0
0,2	8 770	8 520	8 670	-250	-100	2,85	1,14
0,4	8 630	8 300	8 450	-330	-180	3,72	2,08
0,6	8 400	8 080	8 190	-320	-210	3,81	2,50
0,8	8 040	7 830	7 900	-210	-140	2,61	1,74
1,0	7 590	7 590	7 520	- 70	- 40	0,92	0,52
1,2	7 050	7 180	7 090	130	40	1,84	0,56
1,4	6 390	6 720	6 450	330	60	5,17	0,94
1,6	5 620	6 130	5 680	510	60	9,09	1,06
1,8	4 770	5 300	4 840	530	70	11,10	1,46
2,0	3 800						
						42,8%	12,0%
						Ср. 4,82%	1,2 %

зультате обработки данных о влажности почв опытного участка, было проверено для всей зоны выклинивания грунтовых вод Чуйской долины.

Расчеты запасов влаги, произведенные по формуле (1) и по фактическим замерам влажности в различных частях зоны выклинивания Чуйской долины, показали достаточно близкую сходность результатов в том и другом случаях.

ТРУДЫ  
ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

1950

Том II

*З. Т. Беркалиев,*

член-корреспондент КазАСХН.

**ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ  
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕК  
В РАЙОНАХ ОСВОЕНИЯ ЦЕЛИННЫХ ЗЕМЕЛЬ И  
ПАСТБИЩНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАЗАХСТАНА**

Районы освоения целинных земель и пастбищных территорий охватывают обширную площадь Центрального, Северного и Западного Казахстана. Площадь их равна примерно 2,3 млн. км<sup>2</sup>, что составляет около 80% территории Казахской республики.

Районы обладают богатейшими природными ресурсами. В них сосредоточены большие запасы каменного угля, полиметаллических и железных руд и много другого минерального сырья, большая часть района занята пахотнспособными землями и пастбищными территориями.

До Великой Октябрьской Социалистической революции природные ресурсы районов почти не были использованы. Поэтому обширная территория их долгое время оставалась мало освоенной и неизученной.

После Великой Октябрьской Социалистической революции начинается новая эпоха в изучении и использовании неисчерпаемых природных богатств районов. С первых же дней советского периода изучение природных ресурсов было подчинено задачам социалистического строительства. Создание крупных промышленных центров, строительство железных дорог, социалистическая реконструкция сельского хозяйства потребовали проведения комплекса научно-исследовательских, изыскательских и проектных работ на новой социалистической основе. Для проведения этих работ были созданы крупные проектно-изыскательские, строительные и научно-исследовательские организации, которые развернули работу по исследованию и использованию богатейших природных, в том числе и водных, ресурсов районов. Комплексные экспедиции за короткий срок совершенно заново покрыли своими

маршрутами всю обширную территорию. Одновременно с этим в районах была организована густая сеть метеорологических и гидрологических станций, которые приступили к стационарному изучению климата территории, гидрологического и гидрохимического режима рек и озер.

На базе полученных материалов исследований начинается проектирование и строительство крупных промышленных центров, машинно-тракторных станций и других сельскохозяйственных объектов. В результате проведенных мероприятий за короткий срок в районах возникли новые города, рабочие поселки, совхозы и РТС, автомобильные и железные дороги. Значительно выросло и население районов.

В данное время в районах уже созданы такие крупнейшие предприятия тяжелой промышленности, производственная мощность которых не имеет себе равной не только в СССР, но и в Европе.

В последние годы по решению партии и Советского правительства в районах проводятся крупные работы по освоению больших массивов целинных земель и пастбищных территорий

Благодаря освоению целинных и залежных земель этих районов Казахстан по производству зерна ныне занимает одно из первых мест в Союзе.

Небывалые темпы развития промышленности и сельского хозяйства районов вызвали огромный спрос на воду. В этих условиях для обеспечения бесперебойного водоснабжения промышленности и сельского хозяйства районов предстоит провести крупные водохозяйственные мероприятия прежде всего по использованию местных водных ресурсов. В связи с этим здесь приводится оценка гидрологических условий водохозяйственного использования водных богатств рассматриваемых районов.

Район освоения целинных земель и пастбищных территорий Казахстана отличается резко континентальным климатом, малой увлажненностью территории, а также сложным устройством поверхности. Здесь можно встретить полуразрушенные горные системы, волнистую степь и пустынную низменность.

В зависимости от географической широты местности и высоты расположения над уровнем моря сильно изменяются природные условия формирования стока. На юге — на широте 44—48° территория с отметкой 100—200 м над уровнем моря давно превратилась в безводную пустыню. На севере же — на широте 52—55° территория, расположенная на такой же высоте над уровнем моря, представляет собой волнистую степь с многочисленными впадинами, в которых аккумуляру-

ется местный сток. Совершенно иная картина на платообразных возвышенностях с отметками 500—1 400 м над уровнем моря. Последние, представляя область более активного формирования поверхностного стока, являются относительно водообеспеченной частью территории.

По условию формирования стока рассматриваемую территорию можно разделить на область плато и низких гор, область северной озерной низменности и область южной песчаной низменности.

К области плато и низких гор могут быть отнесены Казахская складчатая страна, южная оконечность Урала (Мугоджарские горы), Тургайское плато, Подуральское плато, Казахстанская часть Общего Сырта и Устюрта. Общая площадь, занимаемая областью низких гор и плато, составляет 1,2 млн. км<sup>2</sup>.

Характерной особенностью рельефа области плато и низких гор является наличие многочисленных одиночных горных гряд и гребней, чередующихся с небольшими выравненными поверхностями.

Из общей площади области плато и низких гор примерно 250 тыс. км<sup>2</sup> территории падает на зону с отметкой 500—1 400 м. Указанная зона в основном расположена в Центральном Казахстане. Остальная часть области имеет отметку ниже 500 м над уровнем моря. На склонах низких гор и плато формируется сток рек рассматриваемой территории.

К области Северной озерной низменности относятся Казахстанская часть Западно-Сибирской низменности, охватывающая Тоболо-Ишимскую и Прииртышскую равнины. Общая площадь примерно равна 224 тыс. км<sup>2</sup>. Высота низменности над уровнем моря не превышает 100—200 м.

Обширная территория северной низменности занята многочисленными мелководными озерами, в которых аккумулируется весь сток с территории низменности. Реки Тобол, Ишим и др., стекающие с соседних возвышенностей, пересекают равнину с юга на север, почти не принимая здесь ни одного притока.

К области Южной песчаной низменности относятся Прикаспийская, Туранская (Туркестанская) низменности, пустыни Бетпак-Дала и Южного Прибалхашья. Общая площадь достигает 833 тыс. км<sup>2</sup>. Отметка местности не превышает 100—200 м над уровнем моря. Значительная часть территории занята крупными песчаными массивами. Гидрографическая сеть почти не развита. В пониженной части низменности теряются реки, стекающие с соседних возвышенностей. Местами встречаются резко очерченные впадины, дно которых занято озерами.

Таким образом, из общей площади рассматриваемой территории 2,3 млн. км<sup>2</sup> на долю плато и низких гор, где в основном происходит формирование поверхностного стока рек, приходится 55% территории. На долю северной озерной низменности, где происходит аккумуляция местного стока в мелководных озерах, падает 10%, а на долю южной песчаной низменности, где поверхностный сток почти полностью поглощается песчаными массивами или испаряется в воздух, падает 35% территории.

Одним из главных условий формирования поверхностного стока является характер атмосферной циркуляции, которым в основном определяется условие влагообмена между водосбором и атмосферой.

В условиях рассматриваемой территории сток рек образуется в основном за счет весеннего снеготаяния. Поэтому для образования стока рек имеет особо важное значение характер атмосферной циркуляции в холодный период года.

Характерной особенностью синоптической обстановки зимнего периода являются преобладание антициклональных полей, малая повторяемость фронтальных процессов, особенно теплых.

По данным Л. С. Утешева, повторяемость антициклональных полей в декабре и в феврале составляет 60—70%. Продолжительность отдельных антициклональных полей изменяется от 4 до 20 дней.

Большая повторяемость и значительная продолжительность антициклональных полей резко уменьшает число фронтальных процессов, с которыми связано количество выпадающих осадков. Более 70% зимнего времени приходится на дни, когда территория занята однородной воздушной массой с типично антициклональными условиями и менее 30% — на дни с фронтальными процессами. При этом наибольшая часть фронтальных процессов падает на холодные фронты, а наименьшая — на теплые фронты, которые более насыщены влагой.

В связи с вышеизложенным наибольшая средняя величина осадков за холодный период года в пределах более увлажненной северо-западной части территории и на возвышенностях Центрального Казахстана не превышает 100—130 мм. На юге же территории количество осадков за холодный период года снижается до 35—50 мм.

Кроме характера атмосферной циркуляции, на климатические условия зимнего периода существенное влияние оказывают радиационный и ветровой режимы, устройство подстилающей поверхности и др. В зависимости от того или иного сочетания указанных факторов в значительных пределах

изменяются условия накопления снега, являющегося основным источником питания рек рассматриваемой территории. Высота снежного покрова по всей территории небольшая, что обуславливается, прежде всего, малым количеством осадков, выпадающих в холодный период года. В наиболее снежные месяцы зимы, в январе и феврале, мощность снежного покрова в северо-западных районах в среднем составляет 30—40 см, а в южных районах 10—20 см. На формирование снежного покрова существенное влияние оказывают сила и направление господствующих ветров, наличие растительного покрова, пересеченность рельефа. В зимнее время ветры на рассматриваемой территории отличаются большой скоростью. Под действием сильных ветров снег сдувается с открытой местности и накапливается в пересеченных участках водосборов, в оврагах и балках. Таяние этих снежных накоплений задерживается, что несколько увеличивает продолжительность периода снеготаяния, следовательно, и паводка.

Летом осадки выпадают в целом больше (50—80% годовой суммы), чем зимой. Однако летние осадки в питании рек участия почти не принимают. В силу высокой температуры воздуха значительная часть летних осадков теряется на испарение, а остальная часть осадков расходуется на фильтрацию. Осадки осеннего периода по своей величине небольшие и на сток рек непосредственного влияния почти не имеют. Основное значение осенних осадков заключается в увлажнении почв, которое увеличивает коэффициент стока весеннего паводка последующего года.

Таким образом, географическое положение территории, малая повторяемость циклонов и отсутствие высоких гор обуславливают малую увлажненность территории и низкую водоносность рек.

Как было сказано выше, речная сеть более или менее развита в областях низких гор и плато, которыми занята примерно половина рассматриваемой территории. В области южной песчаной низменности речная сеть почти отсутствует, так как здесь количество выпадающих осадков небольшое (75—100 мм в год) и не бывает устойчивого снежного покрова. Осадки, выпадающие как в виде дождя, так и снега, полностью расходуются на испарение и просачивание в песчаный грунт.

Реки, которые стекают с соседних возвышенностей в пределах южной песчаной низменности, теряют свои воды также на испарение и просачивание. Иногда на концевых участках этих рек сохраняются круглый год мелководные озера, в которых вода быстро минерализуется.

Речная сеть почти не развита и в области северной низ-

менности. Реки, которые стекают с соседних возвышенностей Центрального Казахстана и Южного Урала, пересекают северную низменность с юга на север, не принимая в пределах низменности ни одного притока. Небольшое количество осадков (200—250 мм в год) при имеющихся ничтожно малых уклонах местности аккумулируется в небольших блюдцеобразных впадинах. Вследствие этого вся территория этой низменности покрыта довольно густой сетью мелких озер, среди которых много пресных, вполне пригодных как источник водоснабжения.

Таким образом, реки рассматриваемой территории в основном формируются в пределах области низких гор и плато. При этом в силу недостаточной увлажненности территории наблюдается очень редкая сеть крупных постоянно действующих рек. Поэтому в речной сети преобладают сезонно действующие мелкие водотоки, лога и балки. Значительная часть территории низких гор и плато относится к замкнутой бессточной области. Только реки Тобол и Ишим выносят свои воды за пределы Казахстана и имеют выходы в океан.

Рассмотрев природные условия формирования стока рек и гидрографическую сеть района, можно перейти к количественной оценке ресурсов поверхностных вод. Для этого требуются гидрометрические данные большого числа стационарных пунктов наблюдений, на базе которых может быть составлена карта стока, по которой определяются ресурсы поверхностных вод районов.

Стационарное изучение рек районов в основном начато с 1930—1932 годов. Если к началу 1930 года на рассматриваемой территории было не более 10 гидрометрических станций, то в настоящее время число действующих и закрытых станций составляет более 160. Из них к расходным относятся 134, а остальные к уровенным.

Недостатком стационарного изучения рек районов является то, что гидрометрические станции и посты в основном расположены на более крупных реках. Мелкие реки, из которых главным образом состоит гидрометрическая сеть районов, стационарными наблюдениями все еще не охвачены. Поэтому в отдельных частях районов, где гидрографическая сеть состоит в основном из мелких рек и речек, гидрометрические станции и посты почти отсутствуют. К таким частям районов относятся, прежде всего, бассейны рек левого Прииртышья, бассейн озера Кара-Сор, бассейны рек Тургайского плато и др. Кроме того, продолжительность наблюдений на гидрометрических станциях разная. Более 40 станций имеют продолжительность наблюдений менее 3-х лет. Число станций с продолжительностью наблюдений более 20 лет не превышает 10.

Эти и другие недостатки стационарного изучения рек района в значительной мере затрудняют количественную оценку ресурсов поверхностных вод и осветить гидрологические условия их использования.

Водоносность рек из года в год сильно изменяется, особенно в условиях рассматриваемой территории. Поэтому ресурсы поверхностных вод измеряются средней многолетней величиной годового стока. По состоянию современной изученности района таким продолжительным периодом, для которого можно определить среднюю многолетнюю величину годового стока, является последний 21-летний период.

Приведение к этому 21-летнему периоду и определение многолетней величины годового стока оказалось возможным лишь для 38 гидрометрических створов рек. Данные таких малочисленных гидрометрических пунктов не позволяют непосредственно определить ресурсы поверхностных вод района. Для этой цели более надежной основой является карта годового стока. Однако составление подобной карты также требует густой сети гидрометрических станций с продолжительными рядами наблюдений.

Отсутствие данных густой сети гидрометрических станций с продолжительными рядами наблюдений до последнего времени не позволяло составить детальную карту и оценить ресурсы поверхностных вод района. Такая более детальная карта годового стока для районов освоения целинных земель и пастбищных территорий нами была составлена. При этом построение детальной карты среднегодового стока оказалось возможным в результате выявленной зависимости среднегодового стока от средней высоты бассейнов. Выявление подобной зависимости основано на том, что метеорологические условия стока для продолжительного периода времени, для которого определяется многолетняя величина годового стока, остаются более или менее постоянными. В этих условиях резкую количественную разницу среднего стока на отдельных участках территории можно объяснить лишь разнообразием местных факторов, влияющих как на климатические элементы, так и на образование стока непосредственно. Как было отмечено выше, на рассматриваемой территории местные условия стока очень разнообразны. В частности, высота местности изменяется от отрицательных отметок до 1000—1400 м и вместе с этим изменяется форма рельефа, уклоны водосборов и др. Высота водосбора над уровнем моря является одним из показателей рельефа и оказывает влияние на сток через климат, на который она имеет непосредственное воздействие. Используя выявленную зависимость среднего годового стока от средней высоты бассейнов, для территории



районов освоения целинных и залежных земель Казахстана была построена карта среднегодового стока в масштабе 1 : 2 500 000.

Рассмотрение полученной карты показывает, что средние годовые модули стока уменьшаются с северо-запада на юго-восток. При этом изменение среднегодового модуля стока по всей территории происходит от 0 на юге и юго-востоке до 2,0 л/сек на северо-западе. На отдельных возвышенностях Казахской складчатой страны — в Қзыл-Райских, Улу-Тауских и Ниязских горах, несмотря на их юго-восточное расположение, средние годовые модули стока доходят до 1 и более л/сек с 1 км<sup>2</sup>. На западе, на возвышенностях Южного Урала — Мугоджарских гор и Общего Сырта, средние годовые модули стока превышают 1,5 — 2,0 л/сек с 1 км<sup>2</sup>. Таким образом, составленная карта среднегодового стока вполне отражает как горизонтальную, так и вертикальную зональность в распределении стока по территории.

Используя составленную карту среднегодового стока были определены ресурсы поверхностных вод всей рассматриваемой территории. Для этого стокообразующая часть территории была разделена на 14 укрупненных бассейнов, для которых путем планиметрирования карты среднегодового стока были определены средние многолетние объемы годового стока в млн. м<sup>3</sup> и средние многолетние модули годового стока в тыс. м<sup>3</sup> с 1 км<sup>2</sup>. Рассмотрение полученных данных показывает, что со стокообразующей части территории (примерно 1,4 млн. км<sup>2</sup>) в среднем в год стекает 21,7 млрд. м<sup>3</sup> воды. Около половины (47%) годового стока с территории приходится на реку Урал, 37% ресурсов поверхностных вод приходится на территорию Центрального и Северного Казахстана. Средний многолетний модуль годового стока по всей территории в среднем составляет 13,0 тыс. м<sup>3</sup> с 1 км<sup>2</sup>. На территории бассейна реки Урал, расположенной в основном за пределами Казахстана, средний многолетний модуль годового стока достигает 56,8 тыс. м<sup>3</sup> с 1 км<sup>2</sup>. В пределах рассматриваемой территории самый высокий модуль годового стока (19,6 тыс. м<sup>3</sup> с 1 км<sup>2</sup>) наблюдается в бассейне озера Кара-Сор, который относится к самой возвышенной части всей территории. В бассейнах озера Чубар-Тенгиз и рек Иргиз, Тургай, Сары-Су, Эмба средний многолетний модуль годового стока не превышает 5—12 тыс. м<sup>3</sup> с 1 км<sup>2</sup>.

По восточной части района протекает река Иртыш, которая в среднем в год несет 28 млрд. м<sup>3</sup>.

Таким образом, общие ресурсы поверхностных вод рассматриваемого района (включая нижние течения рек Иртыша и Урала, но без рек Сыр-Дарья и Или) оцениваются

цифрой — порядка 50 млрд. м<sup>3</sup> в среднем по водности году, что составляет  $\frac{1}{3}$  часть всех поверхностных вод территории Казахстана.

Если эти водные ресурсы отнести к общей площади района, равной 2,3 млн. км<sup>2</sup>, то на каждый квадратный километр приходится около 22 тыс. м<sup>3</sup> воды.

Для сравнения укажем, что в бассейне реки Волги на каждый квадратный километр территории приходится 185 тыс. м<sup>3</sup> воды, т. е. в 8,4 раза больше, чем на рассматриваемой территории.

На квадратный километр территории высокогорной части Казахстана приходится в среднем около 300 тыс. м<sup>3</sup> воды, т. е. в 14 раз больше, чем для территории Центрального, Северного и Западного Казахстана. Такое сравнение показывает насколько ограниченными являются ресурсы поверхностных вод рассматриваемого района.

Количественно оценив ресурсы поверхностных вод района, можно перейти к рассмотрению гидрологических особенностей рек рассматриваемого района.

Ресурсы поверхностных вод района в сравнении с его земельными ресурсами небольшие. Однако следует сказать, что эти ограниченные ресурсы поверхностных вод на сегодняшний день использованы на нужды народного хозяйства крайне недостаточно. Достаточно сказать, что такие реки, как Ишим и Тобол, в среднем ежегодно уносят за пределы района 3,7 млрд. м<sup>3</sup> воды. Река Урал, которая пересекает западную часть района, в среднем ежегодно сбрасывает в Каспийское море 10 млрд. м<sup>3</sup> неиспользованной воды. Река Иртыш, которая пересекает восточную часть района, в среднем ежегодно уносит за пределы Казахстана 28 млрд. м<sup>3</sup> неиспользованной воды.

Народнохозяйственное использование ресурсов поверхностных вод района затруднено прежде всего неблагоприятным гидрологическим режимом рек и водоемов.

Реки и озера этого района почти исключительно питаются весенними снеговыми водами, поэтому годовой сток рек в основном (80—90% годового стока) проходит в период весеннего снеготаяния. В летний и осенне-зимний периоды года малые реки пересыхают полностью, а более крупные реки после короткого весеннего паводка сохраняют небольшую часть стока лишь в разобщенных плесах. При таком внутригодовом распределении стока реки не могут быть использованы в качестве источника водоснабжения в естественном состоянии, т. е. без регулирования их стока путем постройки дорогостоящих водохранилищ (исключая залив сенокосных угодий в период прохождения весеннего паводка).

Другой особенностью гидрологического режима рек районов является большая изменчивость годовых величин их стока. Изменчивость речного стока обуславливается прежде всего изменениями от года к году метеорологических условий стока. В условиях континентального климата района количество осадков и характер их выпадания, температурный и ветровой режим от года к году резко изменяются. Так, например, количество зимних осадков, от которых в основном зависит объем годового стока, по данным метеостанции Акмолинск, в зиму 1911—1912 годов составило 222 мм, а в зиму 1944—1945 годов — всего лишь 16 мм. По данным же метеостанции Каркаралинск, количество осадков за холодный период в 1927—1928 годы было 143 мм, а в зиму 1950—1951 годов — всего лишь 15 мм.

Другие метеорологические элементы: температура воздуха, направление и сила ветра, от которых зависит распределение снега по территории района и потери запаса воды в снеге, также изменяются в больших пределах. Все это вместе взятое обуславливает резкое колебание речного стока. Так, например, по данным последних 20 лет годовые расходы многоводных лет превышают расходы маловодных лет по реке Нуре у с. Сергиопольского в 62 раза, по реке Тоболу у г. Кустанай в 55 раз, по реке Ишиму у г. Акмолинск в 50 раз, по реке Сары-Су в створе Каражар — более чем в 800 раз и т. д.

Анализ гидрометрических данных за 1932—1952 годы показывает, что число маловодных лет значительно больше, чем число многоводных лет. Так, например, почти по всем рекам за указанные 20 лет число многоводных лет не превышало 5—6, тогда как число маловодных лет составляло 14—15. При этом группировка многоводных лет чаще всего происходит по 1—2 года, а маловодные годы могут повторяться подряд в течение нескольких лет. Так, например, 1932—1940 годы для всей территории были маловодными. Средняя величина годового стока за 1931—1940 годы меньше, чем средняя величина годового стока за последующие 1941—1952 годы для отдельных рек в 2,5—6,0 раза.

В маловодные 1932—1940 годы высохли озера, резко уменьшилась водоносность рек, ухудшилось качество воды.

Коэффициент вариации, которым оценивается изменчивость годового стока, здесь достигает 1,0 и даже 1,5. Для сравнений укажем, что величина этого коэффициента для большинства рек Союза не превышает 0,20—0,40.

Большая изменчивость стока рек во времени резко уменьшает степень надежности их как источника водоснабжения, увеличивает стоимость водохозяйственных мероприятий,

осложняет эксплуатацию водохранилищ, плотин и других гидротехнических сооружений. Она является одним из самых неблагоприятных факторов использования местных ресурсов поверхностных вод для целей водоснабжения промышленности и сельского хозяйства районов.

В использовании местных водных ресурсов не меньшую трудность вызывает качество воды. В водах Центрального, Северного и Западного Казахстана, кроме обычных минеральных солей, иногда содержатся такие вещества, которые в отдельных районах превращают воду в непригодную для коммунального водоснабжения.

Таким образом, гидрологические, гидрохимические условия использования поверхностных вод для водоснабжения народного хозяйства Центрального, Северного и Западного Казахстана в целом являются весьма неблагоприятными. Поэтому использование поверхностных вод этого района требует решения ряда крупных научных и технических проблем и проведения дорогостоящих водохозяйственных мероприятий.

В условиях Центрального, Северного и Западного Казахстана для рационального использования местных ресурсов поверхностных вод требуется: на основных реках — строительство крупных водохранилищ с многолетним комплексным регулированием стока; на средних и малых реках — строительство водохранилищ в основном сезонно- годового и частично многолетнего регулирования стока; большое внимание должно быть уделено строительству прудов, использованию мелких озер и плесов рек для сельскохозяйственного водоснабжения.

Местные ресурсы поверхностных вод, как было сказано выше, весьма ограничены по объему, неравномерно распределены по территории и характеризуются большой изменчивостью по времени. Поэтому они полностью не могут обеспечить водоснабжение высокоразвитой промышленности и сельского хозяйства районов. Для окончательного решения вопроса водоснабжения района необходимо осуществить переброску в основные промышленные и сельскохозяйственные зоны района часть стока высокогорных рек — Иртыша, Или, Сыр-Дарьи и реки Урала. Несмотря на то, что регулирование стока рек является почти единственным способом их использования, строительство водохранилищ в этом районе все еще не получило должного развития.

В результате этого весьма скудные ресурсы поверхностных вод этого района, как было сказано выше, использованы совершенно недостаточно.

Для водоснабжения сельского хозяйства района огромное значение имеют мелкие водохранилища на небольших речках, логах и балках. В условиях этого района такие малые водо-

хранилища должны быть построены в очень большом количестве.

Одновременно с этим нужно разрешить проблему правильной эксплуатации водохранилищ, без чего выстроенные водохранилища не могут стать надежным источником водоснабжения промышленности и сельского хозяйства районов.

Должен быть разработан комплекс мероприятий, направленных на улучшение питания водохранилищ, на предотвращение загрязнения и минерализации.

ТРУДЫ  
ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

1960

Том II

*Н. Ф. Федин,*

кандидат геолого-минералогических наук,

*Г. Л. Шимкевич,*

кандидат географических наук

**ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БЕТПАК-ДАЛИНСКОГО КОМПЛЕКСА СЕЗОННЫХ ПАСТБИЩ**

В соответствии с постановлением Совета Министров Казахской ССР от 29 августа 1956 года об обводнении 43,0 млн. га пастбищных угодий Казахстана Научно-исследовательский институт водного хозяйства проводил гидрологические и гидрогеологические исследования на территории госземфонда, ограниченной линией железной дороги Джезказган — Жарык — Моинты-Чу — Джамбул, предгорьями хребта Кара-Тау и долиной реки Сары-Су, которую обычно называют Бетпак-Далинским комплексом сезонных пастбищ. На этой огромной площади (около 22 млн. га) имеются пастбища, удобные для использования только в определенные сезоны года.

Так, южная часть территории — песчаный массив Муюн-Кум — используется как зимние пастбища, северная и северо-восточная — Сары-Арка — как летние, а территория пустыни Бетпак-Дала как весенне-осенние пастбища во время перегонов скота. Круглогодичное пастбищное содержание скота на каждом из этих участков в отдельности нерационально, а иногда и невозможно из-за специфичности их природных условий. Совместное же использование их в едином пастбище-обороте позволит содержать до 4—5 млн. голов овец круглогодично на естественном травостое.

Однако полное использование кормовых запасов этих пастбищ в значительной степени лимитируется обеспеченностью их водой. На территории имеется незначительное количество постоянных естественных водоисточников поверхностного стока, подземные воды здесь распределены неравномерно. Совместное использование тех и других для обводнения огромных пустынных и полупустынных территорий позволило бы создать своеобразный пастбищный комплекс.

В настоящей статье приводится краткая характеристика

поверхностных и подземных вод территории пастбищ комплекса, составленная на основании результатов исследований гидрологического режима местных поверхностных водоисточников (логов, такыров) и обработки фондовых и литературных материалов, а также на основании материалов водохозяйственного обследования, проведенного Институтом водного хозяйства Казахской Академии сельскохозяйственных наук летом 1957 и 1958 годов.

Характеристика поверхностных и подземных вод в статье дается отдельно, а при оценке степени водообеспеченности отдельных частей пастбищных территорий учитывается наличие в их пределах и поверхностных, и подземных вод.

### ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ

Изучение водных ресурсов Бетпак-Далинского комплекса было начато Институтом водного хозяйства в 1957 году сбором значительных по объему материалов, которые позволили выделить основные факторы формирования стока рек степей Сары-Арка и произвести подсчет водных ресурсов указанной территории.

Изучением режима местных поверхностных водоисточников пустыни Бетпак-Дала гидрологи до последнего времени не занимались, так как считалось, что поверхностный сток в пустыне отсутствует или настолько мал, что практического значения не имеет.

Как показали гидрогеологические исследования, ресурсы подземных вод здесь не всегда могут обеспечить запросы животноводства. Малые дебиты, плохое качество воды часто не позволяют использовать их для сельскохозяйственного водоснабжения. В этом случае вполне возможно использование стока местных поверхностных вод, ресурсы которых до последнего времени недооценивались, между тем как местный сток при надлежащем сборе его и хранении может сыграть большую роль в дальнейшем развитии животноводства.

Недооценка значения ресурсов поверхностных вод пустыни для водоснабжения животноводства явилась основной причиной их недостаточной изученности. Поэтому в основу характеристики поверхностных вод пустыни Бетпак-Дала положены данные, полученные путем стационарных наблюдений за режимом типичных местных водоисточников, проводившихся в 1958 году с февраля по сентябрь, т. е. в период, когда идет формирование стока и наполнение их.

Места для исследований выбирались с таким расчетом, чтобы охватить по возможности отличные друг от друга по рельефу, климату и почвам микрорайоны Бетпак-Далы. Поэ-

тому стационары были организованы на юге Бетпак-Далы у озер М. Камкалы, в средней части на западе — на урочище Кобашик и в восточной части — у родника Шайтан-Симес\*.

Местный сток в условиях пустыни аккумулируется в весеннее время в такырах, логах, руслах временных рек. Гидрографическая сеть территории Бетпак-Далы имеет общую длину 1 331 км, а густота ее составляет всего 9 м на 1 км<sup>2</sup>. Большая часть водотоков имеет длину от 10 до 50 км.

Характерными для территории пустыни являются небольшие по длине водотоки, имеющие местные замкнутые бассейны. Так, например, лог у озера Малые Камкалы имеет протяженность 1,5 км, а площадь бассейна — 120,9 га. Лог у родника Шайтан-Симес длиной 4,2 км имеет площадь бассейна 477,7 га.

Как правило, истоки их начинаются на возвышенностях, расположенных на территории пустыни, и заканчивают они свое течение здесь же в пониженных местах (озерах, такырах, солончаках). Как показали исследования, сток в эти водотоки осуществляется не путем склонового стекания, а по бороздам и ложбинам, эрозионный врез которых незначителен и редко превышает 0,2—0,3 м. Русла логов отчетливо выражены в

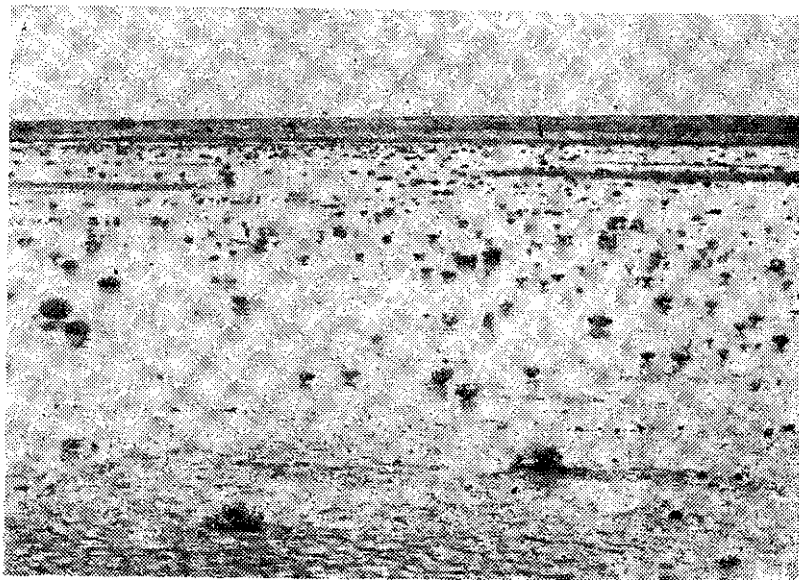


Рис. 1. Такыр на уроч. Кобашик после дождя.

\* Наблюдения на постах проводились согласно принятому Главным Управлением гидрометслужбы СССР «Наставлению гидрометстанциям и постам» за 1946 год.



верхней своей части. По мере удаления от области питания при выходе на равнину они утрачивают эти очертания и сбрасывают свои воды в озера, солончаки, такыры, соры.

Значительно большее распространение на территории Бетпак-Далы имеют т а к ы р ы, представляющие большой интерес для сельскохозяйственного водоснабжения. Это своеобразные глинистые микропонижения, лишенные растительности, особенностью которых является наличие твердой корки, разбитой неглубокими трещинами. Во время стока талых снеговых и дождевых вод эти трещины заплывают и поверхность такыра становится почти водонепроницаемой (рис. 1).

Как показала топографическая съемка, такыры имеют свой микрорельеф. Их поверхность имеет целый ряд понижений, которые в период стока заполняются талой снеговой или дождевой водой.

Всего на территории пустыни Бетпак-Дала и в западной части степи Сары-Арка насчитывается 940 такыров (по данным Б. В. Константинова), 70% их расположено в самых безводных частях пустыни — в центральной и западной. Они почти равномерно распределяются по этой территории и располагаются в 5—10 и более километрах друг от друга. Размеры и конфигурация их самые различные. В табл. 1 приводятся морфометрические данные такыров, на которых проводились гидрологические исследования.

Таблица 1

Местонахождение такыров	Площадь водосбора, га	Площадь зеркала, га
Такыр у оз. Камкалы . . . . .	74,15	11,4
Дальний такыр . . . . .	1400,00	—
Такыр у родн. Шайтан-Симес . . . . .	518,60	24,0
Такыр у уроч. Когашик . . . . .	80,30	15,9

Морфологически такыр состоит из хака и чаши такыра. Хак — это наиболее глубокая часть, в которой аккумулярованная вода держится до июня-июля месяца. Чаша такыра держит воду только в период интенсивного стока от таяния снега или от ливня.

Условия формирования и режим стока такыров обуславливаются величиной и режимом осадков, их продолжительностью, интенсивностью и распределением внутри года.

Большая часть осадков приходится на теплый период года (март—октябрь), что отрицательно сказывается на формировании стока, так как высокие летние температуры, низкая влаж-

ность воздуха и почвы способствуют значительному испарению. Как показали исследования, сток формируется в это время только от дождей ливневого характера интенсивностью 0,3—0,5 мм/мин, выпадающих на увлажненную почву водосбора. Однако ливневые дожди, выпавшие на чашу такыра, дают сток при интенсивности их 0,1 мм/мин и выше при продолжительности не менее 20—30 минут.

1958 год по метеорологическим условиям был годом, благоприятным для стока. Так, по посту Бетпак-Дала (по данным наших снегомерных съемок) содержание воды в снеге составило 44,6 мм, а по посту Малые Камкалы — 39,0 мм, что несколько выше среднего запаса. В табл. 2 приводятся данные снегосъемок гидрометслужбы КазССР за ряд лет.

Таблица 2

## Содержание воды в снеге, мм

Годы	Метеостанция Бетпак-Дала	Метеостанция Уланбель
1948—49	48,5	—
1949—50	31,5	23,1
1950—51	20,7	24,8
1951—52	34,9	—
1952—53	32,7	47,1
1953—54	100,0	44,0
1955—56	26,0	—
Среднее	42,0	32,0

Основные объемы воды в логах и такырах в 1958 году были сформированы за счет стока талых снеговых вод. Выпавшие непосредственно на чашу и зеркало такыров весенние дожди дополняли объемы воды.

В весенне-летний сезон 1958 года прошло 30 дождей. В большинстве случаев они отличались малой интенсивностью и небольшой суммой осадков и только 8 дождей дали сток.

Одной из важных задач исследований стока дождевых вод являлось установление нижнего предела слоя дождевых осадков, при котором начинает формироваться поверхностный сток или установление «начальных потерь стока» (по существу в гидрологической науке терминологии). Необходимо было из всех дождей выделить только стокообразующие.

Исследования показали, что большое значение в формировании стока имеет продолжительность дождя, интенсивность его и слой осадков, выпавших за данный дождь. Из всех выпавших за период наблюдений дождей нами были выбраны наиболее эффективные для стока (табл. 3).

Таблица 3

Дата выпадения дождя	Слой осадков за дождь, мм	Продолжительность дождя, час., мин.	Интенсивность дождя, мм/мин.			Приращение уровня воды в такыре, мм
			начальная	максимальная	конечная	
18/IV утро	2,6	2-04	0,01	0,10	0,05	—
18/IV вечер	8,5	4-17	0,10	0,16	0,11	8,5
5—6/V	6,8	7-59	0,05	0,07	0,02	10,0
13—14/V	10,0	3-45	0,27	0,45	0,06	20,0
16/V	6,5	3-27	0,05	0,10	0,03	8,0
26/V	5,4	1-40	0,40	0,48	0,02	10,0
28/V	3,9	0-48	0,10	0,35	0,02	20,0

Из приведенной таблицы видно, что при слое осадков за дождь 18/IV в 8,5 мм и максимальной интенсивности 0,16 мм/мин, но малой продолжительности, сток с водосбора такыра, сложенного глинистыми и суглинистыми рыхлыми почвенными разностями, не наблюдался. Приращение уровня в 8,5 мм (18/IV вечер) объясняется осадками, выпавшими непосредственно на зеркало воды такыра. При дожде, выпавшем 28/V слоем в 3,9 мм с интенсивностью 0,35 мм/мин, слой стока с водосбора составил 1 мм. Целый ряд аналогичных случаев дает основание считать, что сток от дождя зависит не только от слоя осадков, но и от целого ряда факторов, главным из которых является его интенсивность.

В формировании стока от дождей исключительное участие принимает эффективная часть или ядро дождя, отличающаяся большой интенсивностью и продолжительностью.

Необходимо также отметить, что формирование стока от дождей осуществляется, главным образом, со свободной от воды поверхности чаши такыра, состоящей из мельчайших цементированных глинистых частиц и обладающей малой инфильтрационной способностью. Нижним пределом формирования стока для этой поверхности является слой осадков в 2,4 мм при интенсивности выше 0,1 мм/мин, выпадающих в течение 20—30 и более минут.

Образование стока с водосборной площади такыра наблюдается при интенсивности в 0,35 мм/мин и выше при продолжительности более 40—50 мин.

Из учтенных (записью плювиографа) 30 дождей 8, или 26%, дали сток со свободной от воды части такыра. Анализ многолетних данных по осадкам (1941—1950 годы) по метеостанции Бетпак-Дала показывает, что дожди слоем от 2 до 5 мм выпадают в среднем 4 раза за период с марта по июнь

Объем воды в такырах, сформированный за счет талой снеговой воды

Таблица 4

Местоположение такыров	Площадь водосбора, м <sup>2</sup>	Слой воды в снеге на водосборе, м	Объем воды, образовавшейся за счет снега на водосборе, м <sup>3</sup>	Площадь зеркала воды, м <sup>2</sup>	Приращение уровня, м	Объем воды в такыре, образовавшейся за счет стока талой снеговой воды, м <sup>3</sup>	Коэффициент весеннего стока	Мертвый объем воды в такыре, м <sup>3</sup>	Суммарный объем воды, м <sup>3</sup>
Такыр у родника Шайтан-Симес . . . . .	2 847 000*	0,049	139 503	368 000	0,195	71 760	0,50	310	72 070
Такыр у озера М. Камкалы	741 500	0,039	28 918	113 700	0,070	7 959	0,28	9 611	17 570
Такыр на урочище Когашик	803 000	0,087	69 861	159 000	0,195	31 105	0,46	3 615	34 720
									124 360

\*) Активная площадь водосбора, дающая сток в такыр.

месяц, а слоем от 5 до 10 мм — один раз. Сток в лога, сухие русла наблюдался, главным образом, от таяния снега. Дожди, отличающиеся даже большой интенсивностью, стока в логах не образуют.

Большое влияние на сток оказывают почво-грунты, слагающие водосбор и чашу такыров. Исследуемый район характеризуется преобладанием глинистых, суглинистых, супесчаных и такыровидных разновидностей почв.

Наименьшей фильтрационной способностью обладают почвы такыров. Поверхность чаши такыров урочища Когашик сложена из мельчайших, сильно сцементированных, глинистых частиц. За время стояния воды в такыре глубина увлажненного слоя составила 3—10 см. На водосборе указанного такыра с уклонами 0,005—0,01 и влажностью почвы, близкой к полной влагоемкости, формирование стока наблюдалось при слое осадков в 10 мм и интенсивности дождя 0,48 мм/мин, тогда как при этих условиях в районе родника Шайтан-Симес, где преобладают щебнистые почвы, стока не наблюдалось.

Это обстоятельство позволяет сказать, что одним из факторов, существенно влияющих на сток, является фильтрационная способность почво-грунтов, слагающих водосборы такыров.

В 1958 году сток в такыры и лога начался от таяния снега. Из табл. 4 видно, что коэффициенты весеннего стока талой снеговой воды в 1958 году были сравнительно велики — от 0,3 до 0,5. Это объясняется значительной величиной осеннего увлажнения, а следовательно, малыми потерями воды на просачивание в грунт. Только в трех такырах за период стока было аккумулировано 124,360 м<sup>3</sup> воды. В связи с дружным таянием снега паводки были весьма кратковременными и продолжались от 4 до 12 дней. За этот короткий период по логам прошло от 2,5 до 121 тыс. м<sup>3</sup> воды (табл. 5).

Таблица 5

Местоположение лога	Период прохождения паводка	Площадь водосбора, га	Средний измеренный расход, м <sup>3</sup> /сек	Сток, м <sup>3</sup>
Лог у оз. М. Камкалы . . .	7/II—20/II	120,9	0,35200	121 651
Лог у родн. Шайтан-Симес . .	13/III—20/III	477,7	0,00370	2 585
Лог у уроч. Когашик . . . . .	13/III—14/III	—	0,00063	52 696

В период с 15/III по 17/III наблюдалось некоторое умень-

шение расходов, что объясняется наступлением заморозков, которые вызвали замедление снега и водоотдачу из него. На рис. 2 и 3 приведены гидрографы измеренных расходов воды по двум логам.

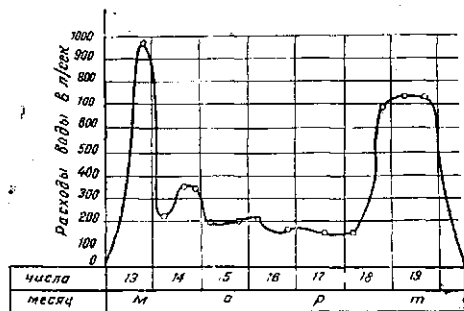


Рис. 2. Гидрограф измеренных расходов воды по логу у родника Шайтан-Симес.

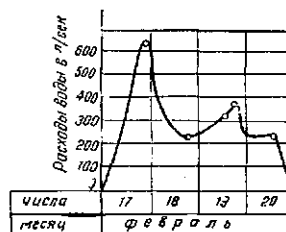


Рис. 3. Гидрограф измеренных расходов воды по логу у оз. Камкалы.

Для подсчета испарения с поверхности воды была использована формула, предложенная А. П. Браславским\* и имеющая вид:

$$E = 0,13 \pi (l_0 - l_{200}) (1 + 0,72 W_{200}), \text{ где:}$$

$E$  — испарение за месяц, мм;

$\pi$  — число дней в месяце;

$l_0$  — максимальная упругость водяного пара при температуре поверхности воды, мб.;

$l_{200}$  — абсолютная влажность воздуха на высоте 200 см над водной поверхностью, мб.;

$W_{200}$  — скорость ветра над водной поверхностью на высоте 200 см, м/сек.

Исходными данными для расчета испарения явились наблюдения за температурой и влажностью воздуха, скоростью ветра и температурой воды на всех постах за период с 13/II — 1958 года по 15/VI — 1958 года, т. е. до момента полного высыхания такыров. Полученные данные сведены в табл. 6.

Из приведенной таблицы видно, что наибольшего значения испарение достигает в июне. Средний годовой слой испарения с водной поверхности такыров составляет 1,2 м.\*\*

Потери воды на фильтрацию незначительны — 0,3 м в год. Такырные воды содержат большое количество взвешенных глинистых частиц, которые, фильтруясь в грунт, кальматиру-

\* Браславский А. П. и З. А. Викулина. «Нормы испарения с поверхности водохранилищ». Гидрометеиздат, Л., 1954.

\*\* Испарение с поверхности воды такыров за период с февраля по июнь подсчитывалось по данным стационарных наблюдений; за остальные месяцы года — по карте изолиний, составленной Б. Д. Зайковым.

Таблица 6

Пункты наблюдений	Испарение, мм				
	фев-раль	март	апрель	май	июнь
Малые Камкалы . . . . .	4,67*	37,54	43,54**	128,2	125,3***
Шайтан-Симес . . . . .	—	36,15	37,57 <sup>1</sup>	—	—
Когашик . . . . .	—	31,67	38,26 <sup>2</sup>	83,6	214,5

\* Испарение за 4 дня.

\*\* Испарение за 26 дней.

\*\*\* Испарение за 16 дней.

<sup>1</sup> Испарение за 20 дней.<sup>2</sup> Испарение за 22 дня.

ют его и создают пленку, препятствующую фильтрации воды.

Таким образом, основным элементом потерь является испарение; поэтому улучшение гидрологического режима при устройстве искусственных водоемов на базе такырных вод должно быть направлено на уменьшение площади зеркала и увеличение водосборной площади.

Качество такырной воды вполне удовлетворительное для сельскохозяйственного водоснабжения. Плотный остаток изменяется в пределах от 0,1 г/л в период паводка до 3,0 г/л в период прогрессивного высыхания такыров.

Гидрохимический анализ 1958 года приведен в табл. 7.

Основным недостатком такырных вод является их мутность, которая достигает в период стока в марте—апреле—3,5 г/л взвешенных частиц. В табл. 8 приведены данные наблюдений за 1958 год.

Таблица 7

Местоположение водоемосточника	Дата отбора пробы	Плотн. остаток, г/л	Cl'	SO <sub>4</sub> '	Примечание
Малые Камкалы Дальний такыр . . . . .	1/III	0,168	0,021	0,77	Вода очень мутная, серого цвета
« . . . . .	1/IV	0,672	0,042	0,058	
« . . . . .	10/V	0,488	0,098	1,134	
« . . . . .	20/VI	3,563	0,728	0,096	
Малые Камкалы Малый такыр . . . . .	24/II	0,472	0,014	0,106	Вода очень мутная, бурого цвета
Когашик, такыр . . . . .	30/VI	2,056	0,455	0,192	
« . . . . .	9/III	0,400	0,007	0,058	
« . . . . .	1/IV	0,768	0,042	0,096	
	20/IV	0,936	0,014	0,078	

Таблица 8

Место взятия образца	Дата	Количество взвешенных частиц, г/л
Малый такыр у озера М. Камкалы . . .	24/II	1,13
Малый такыр у озера М. Камкалы . . .	1/III	2,13
Лог на урочище Когашик . . . . .	9/III	0,08
Большой такыр у озера М. Камкалы . . .	10/III	1,79
Лог на урочище Когашик . . . . .	14/III	0,01
Дальний такыр у озера М. Камкалы . . .	16/III	1,10
Такыр на урочище Когашик . . . . .	1/IV	1,06
Малый такыр у озера М. Камкалы . . .	25/IV	2,60
Большой такыр у озера М. Камкалы . . .	25/IV	2,30
Дальний такыр у озера М. Камкалы . . .	25/IV	3,48

Большое внимание при использовании такырного стока должно быть уделено очистке воды. Б. В. Константиновым предложен метод очистки с помощью коагулятора — сернокислого алюминия, который при испытаниях дал неплохие результаты.

Что касается режима поверхностных источников Сары-Арка — северной и северо-восточной окраины территории комплекса, то в настоящей статье характеристику их мы не приводим, так как последняя приводится в целом ряде работ казахстанских исследователей (Беркалиев З. Т. и Шергина К. Б. «Реки равнинного Казахстана», Усов Д. А. «Водные ресурсы Карагандинской области» и др.).

На наш взгляд, характеристика поверхностного стока пустыни Бетпак-Дала была бы неполной, если не оценить хотя бы приближенно водные ресурсы этой важной для дальнейшего развития животноводства территории.

Оценку ресурсов поверхностных вод мы произвели двумя методами: по карте изолиний запасов воды в снеге и по осадкам за холодный период года.

Произведенный подсчет определил ресурсы поверхностных вод территории Сары-Арка в 450—500 млн. м<sup>3</sup>, из которых можно использовать до 80 млн. м<sup>3</sup> (в расчете на год 75% обеспеченности).

Суммарный объем поверхностных вод пустыни Бетпак-Дала составляет 226 млн. м<sup>3</sup>, однако реально при надлежащей организации сбора и сохранения вод для нужд животноводства можно использовать аккумулированные в такырах и водоемах, построенных на временных водотоках, воды объемом 23—30 млн. м<sup>3</sup> в средней по водности год.

При годовой потребности в 3—4 млн. м<sup>3</sup> воды (по данным отдела обводнения Института водного хозяйства), водные ре-



сурсы такыров и временных водотоков при их благоприятной рассредоточенности по территории пустыни могут обеспечить водой растущее поголовье. Однако временный характер этих водоисточников не позволяет полагаться на них. В естественном состоянии они не могут служить надежными источниками водоснабжения скота.

В целях гарантированного использования такырных вод для обводнения пустыни необходимо многолетнее регулирование стока путем создания у каждого такыра копани-водоема, в котором можно сохранить значительный объем талых снеговых и ливневых вод.

### ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Сведения о подземных водах территории, включенной в Бетпак-Далинский комплекс сезонных пастбищ, разбросаны в литературных и фондовых материалах, охватывающих период примерно с двадцатых годов нашего столетия. Они собирались в разное время различными экспедициями и отдельными исследователями, имевшими не только различную техническую оснащенность, но и различные цели. Поэтому систематизация их и оценка Институтом водного хозяйства КазАСХН сопровождалась гидрогеологическим и водохозяйственным обследованиями, проведенными специальными отрядами летом 1957 и 1958 годов. Описание подземных вод территории, составленное по результатам этих работ, приводится в форме гидрогеологического районирования и иллюстрируется схематической картой (рис. 4).

Следует отметить, что составление даже схематического гидрогеологического районирования такой огромной территории представляет большие трудности в связи с многообразием геологических, геоморфологических, гидрогеологических и климатических условий, а также тем, что в гидрогеологическом отношении территория изучена исключительно неравномерно.

При выделении гидрогеологических районов и подрайонов в основу были положены геоморфологические особенности поверхности и особенности геологического строения отдельных частей территории. При этом геоморфологические особенности, проявляющиеся однозначно на больших регионах не только в характере рельефа, но и в формировании местных особенностей гидрогеологических условий, рассматривались как определяющий фактор. Особенности же геологического строения и литологического состава горных пород, как факторы, проявляющиеся однозначно в особенностях гидрогеологических условий на меньших территориях, рассматривались как определяющие при выделении гидрогеологических под-

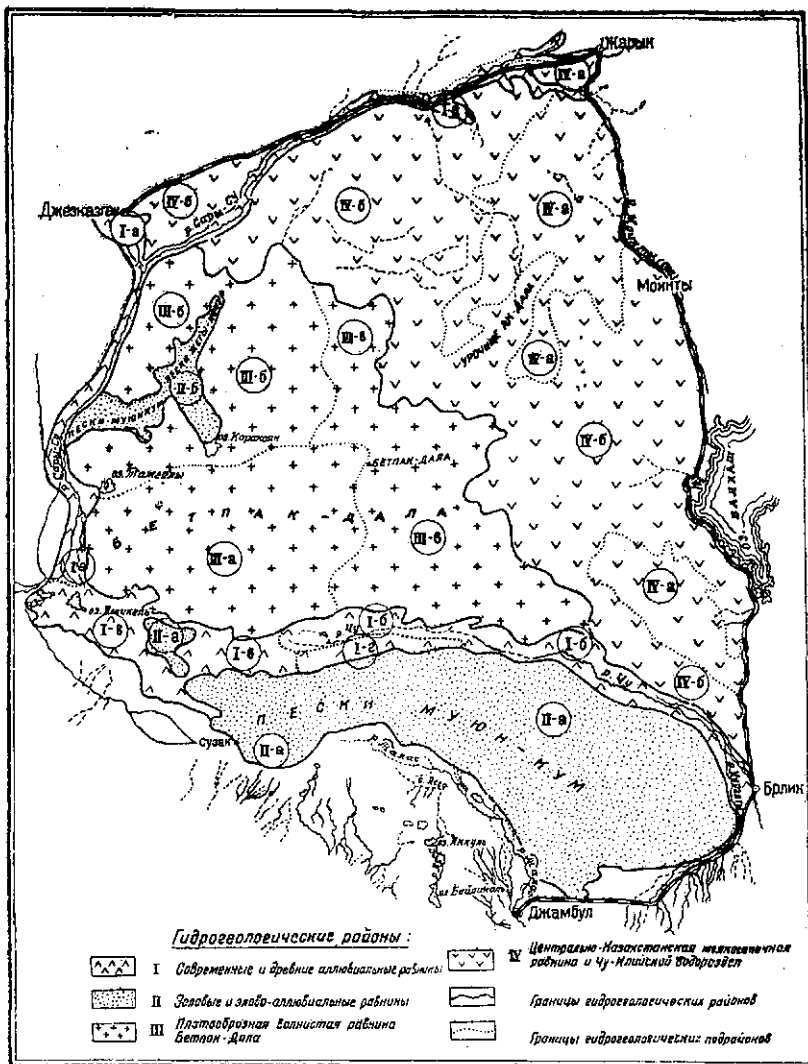


Рис. 4. Схематическая карта гидрогеологического районирования территории Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ.  
Гидрогеологические подрайоны:

1. а) Долина реки Сары-Су; 1 б) — Долина реки Чу; 1 в) — Древние континентальные дельты рек Сары-Су и Чу; 1 г) — Древняя эрозивно-аллювиальная равнина; II а) — Песчаный массив Моюн-Кумы; II б) — Песчаные массивы лесобережья реки Сары-Су; III а) — Волнистое плато Бетпак-Дала; III б) — Столово-останцовая глинистая равнина; III в) — Бетпак-Далинский равнинный мелкосопочник; IV б) — Равнинный мелкосопочник.

районов. Учитывались также и климатические особенности территории, выделяемой в тот или иной район или подрайон.

На основании этих положений описываемая территория разделена на четыре гидрогеологических района:

- I. Современные и древние аллювиальные равнины;
- II. Эоловые и аллювиально-эоловые равнины;
- III. Платообразная волнистая равнина Бетпак-Дала,
- IV. Центрально-Казахстанская мелкосопочная равнина и Чу-Илийский водораздел.

Внутри этих огромных регионов выделяются более мелкие, но обычно довольно обширные по площади гидрогеологические подрайоны, на территории которых основные закономерности формирования и распределения подземных вод можно считать относительно однообразными.

### I. Современные и древние аллювиальные равнины

В первый гидрогеологический район включены территории, поверхность которых создана деятельностью современных и древних аллювиальных потоков. Отнести к одному гидрогеологическому району эти огромные территории позволили относительная однотипность рельефа их поверхности, генезиса и характера распространенных в их пределах геологических образований, а следовательно, и относительная однотипность условий питания и циркуляции подземных вод. Внутри этого гидрогеологического района выделены четыре гидрогеологических подрайона, различающиеся конкретными гидрогеологическими особенностями.

I-а. Подземные воды долины реки Сары-Су. Долина реки Сары-Су протягивается вдоль западной и северной границ описываемой территории. В нижнем течении она представляет широкое (до нескольких десятков километров) слабовыраженное в рельефе плоское понижение, внутри которого имеется масса сухих протоков, стариц, рытвин, и водомоин. Вверх по течению долина приобретает более ясные очертания, становится уже и в пределах мелкосопочника приобретает в общем четковидный характер, свойственный большинству долин рек Центрального Казахстана.

В рельефе нижней части долины террасы выражены неясно. Выше же по течению прослеживается четыре ясно выраженных террасы, из которых первые три являются аккумулятивными, а четвертая — эрозионная, представляющая коренной борт долины. Аккумулятивные террасы сложены различными песками, супесями и суглинками серого и желтова-

то-серого цвета, чередующимися между собой и переслаивающимися с гравийно-галечниковыми отложениями. Мощность этих отложений достигает 20—30 м.

Все эти отложения являются водоносными, причем заключенные в них воды представляют единый водоносный горизонт. Основное питание его осуществляется за счет инфильтрации вод реки Сары-Су, которая во время весенних половодий разливается на огромные территории. В остальное время река на большей части своей длины не имеет постоянного водотока. В связи с этим в течение года очень заметно изменяется глубина залегания вод и их качество. В общем же глубина залегания грунтовых вод увеличивается по мере удаления от русла и перехода от молодых террас к более древним. Так, в пределах поймы и первой надпойменной террасы уровень грунтовых вод лежит на глубинах от 2 до 4 м и редко доходит до 5—6 м, а в пределах третьей террасы — на глубинах до 9—10 м, но чаще вскрывается на глубине 7—8 м.

Водообильность аллювиальных отложений на разных участках различна. Удельный дебит\* шурфов и скважин, вскрывающих воду в отложениях поймы и первой надпойменной террасы в низовьях, находится в пределах от 0,16 до 0,47 л/сек, а в северных частях — от 1,4 до 1,6 л/сек. Скважины и колодцы, заложенные в пределах второй надпойменной террасы, давали удельный дебит от 0,004 до 2,2 л/сек, а заложенные в пределах третьей — от 0,001 до 0,25 л/сек.

Качество вод аллювиальных отложений исключительно разнообразное и изменчиво во времени. Минерализация их весной бывает наименьшей, но к осени она постепенно увеличивается, причем это увеличение происходит на различных участках различными темпами, в результате чего создается очень пестрая картина. Наименее минерализованными являются воды поймы и первой надпойменной террасы. Наиболее часто здесь встречаются воды с плотным остатком от 1,1 до 3,5 г/л. Минерализация вод второй террасы изменяется в пределах от 1,47 до 44,8 г/л, а на территории третьей террасы воды преимущественно солоноватые и соленые.

Минерализация воды уменьшается на северных участках долины и особенно в ее верховьях.

Следует также отметить, что в низовьях долина врежется в песчано-глинистые и песчано-гравелистые верхнемеловые отложения, содержащие пресную воду. Верхнемеловые отложения здесь имеют падение на юг. По мере движения к дель-

\* Удельный дебит — дебит шурфов и скважин, приходящийся на 1 м понижения уровня во время откачки воды из них.

те реки они погружаются под третичные, преимущественно глинистые отложения, и заключенные в них воды приобретают напорный характер. В пределах долины реки Сары-Су воды эти вскрыты несколькими скважинами, которые дали пресную напорную или самоизливающуюся воду с удельным дебитом от 0,02 до 12,5 л/сек.

Воды аллювиальных отложений долины реки Сары-Су широко используются местным населением для удовлетворения хозяйственно-бытовых нужд. Вскрываются они неглубокими (до 10 м) колодцами. Для местного населения этих вод по количеству вполне достаточно, но значительные трудности возникают при отыскании участков, имеющих пресные или слабосолоноватые воды. Воды верхнемеловых отложений распространены в низовьях долины. Они залегают на глубине от нескольких до 100 м и легко могут быть вскрыты скважинами, дебит которых обычно значительный.

1-б. Подземные воды долины реки Чу. Река Чу пересекает описываемый район в средней его части. Ниже поселка Фурмановка она не принимает притоков, долина ее расширяется, образуя обширные (до 20—30 км шириной) заболоченные участки Фурмановских, Гуляевских, Камкалинских и Текейских разливов, которые могут рассматриваться как своеобразные внутриваловые дельты.

В долине имеется две террасы — пойма и первая надпойменная. Наиболее широко развита и выдерживается вдоль всей долины пойменная терраса.

Террасы сложены песками, супесями и суглинками, подстилаемыми гравелисто-галечными и валунно-галечными отложениями. По мере движения вниз по течению гранулометрический состав слагающих террасы пород изменяется. Породы становятся мелкозернистыми, пылеватыми, иловатыми и глинистыми. В нижнем течении исчезают галечники, переходя в гравелистые или крупнозернистые пески.

Породы, слагающие террасы, водоносны. Вода вскрывается колодцами и скважинами на глубинах от 1 до 10 м. Глубина залегания уровня грунтовых вод увеличивается по мере удаления от русла реки или озер и болот разливов. Глубина залегания грунтовых вод увеличивается по мере движения вдоль долины на запад от Камкалинских разливов.

Дебит колодцев и скважин из гравелисто-галечных отложений достигает 4—5 л/сек, а из песков редко превышает 0,5—1,0 л/сек. В общем можно сказать, что дебит колодцев и скважин, эксплуатирующих эти воды, уменьшается по мере движения вниз по течению реки.

Воды аллювиальных отложений долины пополняются за счет инфильтрации поверхностных вод реки Чу и минерализация их обычно не превышает 1 г/л. Однако по мере удаления от русла реки минерализация увеличивается и достигает 3 г/л. В нижней части долины, где река теряется в системах мелких протоков и озер, появляются участки с более высокоминерализованными водами. Еще западнее, куда воды современной реки Чу достигают только в многоводные годы, солоноватые и соленые грунтовые воды начинают преобладать над пресными.

Воды аллювиальных отложений долины реки Чу широко используются местным населением, которое эксплуатирует их шахтными колодцами, а в последнее время и скважинами.

I-в. Подземные воды территории древних континентальных дельт рек Чу и Сары-Су. Древние континентальные дельты рек Чу и Сары-Су лежат западнее современной долины реки Чу, начинаясь примерно от 69°30' в. д. Рельеф территории представляет довольно сложное сочетание положительных и отрицательных форм, созданных эрозионно-аккумулятивными, аллювиальными и дефляционными процессами. Озерные впадины, межрядовые понижения и дефляционные котловины здесь часто заняты солончаками, сорами или озерами преимущественно солеными.

Аллювиальные и озерно-аллювиальные отложения здесь представлены серыми тонкозернистыми часто пылеватыми песками, супесями, суглинками и глинами, очень сильно засоленными. На небольшой глубине они подстилаются водоупорными третичными глинами с маломощными прослоями песков, песчаников и мергелей.

Аллювиальные отложения почти повсеместно водоносны. Среди третичных отложений водоносными являются прослойки песков, песчаников и мергелей. Водоносными также являются и залегающие на глубине 200—300 м верхнемеловые отложения, представленные тонкозернистыми и разномзернистыми, иногда гравелистыми песками сенона и сеномана.

Грунтовые воды, связанные с аллювиальными отложениями, обычно лежат на глубине 3—5, реже 7—10 м. Питание их осуществляется за счет атмосферных осадков, фильтрации воды рек Сары-Су и Чу, поступающей сюда в наиболее многоводные годы, и, по-видимому, за счет притока вод из более глубоких водоносных горизонтов и подтока грунтовых вод с территории песчаного массива Муюн-Кумы. Такие условия питания и залегания грунтовых вод приводят к тому, что в большинстве случаев они являются малоприспособными для удовлетворения хозяйственно-бытовых нужд. Менее минерализованы

эти воды только на отдельных участках, где они пополняются за счет притока вод из верхнемеловых отложений или же на участках, куда чаще поступают воды разливов рек Сары-Су и Чу.

Вскрываются и эксплуатируются они неглубокими колодцами, дебит которых измеряется сотыми долями литра в секунду. Более глубокие колодцы рекомендуется делать на тех участках, где грунтовые воды пополняются за счет притока пресных вод из нижележащих водоносных горизонтов.

Подземные воды, связанные с третичными и верхнемеловыми отложениями, лежат на более значительных глубинах. Глубина залегания первых обычно превышает 10—20 м, а вторые залегают на глубине 200—300 м. Воды эти напорные и очень часто самоизливающиеся. При благоприятных геологических условиях они выходят в виде восходящих источников — «тма», пробиваясь сквозь толщу третичных глин.

Питание этих вод осуществляется за счет поступления атмосферных осадков и трещинных вод из палеозойских пород на северо-восточном склоне хребта Кара-Тау, где третичные и меловые породы или выходят на дневную поверхность, или имеют контакт с палеозойскими породами. По мнению некоторых исследований (Алещенко А. Т. и др.), питание этих водоносных горизонтов происходит и в нижнем течении реки Сары-Су, где ее аллювий лежит непосредственно на верхнемеловых и третичных породах.

Воды третичных отложений в большинстве случаев являются слабосоленоватыми с плотным остатком до 3 и редко — 5 г/л. Плотный остаток вод верхнемеловых отложений обычно не превышает 1,5—2,0 г/л.

В последние годы на территории низовьев рек Сары-Су и Чу пробурено и бурится несколько глубоких скважин, вскрывших воды верхнемеловых отложений на глубине 200 м (сенон) и более (сеноман). Как правило, воды эти самоизливающиеся, пресные или слабосоленоватые, но иногда встречаются и воды с повышенной минерализацией, достигающей 3—4 г/л. Последнее обстоятельство заставляет учитывать возможность получения воды ограниченно годной или совсем не пригодной для использования в сельском хозяйстве. Дебит этих скважин при самоизливе может быть большим — до 5 л/сек и более, но может быть и очень маленьким — 0,1—0,2 л/сек.

I—г. Подземные воды территории древней эрозионно-аллювиальной равнины реки Чу. Этот гидрогеологический подрайон представляет узкую (до 20—30 км) полосу, расположенную между современной долиной реки Чу и песчаным массивом Муюн-Кумы на участке

от  $69^{\circ}30'$  до  $71^{\circ}10'$  восточной долготы. Территория его представляет увалисто-волнистую равнину с огромным количеством пологих понижений, вытянутых в большинстве случаев в широтном направлении. Эти понижения созданы эрозионной деятельностью реки Чу в засоленных глинисто-песчанистых отложениях третичного и мелового возраста и в последующее время в результате развевания превращены в цепочки бессточных впадин с солончаками и сорами на наиболее пониженных участках.

Растительность здесь преимущественно травянистая и довольно скудная. В западной части территории подрайона некоторое оживление в ландшафт вносят ярко-зеленые пятна тростника, отмечающие выходы пресных источников,носящих местное название «тма» (рис. 5). В восточной части под-

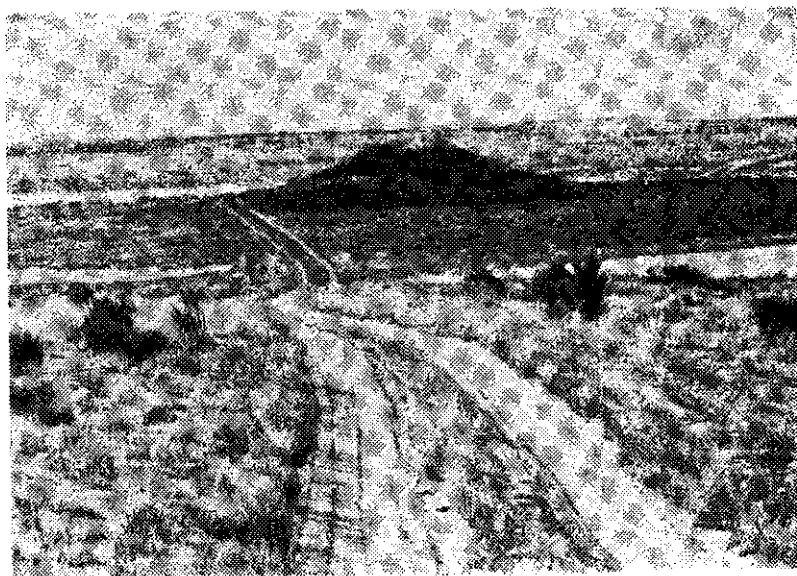


Рис. 5. Восходящий источник «тма» из верхнемеловых отложений в районе оз. Большие Камкалы.

района рельеф более равнинный, а во впадинах вместо соров располагаются солончаки. Современная долина реки Чу здесь врезана в коренные отложения третичного и верхнемелового возраста и имеет четыре надпойменных террасы. Нижняя из них — первая надпойменная, является аккумулятивной, а остальные — эрозионными.

На территории подрайона распространены породы неогенового, палеогенового и верхнемелового возраста. Первые из них представлены буровато-серыми и красно-бурыми песками, су-



песьями и суглинками с гравием. Распространены они в восточной окраине — в районе озера Джаланаш.

В средней части территория подрайона сложена палеогеновыми отложениями, представленными красно-бурыми суглинками и глинами с отдельными прослоями разнозернистых и гравелистых песков. Отложения эти засолены и на их поверхности в понижениях широко распространены солончаки и соры. В западной половине подрайона на поверхности наиболее широким распространением пользуются породы верхнемелового возраста. Они представлены красно-бурыми, красными, вишнево-красными и зелеными сильнозасоленными глинами с прослоями зеленовато-серых, тонкозернистых, иногда гравелистых песков. На этой территории только вершины наиболее высоких возвышенностей сложены палеогеновыми гравелистыми песками. Мощность третично-меловых отложений для территории подрайона неизвестна.

Хочется отметить, что территория этого гидрогеологического подрайона пересекает вкrest простирания восточное крыло пологого антиклиналеобразного поднятия, простирание которого может быть принято близким к меридиональному (с ССВ на ЮЮЗ). В ядре этого поднятия выходят верхнемеловые отложения. При движении на восток они последовательно сменяются палеогеновыми и неогеновыми отложениями. Антецедентный характер долины реки Чу здесь указывает на наличие новейших поднятий, произошедших в четвертичное время.

На территории этого подрайона наиболее широко распространены напорные воды, хотя имеются и грунтовые. Последние приурочены к делювиально-пролювиальным и элювиальным отложениям или к разнозернистым кварцевым пескам палеогенового возраста. Распространены они в виде отдельных участков. Количество и качество их таковы, что в большинстве случаев они не могут являться источником водоснабжения животноводства.

Напорные воды образуют два водоносных горизонта, приуроченные к верхнемеловым отложениям. Первый из них связан с прослоями охристых песков в толще красно-бурых глин. Залегают они на глубине до 20—30 м и дают самоизлив. Воды его имеют минерализацию преимущественно выше 50 г/л и только на отдельных участках она снижается до 2—3 г/л. По-видимому, выклиниванием грунтовых вод и вод этого горизонта возможно объяснить наличие значительного количества соев на этой территории.

Второй горизонт приурочен к зеленовато-серым пескам с галькой или к рыхлым галечным конгломератам. Залегают они на глубинах более 50 м, но воды его довольно часто выходят

на дневную поверхность, образуя восходящие источники — «тма». Располагаются эти источники как в понижениях, так и на их склонах и даже на вершинах возвышенностей. В месте выхода источника образуется бугор, высотой до 4—6 м, покрытый ярко-зеленым тростником (рис. 5). На вершине этого бугра располагается выход самого источника, представляющий небольшое болото с выбивающимися на его дне восходящими струями. Вся вода, выходящая этими струйками, полностью расходуется на испарение и транспирацию растительностью, покрывающей склоны бугра.

Расходы источников «тма» небольшие, так как бугор около их выхода растет до тех пор, пока приток воды в болотце не уменьшится настолько, что будет уравниваться расходом ее на испарение и транспирацию.

Вода в таких источниках пресная или слабосоленоватая, но в большинстве случаев вполне пригодная для водоснабжения животноводства. Общая минерализация ее в отдельных случаях достигает 5 г/л, но обычно она находится в пределах до 1,5 г/л. Местное население каптирует их шахтными колодцами, закладываемыми на вершине бугра источника. При откачке из них дебит источника значительно увеличивается и достигает нескольких десятых долей литра в секунду.

Второй водоносный горизонт здесь является наиболее водообильным и перспективным источником водоснабжения. Он вскрыт несколькими скважинами на совхозных фермах и дал в большинстве случаев пресные самоизливающиеся воды с дебитом до нескольких литров, а иногда и более десяти литров в секунду.

## II. Эоловые и эолово-аллювиальные равнины

В этот гидрогеологический район включена огромная территория песчаного массива Муюн-Кумы на юге и несколько более мелких песчаных массивов, расположенных восточнее долины реки Сары-Су в пределах северо-западной части пустыни Бетпак-Дала. Включение этих территорий в один гидрогеологический район обуславливается однотипностью устройства их поверхности, что в свою очередь определяется широким развитием в их пределах песчаных отложений. Однако особенности геологического строения и гидрогеологических условий позволяют выделить в пределах этого гидрогеологического района два самостоятельных подрайона.

II—а. Подземные воды песчаного массива Муюн-Кумы. Песчаный массив Муюн-Кумы располагается в южной части описываемой территории.

Рельеф этой огромной территории типично эоловый. При

детальном его изучении У. М. Ахмедсафин выделил здесь три типа равнин, которые он рассматривает как террасы Чу-Таласской древнеаллювиальной равнины. В последующее время поверхность этих террас подверглась интенсивной эоловой переработке и в зависимости от продолжительности этого воздействия на каждой террасе был создан свой тип эолового рельефа.

Нижняя наиболее молодая терраса называется равнинной, так как поверхность ее имеет однообразный равнинный характер, изредка нарушаемый отдельными буграми и грядами, высота которых в среднем не превышает 3—5 м. Эта терраса занимает огромную площадь, оконтуривая песчаный массив с северо-востока и юго-запада.

Следующая, более древняя — чуротная терраса распространена в восточной части песчаного массива. Характерными формами рельефа ее являются широкие вытянутые понижения — чуроты, разделенные участками грядовых и бугристых грядовых песков. Чуроты напоминают речные долины, на дне которых имеются небольшие озера и участки зарослей камыша.

И, наконец, верхняя террасовая поверхность распространена в центральной части западной половины Муюн-Кумов, начиная примерно с 71°30' в. д.

Одинаковый возраст и аналогичный рельеф имеет территория юго-восточного окончания песчаного массива Муюн-Кумы, называемая местным населением «Чуль» (безводье). Поверхность обоих участков верхней террасы характеризуется широким развитием крупногрядового рельефа. Песчаные гряды здесь достигают высоты 40—50 м, а длина их и межгрядовых понижений — 3—5 км.

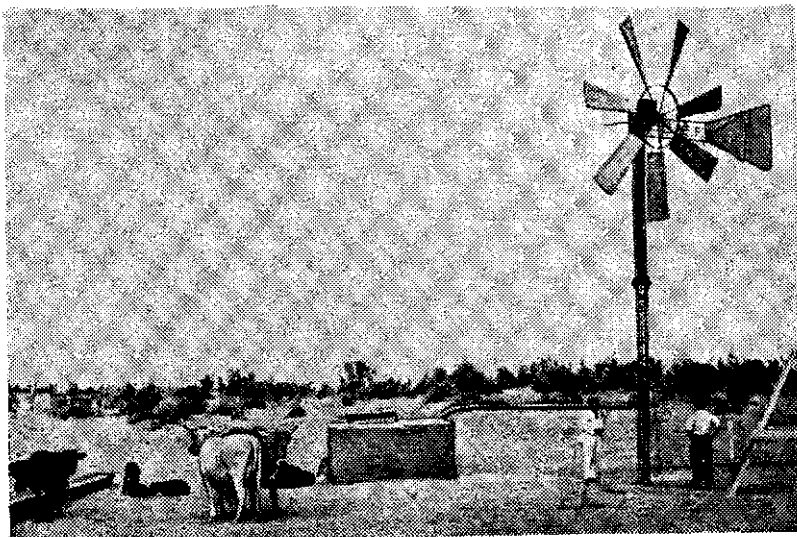
Вся огромная территория Муюн-Кумов сложена мелкозернистыми, преимущественно довольно хорошо отсортированными песками. Мощность этих отложений на отдельных участках превышает 193 м, но обычно она находится в пределах первой сотни метров. Подстилаются они третичными, преимущественно глинистыми отложениями, которые являются для них водоупорным ложем.

В связи с тем, что поверхность Муюн-Кумов сложена слабо закрепленными песчаными отложениями, на всей их территории имеются грунтовые воды, формирующиеся преимущественно за счет инфильтрации атмосферных осадков. Глубина залегания их определяется глубиной расчленения песчаного рельефа и гипсометрическим положением. В соответствии с этим на территории верхней террасы (урочище Чуль и центральная часть Муюн-Кумов) грунтовые воды залегают на глубине 20—50 м в межгрядовых понижениях и 40—80 м —

под грядками. На территории чуротной террасы они лежат на глубине до 5 м в пределах самих чуротов и до 10—15 м — под песчаными грядками и буграми. На равнинной террасе грунтовые воды лежат на глубине 10—20 м. Таким образом, на территории песчаного массива Муюн-Кумы глубина залегания грунтовых вод в общем увеличивается по мере продвижения к северо-западной их оконечности и к центральной его части. Также глубоко лежат грунтовые воды и в юго-восточной его оконечности — в урочище Чуль.

Минерализация грунтовых вод территории Муюн-Кумов в общем довольно пестрая. Однако на всей этой территории достаточно ясно выявляется закономерное распределение преобладающей минерализации их, которое выражается в постепенном ее нарастании по мере продвижения с юго-востока на северо-запад массива. На территории урочища Чуль преобладают пресные грунтовые воды с плотным остатком до 1 г/л; в центральной части массива — воды с плотным остатком от 1 до 3 г/л; в северо-западной оконечности массива — от 3 до 10 г/л и в самом крайнем западном его окончании, на территории, прилегающей к древним дельтам рек Сары-Су и Чу, — от 10 до 200 г/л.

Грунтовые воды на всей территории массива вскрываются массой скважин и колодцев и эксплуатируются местным населением для водоснабжения животноводческих ферм (рис. 6).



4 Рис. 6. Каптаж грунтовых вод скважиной, оборудованной ветродвигателем и резервуаром (центральная часть Муюн-Кумов).

Дебит этих колодцев обычно не превышает 1 л/сек, но скважины могут дать больше воды за счет вскрытия большей мощности водоносного горизонта.

О наличии более глубоких водоносных горизонтов на территории массива Муюн-Кумы сведений пока не имеется. Есть основание предполагать наличие на отдельных участках напорных вод, связанных с верхнемеловыми отложениями и прослоями песков, песчаников и мергелей в толще третичных глин.

И—б. Подземные воды песчаных массивов левобережья реки Сары-Су. Песчаные массивы левобережья реки Сары-Су: Муюн-Кум, Самен-Кум, Каракоин, Жетыкониыр и другие более мелкие располагаются в обширных эрозионно-денудационных впадинах. На фоне общего геологического строения этой части Бетпак-Далы перечисленные песчаные массивы являются довольно экзотическим явлением, генезис которого долго оставался недостаточно ясным. Работами последних лет установлено, что эти массивы являются переветными аллювиальными отложениями четвертичного, а возможно частично и неогенового возраста.

Верхняя часть их сложена серовато-желтыми и коричнево-серыми мелкозернистыми эоловыми песками. Поверхность их бугристо-грядовая, слабо закрепленная с отдельными участками незакрепленных песков. Мощность эоловых песков обычно равна 5—10 м, но иногда она достигает 20 м. Ниже эоловые пески постепенно переходят в разнозернистые и гравелистые пески явно аллювиального происхождения. Мощность и этих отложений также колеблется в пределах до 10 м и редко до 20 м. Подстилаются они третичными и меловыми глинами, а на отдельных участках и карбоновыми жесткими отложениями.

Эоловые и аллювиальные отложения здесь повсеместно водоносны. Грунтовые воды в них образуют единый водоносный горизонт, залегающий на глубинах от 0,5 до 5 и редко до 10 м. Пополнение запасов его осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков. Колодцами эти воды вскрываются как в эоловых, так и в аллювиальных отложениях.

Минерализация вод изменяется от 0,2 до 28,8 г/л, но преобладают воды пресные и солоноватые. Пресные воды чаще встречаются в эоловых отложениях, особенно на участках незакрепленных развееваемых песков. Минерализация грунтовых вод в аллювиальных отложениях в общем более высокая, однако и в них пресные и солоноватые воды преобладают.

Удельные дебиты колодцев редко превышают 0,3 л/сек, но

колодцы, заложенные в аллювиальных отложениях, обычно имеют более высокий дебит. Местным населением эти воды широко используются для водоснабжения животноводческих ферм.

Конкретные сведения о более глубоких водоносных горизонтах на территории этих песчаных массивов отсутствуют. По общим соображениям можно сказать, что здесь могут быть встречены на глубине до 50—60 м воды в верхнемеловых отложениях. Воды эти напорные, часто пресные или солоноватые.

Наиболее перспективным водоносным горизонтом для территории этого гидрогеологического подрайона следует считать грунтовые воды в эоловых и аллювиальных отложениях.

### III Платообразная волнистая равнина Бетпак-Дала

Волнистая равнина Бетпак-Дала занимает огромную площадь в центре описываемой территории. С юга и запада она ограничивается долинами рек Чу и Сары-Су, в которые обрывается довольно резким уступом — чинком, достигающим на отдельных участках высоты 60—80 м. На севере и востоке она постепенно переходит в равнинный мелкосопочник южного склона Сары-Арка. Такие западные и южные границы создают впечатление приподнятости и придают ей платообразный характер.

Поверхность района представляет слабо волнистую равнину с довольно большим количеством пологих древних ложбин стока, эрозионно-диффузионных, а возможно и тектонических впадин и невысоких сопок с мягкими очертаниями. Однако на такой огромной и довольно однообразной территории имеются участки, различающиеся по своим геоморфологическим, геологическим, а следовательно, и гидрогеологическим условиям настолько заметно, что позволяют выделить внутри этого гидрогеологического района три самостоятельных гидрогеологических подрайона:

III—а. Подземные воды территории собственно волнистого плато Бетпак-Дала. В пределы этого гидрогеологического подрайона включена юго-западная часть территории Бетпак-Далы, названная Д. И. Яковлевым «Восточной Бетпак-Далой». Именно эту часть огромной территории Бетпак-Далы с наибольшим основанием можно назвать плато, так как она с трех сторон (юга, запада и севера) ограничена крутыми эрозионными уступами-чинками.

Поверхность плато представляет собой волнистую равнину, расчлененную пологими ложбинами древнего стока, направленными преимущественно с севера на юг. Глубина этих ложбин достигает 15—20 м, а ширина — 5—10 км. В настоя-

щее время характер многих из них в значительной степени изменен дефляционными процессами и они часто превращены в бессточные впадины с обширными сорами или такырами. Кроме резко выраженных огромных ложбин — впадин, на поверхности плато имеются и пологие слабо выраженные понижения, границы которых трудно улавливаются глазом. В наиболее пониженных частях и этих понижений часто имеются такыры или участки с такырообразной поверхностью, на которых собираются талые и ливневые воды (рис. 1).

На поверхности здесь лежат неогеновые отложения, представленные переслаивающимися между собой суглинками, мелко-средне- и крупнозернистыми песками с линзами желто-серых и красных глин и бурых гравелистых песчаников. Мощность этих отложений достигает 31 м. Ниже лежат отложения палеогенового возраста, представленные преимущественно глинами красновато-коричневого и зеленовато-серого цвета с редкими прослоями мергеля и зеленоватого песка. Самый нижний горизонт палеогеновых отложений — палеоцен — распространен не повсеместно. Представлен он кварцево-глауконитовыми зеленовато-серыми песками с прослоями грубопесчаных фосфоритов.

Третичные отложения подстилаются верхнемеловыми. Последние выходят на дневную поверхность северо-западнее описываемого подрайона в долине реки Сары-Су и вдоль восточной его границы, где они выполняют понижения поверхности палеозойских отложений. На обоих участках видно, что верхнемеловые отложения погружаются и уходят под третичные.

В пределах Бетпак-Далы верхнемеловые отложения представлены преимущественно глинистыми толщами с прослоями песков. В долине реки Сары-Су сенонские пески выходят на дневную поверхность и на отдельных участках подстилают современный аллювий.

Третичные и меловые породы здесь имеют общее пологое падение на юг и юго-запад в сторону Чу-Сарысуйской депрессии. Хотя на общем фоне пологого падения их и выделяются пологие же куполовидные и валообразные поднятия, но по имеющимся на сегодня материалам, роль этих локальных поднятий в формировании и накоплении подземных вод не достаточно ясна.

Наиболее широким, но не повсеместным распространением на площади этого гидрогеологического подрайона пользуются грунтовые воды, связанные с неогеновыми песчано-глинистыми отложениями. Эти воды питаются за счет инфильтрации местных атмосферных осадков. Несмотря на то, что большая часть осадков (до 80%) выпадает здесь в холодную половину года, условия питания за их счет подземных вод не очень бла-

гоприятны, так как супеси и суглинки, слагающие большую часть поверхности плато, обладают невысокой водопроницаемостью. Так, например, нам пришлось наблюдать (18 июля 1958 года) сильный дождь, во время которого в течение 30—40 минут выпало около 6—7 мм осадков. После этого дождя в микропонижениях поверхности образовались почти сплошные лужицы, которые на супесчано-суглинистой почве просуществовали около суток. Там же, где поверхность сложена грубозернистыми, менее глинистыми отложениями, через 14—16 часов (включая ночь) лужиц уже не было.

Важную, но, на наш взгляд, отрицательную роль в формировании грунтовых вод здесь играют и густые заросли низкорослого кустарника — боялыча, которые покрывают почти сплошным покровом всю поверхность плато (рис. 7). Нали-

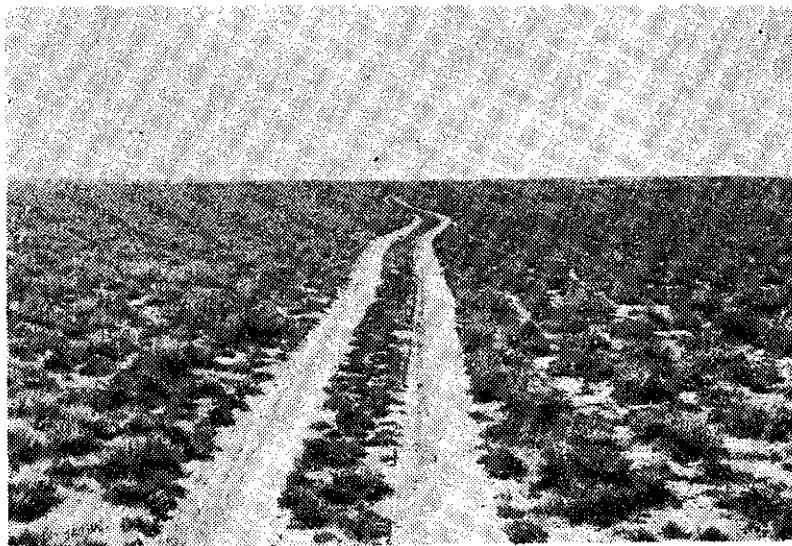


Рис. 7. Сплошной покров боялыча на поверхности Бетпак-Дала, уменьшающий поверхностный и подземный сток.

чие такого покрова растительности почти полностью задерживает зимние атмосферные осадки, препятствует сдуванию их ветром в понижения и обуславливает равномерное распределение по поверхности. Последнее, в свою очередь, затрудняет формирование заметных запасов подземных вод на отдельных участках, так как распределение их тонким слоем на огромной площади приводит к быстрому испарению. Наиболее благоприятные условия питания подземных вод



наблюдаются в понижениях и водомоинах, расположенных по склонам ложбин, где за зимний период ветром надувается несколько большее количество снега. Именно в таких местах наиболее часто встречаются участки пресных или солоноватых, но пригодных для водопоя скота, грунтовых вод.

Небольшое количество атмосферных осадков и неблагоприятные условия их инфильтрации приводят к тому, что мощность горизонта грунтовых вод в неогеновых отложениях обычно небольшая, а на значительной площади он отсутствует. Наибольшая мощность его наблюдается на участках с более благоприятными условиями инфильтрации атмосферных осадков, особенно если они совпадают с участками понижения водоупорного ложа — поверхности палеогеновых глин.

Воды эти преимущественно повышенно минерализованные, но часто формируются линзы или небольшие участки пресных и слабо солоноватых вод, вполне пригодных для водоснабжения животноводческих ферм. Следует отметить, что наличие участков и линз пригодных к употреблению грунтовых вод — явление не так частое и при строительстве новых колодцев такие участки требуется довольно кропотливо отыскивать.

Эксплуатируется этот горизонт колодцами глубиной от 2—5 до 20 м. Дебиты колодцев обычно измеряются десятками долями литра в секунду, но могут быть и более значительными, что определяется гранулометрическим составом водоносного горизонта на отдельных участках.

Запасы пресных и солоноватых вод ограниченные. Мощность линз пресных вод также незначительна, что необходимо учитывать при строительстве и эксплуатации колодцев. Последние нужно устраивать так, чтобы не вскрывать и не подсасывать нижние более высокоминерализованные слои.

Пресные и солоноватые воды иногда встречаются в палеоценовых глауконитовых песках. Этот водоносный горизонт питается за счет вод подстилающих их сенонских отложений и поэтому везде, где палеоценовые отложения перекрыты олигоценовыми глинами, связанные с ними воды являются напорными.

Верхнемеловые сенонские и сеноманские песчано-гравелистые отложения часто оказываются водоносными. Заключение в них воды обычно пресные или слабоминерализованные (плотный остаток от 0,7 до 2—3 г/л и редко до 5—6 г/л). Воды являются напорными, часто с самоизливом.

Буровыми работами 1958 года в западной половине плато Бетпак-Дала эти воды вскрыты на глубинах до 400 м. При этом установлено, что к северу от долины реки Чу и к востоку от долины реки Сары-Су напор их уменьшается и, примерно, восточнее 69 меридиана в центральной части плато скважи-

ны самоизлива не дают. Скважина, пробуренная в центральной части плато, несколько восточнее меридиана  $69^{\circ}30'$ , показала отсутствие подземных вод в верхнемеловых отложениях, что позволяет судить о восточной границе их распространения.

Водоносные горизонты в верхнемеловых отложениях питаются за счет притока вод из северо-восточных предгорий хребта Кара-Тау, а также и за счет фильтрации паводковых вод рек Сары-Су, аллювий которых на отдельных участках лежит непосредственно на сенокских песках. Дебиты самоизливающихся скважин, вскрывших напорные воды верхнемеловых отложений, варьируют от долей литра до нескольких десятков литров в секунду.

III — б. Подземные воды территории столово-останцовой глинистой равнины. Этот гидрогеологический подрайон охватывает территорию, расположенную в северо-западном углу Бетпак-Далы.

В геоморфологическом отношении поверхность его представляет равнину, расположенную внутри обширной эрозионной и тектонической впадины. Наиболее пониженные участки ее заняты песчаными массивами, а бессточные западины — солончаками, сорами и солеными озерами. Возвышенности имеют плоские вершины и являются эрозионными и дефляционными останцами древней поверхности выравнивания, идентичной с современной поверхностью плато Бетпак-Дала. Песчаные массивы являются останцами древнечетвертичной аллювиальной равнины и территория их выделена в самостоятельный гидрогеологический подрайон второго гидрогеологического района.

Дневная поверхность равнины сложена почти исключительно породами третичного возраста, представленными преимущественно красными, красно-бурыми и зеленоватыми глинами, иногда засоленными и загипсованными. На отдельных участках эти глины переотложены в четвертичное время, обогащены песчаным материалом и превращены в суглинки и супеси, также часто засоленные.

Наиболее молодыми из третичных отложений здесь являются породы неогенового возраста, слагающие вершины останцовых гор (Аякульдурук, Кокдомбак и др.). Они представлены грубозернистыми гравелистыми песками, переслаивающимися с песчаными бурыми глинами и суглинками. На отдельных участках среди этих песков имеются линзы галечников и гравийных конгломератов. Мощность неогеновых отложений на отдельных участках достигает 25 м.

Олигоценные отложения представлены однообразными зеленовато-серыми, красновато-бурыми и коричневыми мор-

скими загипсованными глинами, с прослоями известково-глинистых конкреций. Мощность их здесь неопределенна и колеблется от нескольких метров до нескольких десятков метров. Распространены они от подножий чинка и склонов столовых гор почти повсеместно по всей поверхности глинистой равнины. Ниже лежат эоценовые породы, представленные светло-серыми преимущественно кварцевыми песками с прослойками каолинизированной белой и серой глины, а иногда и голубовато-серыми и зеленоватыми мергелями. Мощность эоценовых отложений не превышает 11 м.

Геологическое строение более низких горизонтов третичных и меловых отложений здесь аналогично строению территории собственно плато Бетпак-Дала. Отметим, что в северной части подрайона на возвышенностях и в понижениях между ними выходят небольшими участками жесткие породы пермского и карбонового возраста, представленные преимущественно мергелями, красноцветными грубозернистыми песчаниками и конгломератами.

Третичные и меловые отложения в целом здесь лежат относительно спокойно, заполняя сарысуйскую впадину палеозойского ложа. При этом меловые отложения в долине реки Сары-Су имеют пологое падение в общем на юг и юго-восток, а у восточной границы подрайона, по-видимому, на запад и юго-запад.

Так как значительная часть дневной поверхности подрайона сложена олигоценовыми глинами, то грунтовые воды здесь почти повсеместно отсутствуют. Они формируются только на небольших участках и являются высокоминерализованными. Грунтовые воды удовлетворительного качества формируются в неогеновых песчано-глинистых отложениях, слагающих плоские вершины столовых останцов. Воды эти выходят на их склонах, образуя увлажненные полосы, мочезины и даже малодобитные нисходящие источники (напр., источники у горы Бульдурук и др.).

В олигоценовых отложениях подземные воды встречаются в прослоях тонкозернистых глинистых песков, но они высокоминерализованы и непригодны для водоснабжения. Более водообильны (расходы скважин в сотые и десятые доли литра в секунду) отложения эоценового и палеоценового возраста, но распространены они не повсеместно. В среднеэоценовых породах воды в большинстве случаев непригодны для водоснабжения. Воды в палеоценовых кварцево-глауконитовых песках также имеются только на отдельных участках. В большинстве случаев они пресные, обладают напором и вполне пригодны для водоснабжения.

Среди верхнемеловых отложений водоносными являются

сенонские и сеноманские мелко- и среднезернистые пески с прослоями гравия и песчаников — гравелитов. На севере и востоке в полосе выхода их на дневную поверхность воды лежат на глубине до 15 м и имеют свободную поверхность. К югу меловые породы погружаются под третичные глинистые отложения, воды приобретают напор и вскрываются на глубине до 100—130 м. Водообильность пород неравномерная, часто слабая. В области слабых напоров дебиты скважин редко превышают 0,55 л/сек, а на юге, в области больших напоров, скважины становятся самоизливающимися, причем дебиты их при самоизливе достигают 10—12 л/сек.

Качество вод пестрое. Наиболее пресные воды с минерализацией преимущественно до 1 г/л распространены на юге в области больших напоров и самоизливов. Несколько более минерализованы воды (до 2—3 г/л) — в приконтактной полосе меловых пород с палеозойскими. На большей части остальной территории их распространения они имеют минерализацию обычно в пределах до 6—11 г/л и мало пригодны для водоснабжения.

Суммируя изложенное о водоносных горизонтах этой территории, можно сказать, что наиболее перспективными из них являются воды в верхнемеловых и палеоценовых отложениях. Особенно перспективны они в юго-западной и северо-восточной частях подрайона. На первом участке их можно вскрыть скважинами на глубине до 150 м, а на втором — колодцами и скважинами на глубине до 15 м.

III—в. Подземные воды территории Бетпак-Далинского равнинного мелкосопочника.

В качестве самостоятельного гидрогеологического подрайона с таким названием выделен значительный участок территории центральной части Бетпак-Далы, протягивающийся в общем с юго-востока на северо-запад. Западная граница его может быть проведена примерно по границе выходов на дневную поверхность жестких пород палеозойского возраста, а восточная выражена очень неясно и провести ее можно условно, так как он здесь постепенно переходит в центрально-казахстанский равнинный мелкосопочник. Однако выделить эту территорию в самостоятельный гидрогеологический подрайон необходимо, так как условия формирования здесь подземных вод значительно труднее и сложнее, чем на прилегающей к нему территории центрально-казахстанского равнинного мелкосопочника.

Поверхность территории подрайона представляет в общем равнину с невысокими сопками, имеющими пологие и мягкие очертания. Большая часть равнины представляет выравнен-

ную поверхность жестких палеозойских пород, покрытую тонким слоем аллювиального щебенистого и глинисто-щебенистого материала. Поверхность южной половины подрайона менее равнинна. Между невысокими сопками здесь часто имеются довольно обширные бессточные понижения, занятые такырами, солончаками и сорами.

Территория подрайона сложена жесткими породами, представленными преимущественно каледонскими и варисскими эффузивно-интрузивными комплексами, а также осадочными и метаформическими породами протерозоя, кембрия, силура, девона и карбона. Породы в большинстве случаев метаморфизованы, сильно дислоцированы и разбиты трещинами. Кроме такой общей более или менее равномерной трещиноватости, на отдельных участках породы разбиты крупными тектоническими трещинами и зонами разломов, протягивающимися на десятки и сотни километров. Глубина проникновения этих трещин значительно больше, чем трещин выветривания.

Наибольшим распространением на территории подрайона пользуются трещинные воды. Так как распределение трещин в породах неравномерное, то и распределение подземных вод здесь также очень неравномерно. Наиболее обводненными являются граниты, песчаники и известняки, но так как атмосферных осадков выпадает очень мало, то и эти породы имеют заметную водоносность только в зонах крупных региональных разломов. Вдоль таких разломов трещинные воды часто выходят в виде источников, дебит которых очень редко достигает 1—2 л/сек и обычно заметно изменяется в течение года. Изменяется в течение года и дебит скважин, вскрывающих эти воды. Это говорит о том, что подземных вод и в зонах крупных разломов, дренирующих толщи трещиноватых пород, накапливается не так уж много. Трещинные воды в жестких породах вскрываются и колодцами на глубинах в несколько метров, но также преимущественно в зонах разломов и у подножий сопок.

Воды, приуроченные к зонам разломов в гранитах, песчаниках и известняках, интенсивно дренируемые источниками, обычно являются пресными или слабосоленоватыми. Однако слой пресных вод часто имеет незначительную мощность и при усиленной эксплуатации колодцев и скважин в них начинает поступать более минерализованная вода из нижележащих застойных частей трещиноватой зоны.

Кроме трещинных вод, в коренных палеозойских породах здесь встречаются и грунтовые воды в щебенисто-древяных глинистых отложениях, выполняющих межсопочные понижения, бессточные западины и лога. Эти воды в большинстве случаев являются высокоминерализованными и только на от-

дельных участках они бывают пресными или слабосоленоватыми. Суммируя изложенное о подземных водах этого гидрогеологического подрайона, можно сказать, что распределение по его территории участков, имеющих пресные подземные воды, очень неравномерное. Как правило, эти участки связаны с распределением зон разломов, а обводненность последних увеличивается к восточной и северо-восточной границам подрайона. Водоснабжение животноводства здесь осуществляется за счет использования пресных вод источников и колодцев, расположенных на расстоянии 16—38 км друг от друга и известных населению уже не одно десятилетие. Повышение же водообеспеченности территории требует отыскания новых участков с пресными водами, что представляет значительные трудности. Поэтому при поисках в целях повышения их эффективности и уменьшения стоимости целесообразно применять методы электроразведки. В зонах разломов воды могут быть вскрыты скважинами, которые в целях увеличения их дебита, желательнее проходить на глубину до 100—200 м, но в каждом конкретном случае необходимо учитывать характер тектонической зоны и распределение минерализации связанных в ней вод по глубине. Дебит скважин следует ожидать в пределах от нескольких долей литра в секунду до 1—2 л/сек.

#### IV. Центрально-Казахстанская мелкосопочная равнина и Чу-Илийский водораздел

Этот гидрогеологический район занимает огромную площадь. В его пределы входят Чу-Илийский водораздел, территория Западного Прибалхашья, восточная и северная оконечность Бетпак-Далы. Включенные в этот гидрогеологический район территории не являются достаточно однородными в гидрогеологическом отношении, что позволило бы выделить в их пределах несколько самостоятельных районов и подрайонов. Однако недостаточная гидрогеологическая изученность территории и слишком мелкий масштаб прилагаемой к настоящей работе карты не позволяют это сделать. Поэтому в его пределах выделяются только два крупных гидрогеологических подрайона, очень резко различающихся своими гидрогеологическими условиями.

IV—а. Подземные воды низкогорья и высокого мелкосопочника. Территория этого гидрогеологического подрайона имеет сильно расчлененный рельеф. Положительные формы его представлены группами довольно высоких сопок, которые составляют низкогорные массивы или невысокие горные хребты, прослеживающиеся на несколько

десятков, а иногда и сотен километров. Форма и очертания отдельных сопок и хребтов обычно очень резкие, что придает местности возвышенный и даже гористый характер. Между возвышенностями и хребтами располагаются также довольно сильно расчлененные пониженные участки.

Возвышенности и хребты сложены изверженными и жесткими осадочными породами палеозойского и допалеозойского возраста. Породы эти сильно дислоцированы, разбиты многочисленными системами трещин отдельности, кливажа и выветривания, а также трещинами и зонами разломов. На большей части площади элювиальный покров отсутствует, и на дневной поверхности обнажаются коренные породы. Растительный покров на склонах и водоразделах также почти отсутствует, зато растительность довольно пышно развивается в ущельях и логах.

Несмотря на исключительную пестроту литолого-петрографического состава пород, слагающих возвышенности и хребты, они более или менее одинаково обнажены и в более или менее одинаковой степени трещиноваты. Поэтому и водопроницаемость их более или менее одинакова. О всех этих породах можно сказать, что они водопроницаемы по трещинам на глубину до 100—150 м, а по трещинам крупных тектонических нарушений и на значительно большие глубины.

В связи с тем, что на территории этого гидрогеологического подрайона осадков выпадает несколько больше, чем на окружающих равнинах, и осадки эти задерживаются неровностями поверхности, условия питания подземных вод здесь более благоприятные. Наибольшее значение в питании подземных вод имеют зимние осадки, которые накапливаются в понижениях поверхности и весной легко просачиваются по трещинам в горные породы. В дальнейшем они спускаются вниз и у подножий возвышенностей или склонов долин выходят в виде источников. Некоторая часть этих вод уходит в аллювиально-пролювиальные отложения долин и саев или же в рыхлообломочные отложения предгорий и окружающих равнин. Таким образом, участки распространения низкогогорья и высокого мелкосопочника с гидрогеологической точки зрения можно рассматривать как область питания подземных вод окружающих их равнин.

Среди распространенных здесь пород наиболее водообильными являются закарстованные известняки нижнекарбонového и верхнедевонского возраста. Воды этих известняков, обычно пресные или слабоминерализованные, образуют многочисленные источники у подножий сопек, в логах и саях, где вскрываются также неглубокими колодцами. Большая часть

источников имеет незначительный дебит и пересыхает в засушливую часть года. Источники же, приуроченные к зонам крупных размеров, или дренирующие участки более трещиноватых и закарстованных пород имеют значительный дебит, достигающий 5—10 л/сек и более.

Водообильными породами являются и граниты. Трещиноватая зона в них простирается иногда до 100—150 м и, следовательно, значительная толща их бывает обводнена. Воды в гранитах обычно пресные, с минерализацией до 0,5—1,0 г/л. Выходят они у подножий склонов в виде источников с дебитом до 3—5 л/сек и вскрываются колодцами там же на небольшой глубине. Наибольший дебит также имеют обычно те источники, связанные с зонами крупных тектонических разломов.

Другие типы жестких пород, слагающие эту территорию, тоже водоносны, но водообильность их несколько меньшая и воды иногда бывают более высокоминерализованные, но в большинстве случаев вполне удовлетворительные.

Следует отметить, что в пределах низкогорья и высокого мелкосопочника почти во всех долинах и логах водоносными являются аллювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения. Воды в этих отложениях хотя иногда и бывают более высокоминерализованы, но в большинстве случаев вполне пригодны для водоснабжения животноводческих ферм. Дебит колодцев, вскрывающих эти воды на глубине 5—10 м, достигает 1—2, а иногда 3 л/сек. Воды эти широко используются местным населением.

В заключение следует сказать, что участки распространения низкогорья и высокого мелкосопочника являются одними из наиболее хорошо водообеспеченных в пределах описываемой территории, особенно в первую половину лета.

IV—б. Подземные воды территории равнинного мелкосопочника. В пределы этого гидрогеологического подрайона входят территории, располагающиеся вдоль северной и восточной окраин пустыни Бетпак-Дала. Рельеф этих территорий довольно хорошо расчленен пологими впадинами, мелкими логами и суходолами. Однако очертания форм поверхности обычно мягкие, сглаженные. Вершины сопок здесь покрыты плащом глинисто-щебенистых элювиальных образований, мощность которых редко превышает 0,5 м. Подошвы склонов сопок и межсопочные долины сверху прикрыты чехлом лёссовидных суглинков мощностью до 5 м. Межсопочные пространства заняты обширными волнистыми равнинами. Таким образом, поверхность этого гидрогеологического подрайона представляет типичную центрально-казах-



станскую волнистую степеню с участками невысокого мелкосопочника.

Мелкосопочник сложен допалеозойскими и палеозойскими породами, представленными различными сланцами, песчаниками, конгломератами, известняками, туфопесчаниками, туфами, а также различными эффузивными и интрузивными породами. Все эти породы сильно метаморфизованы и разбиты многочисленными системами трещин. Однако значительная часть трещин здесь заполнена или прикрыта глинистым или суглинистым материалом. В связи с тем, что сопки и их склоны прикрыты плащом элювиально-делювиальных образований, зона открытой трещиноватости в породах распространяется на меньшую глубину.

Равнинные участки сверху сложены супесчано-суглинистыми делювиально-пролювиальными и аллювиальными образованиями, подстилаемыми на участках древних долин красными и зеленовато-серыми глинами третичного возраста. Последние имеют мощность до 100 м и содержат в своей толще прослойки и линзы песков и гравийно-галечных отложений. Подстилаются они обычно песчано-гравийными и песчано-галечными аллювиальными отложениями дотретичного возраста, которые лежат непосредственно на коренных палеозойских породах дна и бортов древних долин.

Описанные факты показывают, что накопление запасов подземных вод за счет атмосферных осадков на территории этого гидрогеологического подрайона значительно затруднено. Правда, они здесь пополняются еще и за счет притока воды по трещиноватой зоне и по зонам разломов с территории низкогогорья, но и таким путем воды сюда поступает не так много. Поэтому водообильность горных пород здесь значительно ниже, чем таких же пород на территории низкогогорья и высокого мелкосопочника.

Водоносными породами являются комплексы различных песчаников, сланцев, туфопесчаников, известняков, эффузивных и интрузивных пород палеозойского и допалеозойского возраста. Воды эти выходят в виде малобитных источников в межсочных логах и бортах долин рек, а также вскрываются там неглубокими колодцами. Обычно колодцы и источники имеют дебит, редко превышающий 1 л/сек. Исключение составляют колодцы и источники, расположенные в зонах крупных разломов (напр., Успенская зона смятия) или на участках сильно закарстованных известняков. Скважинами воды в этих комплексах вскрываются на различных глубинах и иногда они обладают значительным дебитом.

Воды эти в большинстве случаев пресные или слабосоленоватые с минерализацией до 2—3 г/л. Более высокая мине-

рализация их наблюдается там, где они приходят в непосредственное соприкосновение с суглинисто-щебенистыми делювиально-пролювиальными образованиями. В этом случае вода в колодцах является солоноватой, а иногда и соленой.

Кроме жестких трещиноватых пород водоносными на территории подрайона являются и песчано-гравелистые древне-аллювиальные отложения, заключенные в толще третичных глин и подстилающие их. Эти отложения распространены в пределах древних речных долин, а связанные с ними водоносные горизонты обычно напорные. Так, например, в древней долине реки Талды-Эспе на глубине 81,5 м в третичных аллювиальных отложениях вскрыты самоизливающиеся воды с дебитом до 4 л/сек. Воды имеют плотный остаток до 1 г/л. Другими скважинами в других районах воды, вскрытые в песках среди третичных глин, иногда имеют несколько более высокую минерализацию, но в большинстве случаев они все-таки пригодны для удовлетворения нужд сельскохозяйственных объектов.

Довольно часто водоносными также являются аллювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения современных речных долин, коротких суходолов и саев. В этих отложениях вода вскрывается на глубине до 10 м. Хотя колодцы и скважины, вскрывающие воды в этих отложениях, иногда могут обладать значительным дебитом, но воды эти очень часто бывают солоноватыми или солеными и не всегда пригодны для использования.

Суммируя изложенное, следует сказать, что на территории равнинного мелкосопочника более водообеспеченными являются участки, прилегающие к низкогорью и массивам сопок (напр., урочище Акдала). Равнинные участки, как правило, значительно менее водообеспечены, а часто и совсем не имеют подземных вод, пригодных для водоснабжения.

В заключение краткого описания общих гидрогеологических условий, необходимо сказать несколько слов об артезианских водах всей территории комплекса пастбищ.

В 1913 году в районе урочища Чулак-Эспе была пробурена скважина, которая с глубины 205 м дала самоизливающуюся пресную воду с дебитом 25,8 л/сек. В те же годы в районе озера Ащи-Куль была пробурена вторая скважина, давшая с глубины около 213 м самоизливающуюся пресную воду с дебитом 7 л/сек. Последующие исследования Д. И. Яковлева (1927—1931 годы) показали, что на территории низовой рек Сары-Су и Чу в западной части песков Муюн-Кумы имеются восходящие источники «тма», дающие пресные или слабосоленоватые воды. Эти факты позволили Д. И. Яковлеву еще в то время обосновать мысль о наличии здесь боль-

шого Чуйского артезианского бассейна пресных подземных вод. Последующие исследования У. А. Ахмедсафина и И. Я. Давыдова (1942—1945 годы) и осуществленное бурение глубоких скважин в низовьях рек Сары-Су и Чу, в северо-западной части Муюн-Кумов и в районе озера Большие Камкалы подтвердило, что в пределах Чу-Сары-Суйской впадины существует огромный бассейн пресных или слабосоленоватых артезианских вод, связанных с верхнемеловыми — сенонскими и сеноманскими и частично с палеогеновыми отложениями.

Однако дальнейшее бурение глубоких скважин на территории Бетпак-Далы и результаты региональных геофизических работ, проведенных в самые последние годы, показали, что строение палеозойского фундамента Чу-Сары-Суйской впадины является довольно сложным. Результаты этих работ показывают, что внутри впадины существуют погребенные сложные структуры. На территории Муюн-Кумов, например, намечается несколько погребенных валообразных структур, имеющих северо-восточное и близкое к меридиональному простирание. Наличие этих структур позволяют предполагать, что на отдельных участках впадины верхнемеловые отложения, к которым приурочены пресные артезианские воды, могут отсутствовать или могут быть представлены слабОВОдопроницаемыми глинистыми отложениями.

В свете этих данных, территория Чу-Сары-Суйской впадины и юго-западная часть плато Бетпак-Дала на сегодня не могут рассматриваться как единый артезианский бассейн, в любой точке которого имеются напорные пресные воды в верхнемеловых и палеогеновых отложениях. Эту территорию, вероятно, следует рассматривать как систему более мелких артезианских бассейнов или мульд, в большей или меньшей степени гидравлически изолированных друг от друга. Локализованные выходы восходящих источников в районе озера Большие Камкалы, в урочище Мын-Сор-Дала и др., не обусловленные особенностями эрозионного расчленения рельефа, по-видимому, являются участками разгрузки этих артезианских бассейнов, приуроченными к сводовым частям погребенных валообразных структур. Поэтому бурению эксплуатационных скважин на воду на территории Чу-Сары-Суйской впадины должно предшествовать соответствующее разведочно-эксплуатационное бурение с более детальным выяснением структуры бассейна.

Несмотря на приведенные соображения о структуре бассейна, несколько ограничивающие возможности получения пресных артезианских вод, наличие их здесь на большой площади очевидно. Это обстоятельство сильно повышает степень возможной водообеспеченности юго-западной части террито-

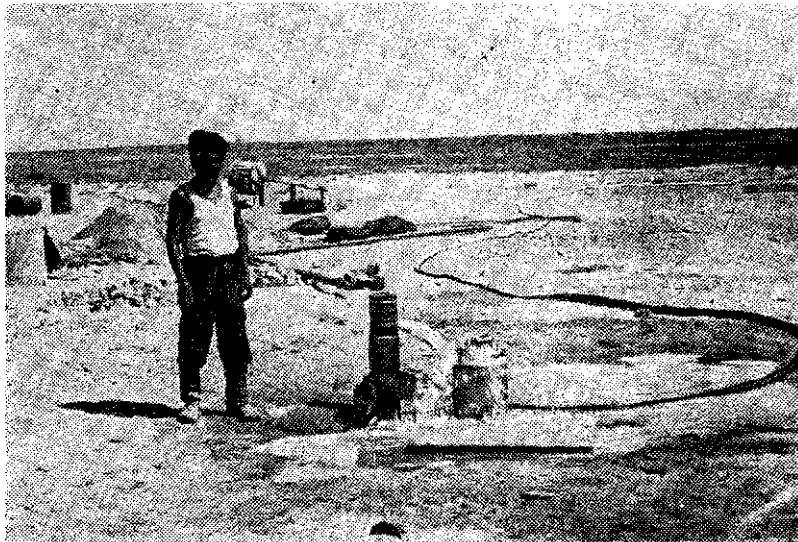


Рис. 8. Самоизливающаяся скважина, вид верхнемеловых отложений на землях совхоза «Джуван-Тюбе».

рии Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ. Разведку и эксплуатацию вод этих водоносных горизонтов, обычно имеющих хорошее качество и высокий дебит даже при самоизливе (рис. 8), следует всемерно развивать как для водоснабжения животноводства, так и для оазисного орошения на приферменных и приусадебных участках совхозов и колхозов. Глубина скважин, как видно из вышеизложенного, на отдельных участках будет достигать 350—400 м, но стоимость их будет не очень высокой, так как они вскроют преимущественно песчано-глинистые легко проходимые породы.

#### ОЦЕНКА ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПАСТБИЩНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КОМПЛЕКСА

Приведенная в первых двух разделах характеристика поверхностных и подземных вод территории Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ показывает, что имеющиеся материалы о них не позволяют определить их запасы (ресурсы) с надлежащей точностью и обоснованностью. Они позволяют определить в первом приближении только порядок цифр величины запасов, да и то не для всей территории. Результаты этих подсчетов приведены в табл. 10.

Повторяем, что приведенные в табл. 10 цифры запасов поверхностных и подземных вод не претендуют на точность,

Таблица 10

Районы и подрайоны	Ресурсы поверхностных вод, возможные к использованию (млн. м <sup>3</sup> /год)	Ресурсы подземных вод (млн. м <sup>3</sup> /год)	Сумма млн. м <sup>3</sup> /год
Песчаный массив Муюн-Кумы . . .	нет	1000	1000
Песчаные массивы левобережья реки Сары-Су . . . . .	нет	150	150
Центрально-Казахстанская мелко-сопочная равнина (Сары-Арка) в пределах границ комплекса . . .	80	2	82
Платообразная волнистая равнина Бетпак-Дала (без подрайона III-б)	30	0,5	30,5

так как получены они методами приближенного подсчета, причем взяты наименьшие их значения. Так, для территории Центрально-Казахстанской мелкосопочной равнины и платообразной равнины Бетпак-Дала они подсчитаны по дебиту существующих колодцев и источников и являются заведомо преуменьшенными. Для территории песчаных массивов левобережья реки Сары-Су они подсчитаны по годовой амплитуде колебания уровня грунтовых вод и коэффициенту водоотдачи песков, которые соответственно приняты равными 0,5 м и 0,15 м. Для территории массива Муюн-Кумы цифра запасов грунтовых вод заимствована из работ академика АН КазССР У. М. Ахмедсафина.

Обоснованность подсчета запасов поверхностных вод также не очень высока. Они подсчитывались по карте изолиний запасов воды в снеге и по осадкам за холодный период года. Коэффициент стока для территории Сары-Арка (северо-восточная часть территории комплекса) подсчитывался по бассейну реки Джиланды и выразился цифрой 0,09. Для подсчета коэффициента стока территории пустыни Бетпак-Дала использованы результаты наблюдений за режимом вод такыров и временных водотоков, производившихся в течение 1950—1951 годов Б. В. Константиновым и в 1958 году гидрологической экспедицией Института водного хозяйства. Коэффициент стока для указанной территории определен равным 0,025. Несмотря на то, что подсчитанный таким образом суммарный объем поверхностных вод пустыни Бетпак-Дала в среднем по водности год составляет 226 млн. м<sup>3</sup>, реально возможный аккумулированный объем их в такырах и водоемах, построенных на временных водотоках, принят равным только 30 млн. м<sup>3</sup>. Суммарный годовой объем поверхностных вод тер-

ритории Сары-Арка в пределах комплекса составляет 450—500 млн. м<sup>3</sup>, из которых принято считать возможным ежегодно использовать 80 млн. м<sup>3</sup>.

Из табл. 10 видно, что водные ресурсы территории Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ выражаются огромной цифрой, которая может удовлетворить потребность не 4—5 млн. овец, а значительно большего поголовья. Однако в действительности она никак не может говорить об обеспеченности водой всей территории пастбищ комплекса в целом, так как распределение воды неравномерное. Характер же водопотребления при пастбищном содержании скота требует, чтобы вода была определенным образом распределена по всей пастбищной площади.

Следовательно, подсчет запасов поверхностных и подземных вод на пастбищных территориях не всегда позволяет решить вопрос об их обводнении. Если же эти территории будут использоваться как сезонные пастбища с естественным травостоем, то, по нашему мнению, вообще нет особого смысла определять запасы подземных и поверхностных вод всей территории. Известно, что водопункты на таких пастбищных территориях располагаются на расстоянии 5—10 км друг от друга, а так как продуктивность пастбищ низкая, то они эксплуатируются всего 2—3 месяца в году с водопотреблением до 10—15 м<sup>3</sup>/сутки. Остальную часть года водопункты не эксплуатируются и запасы воды возобновляются. Поэтому правильнее говорить не о запасах воды этих территорий, а о степени их возможной водообеспеченности, понимая под последней возможностью получения необходимого количества воды в водопунктах, расположение которых позволяет использовать всю кормовую продуктивность пастбищ. Такая оценка водообеспеченности должна производиться на основании учета имеющихся материалов о подземных и поверхностных водах, гидрогеологических и геоморфологических условиях и геологическом строении территорий.

Учитывая последние замечания, оценка водных ресурсов пастбищных территорий Бетпак-Далинского комплекса произведена как оценка степени возможной водообеспеченности отдельных ее участков. При этом:

1) хорошо водообеспеченной принято считать территорию, на большей части площади которой возможно получить пресные или солоноватые, но пригодные для использования подземные и поверхностные воды с дебитом водопунктов более 0,5 л/сек (45 м<sup>3</sup>/сутки). Размещение водопунктов по площади пастбищ участка, согласно потребностям хозяйства, не требует особых предварительных изысканий;

2) водообеспеченной — территорию, на большей

части площади которой возможно получить пригодные для использования поверхностные и подземные воды с дебитом водопунктов более 0,1 л/сек (8 м<sup>3</sup>/сутки). Размещение новых водопунктов требует в отдельных случаях проведения несложных предварительных изысканий;

3) слабо водообеспеченной — территорию, на меньшей части площади которой возможно получить пригодные для использования поверхностные и подземные воды с дебитом водопунктов более 0,05 л/сек (4 м<sup>3</sup>/сутки), а на остальной части площади дебит водопунктов менее 0,05 л/сек. Размещение новых водопунктов требует проведения предварительных специальных изысканий;

4) очень слабо водообеспеченной — территорию, на меньшей части площади которой имеются пригодные для использования поверхностные и подземные воды с дебитом водопунктов менее 0,05 л/сек (4 м<sup>3</sup>/сутки), а на остальной площади такие воды практически отсутствуют. Размещение новых водопунктов требует проведения предварительных сложных специальных исследований.

Слабо или очень слабо водообеспеченными считаются и те территории, на которых хотя и имеются пригодные для использования поверхностные и подземные воды, но возможные водопункты будут расположены на значительном друг от друга расстоянии, не обеспечивающем нормальный водопой скота. Степень водообеспеченности этих территорий может быть повышена, если возможно постройка водопунктов с большим дебитом и организовать транспортировку воды.

Достоверность и объективность такой оценки степени водообеспеченности, как видно из изложенного, определяется не только количеством фактических материалов, но и сложностью геологического строения, гидрогеологических и геоморфологических условий. Так, для территорий с распространением выдержанных водоносных горизонтов степень достоверности оценки будет высокая, для территорий с распространением невыдержанных водоносных горизонтов оценка будет менее достоверна, а для территорий с распространением спорадических водоносных горизонтов, обводненных участков и трещиноватых зон она будет еще менее достоверна. Степень достоверности оценки поверхностного стока будет также определяться еще и сложностью геоморфологии поверхности и особенностями гидрографической сети. Однако тщательный анализ особенностей этих основных факторов позволяет дать хотя бы в первом приближении достаточно объективную оценку водообеспеченности и последних участков.

При оценке качества вод принято считать пресными те воды, величина плотного остатка (общая минерализация) кото-

Таблица 11

Степень возможной водообеспеченности территории Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ

Районы	Подрайоны	Степень возможной водообеспеченности	Основные возможные источники водоснабжения (водоносные горизонты, источники поверхностного стока)
I. Современные и древние аллювиальные равнины	1-а Долина р. Сары-Су	Водообеспечен.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Воды аллювиальных отложений.</li> <li>2. Воды меловых отложений в южной части подрайона.</li> <li>3. Поверхностный сток р. Сары-Су.</li> </ol>
	1-б Долина р. Чу	Хорошо водообеспечен	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Воды аллювиальных отложений.</li> <li>2. Поверхностный сток р. Чу.</li> </ol>
	1-в Древние континентальные дельты рек Сары-Су и Чу	Водообеспечен	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Напорные воды верхнемеловых отложений.</li> <li>2. Воды аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений древних дельт.</li> <li>3. Паводковые воды рек Сары-Су и Чу, пресные и солоноватые озера.</li> </ol>
	1-г Древняя эрозионно-аллювиальная равнина р. Чу	Водообеспечен	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Напорные воды верхнемеловых отложений.</li> <li>2. Поверхностный сток р. Чу, пресные и солоноватые озера.</li> </ol>
II. Эоловые и эолово-аллювиальные равнины	II-а Песчаный массив Муюн-Кумы	Хорошо водообеспечен.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Воды мелкозернистых аллювиально-эоловых четвертичных песков.</li> <li>2. Напорные воды верхнемеловых отложений в западной части.</li> <li>3. Пресные и солоноватые озера грунтового питания в чуртах.</li> </ol>
	II-б Песчаные массивы левобережья р. Сары-Су.	Водообеспечен.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Воды аллювиальных и эоловых песков.</li> <li>2. Напорные воды верхнемеловых отложений (предположительно).</li> </ol>



## Продолжение таблицы II

Районы	Подрайоны	Степень возможной водообеспеченности	Основные возможные источники водоснабжения (водоносные горизонты, трещинный поверхностного стока)
III. Платообразная волнистая равнина Бетпак-Дала	III-а Собственно волнистое плато Бетпак-Дала	Слабо водообеспечен	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Воды неогеновых отложений, распространение островное—основной водоносный горизонт восточной половины подрайона (другие не известны).</li> <li>2. Воды песчаных прослоев в третичных глинах.</li> <li>3. Напорные воды верхнемеловых отложений в западной половине подрайона.</li> <li>4. Поверхностные воды такыров и временных водотоков—наиболее перспективны в восточной части.</li> </ol>
	III-б Столовая глинистая равнина	Слабо водообеспечен	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Воды третичных отложений (неоген, палеоцен), распространение островное, обводненность слабая.</li> <li>2. Воды верхнемеловых отложений наиболее перспективны в юго-западной части подрайона.</li> <li>3. Поверхностные воды такыров и сезонных водотоков—основной источник водоснабжения.</li> </ol>
	III-в Территория Бетпак-Далинского равнинного мелкосопочника	Слабо водообеспечен	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Трещинные воды (кора выветривания, зоны разломов) палеозойских пород. Распространение обводненных участков спорадическое.</li> <li>2. Воды аллювиально-пролювиальных отложений сухих долин. Обводненность спорадическая.</li> <li>3. Поверхностные воды такыров и сезонных водотоков.</li> </ol>
IV. Центрально-Казахстанская мелкосопочная равнина и Чу-Илийский водораздел.	IV-а Территория низкого мелкосопочника	Водообеспечен	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Трещинные и карстовые воды (кора выветривания зоны разломов) палеозойских и допалеозойских пород. Обводненные участки распространены широко, но не равномерно.</li> <li>2. Воды аллювиально-пролювиальных отложений сухих долин. Обводнены неравномерно, но часто.</li> </ol>

Продолжение таблицы 11

Районы	Подрайоны	Степень возможной водообеспеченности	Основные возможные источники водоснабжения (водоносные горизонты, источники поверхностного стока)
IV. Центральнo-Казахстанская мелкосопочная равнина и Чу-Илийский водораздел	IV-6 Территория равнинного мелкосопочника	Слабоводообеспечен	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Трещинные и карстовые воды (кора выветривания, зоны разломов) палеозойских и допалеозойских пород. Обводненные участки встречаются редко и распространены неравномерно.</li> <li>2. Воды аллювиально-пролювиальных отложений сухих долин. Обводнены неравномерно, но часто.</li> <li>3. Поверхностные воды временных водотоков и плесов.</li> </ol>

рых не превышает 1 г/л, солоноватыми — от 1 до 5 г/л и солеными — более 5 г/л. Как показывает опыт, солоноватые воды в пустынных и полупустынных условиях в большинстве случаев пригодны для использования на сезонных пастбищах.

Оценка степени возможной водообеспеченности отдельных участков пастбищных территорий Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ, произведенная согласно изложенной схеме, приводится в таблице 11.

Необходимо отметить, что приведенная выше оценка водообеспеченности пастбищных территорий Бетпак-Далинского комплекса дается не только по существующим водопунктам, но и с учетом возможных точек строительства новых. Так, например, по данным Б. В. Константинова, в настоящее время на территории западной части Бетпак-Далы расстояние между существующими колодцами на скотопрогонных трассах колеблется от 19 до 60 км, в центральной и восточной частях оно меньше и находится в пределах от 16 до 38 км. Эти данные показывают, что территория Бетпак-Далы на сегодня считается не обеспеченной подземными водами, эксплуатируемыми существующими колодцами. Но так как существующие колодцы используют, конечно, не все участки пресных вод, имеющиеся вдоль скотопрогонных трасс, то водообеспеченность их вполне возможно повысить за счет отыскания и введения в эксплуатацию новых участков между существующими колодцами.

Следует также отметить, что решение вопросов водоснаб-

жения пастбищ Бетпак-Далинского комплекса до последнего времени шло преимущественно по линии переоборудования существующих колодцев и родников или строительства новых каптажных сооружений рядом с существующими. Такие работы не давали новых точек водопоя, и густота сети водопунктов на пастбищах и скотопрогонах не увеличивалась. Только в последние годы в западной половине плато Бетпак-Дала и Муюн-Кумов и в низовьях рек Сары-Су и Чу начали проводиться работы по строительству новых точек водопоя в виде шахтных и трубчатых колодцев. Аналогичные работы совершенно необходимо проводить и на остальной части Бетпак-Далы. Правда, изученность большей части ее территории меньшая, а гидрогеологические условия более сложные, но тщательная оценка и использование имеющихся на сегодня сведений значительно облегчит отыскание участков пресных подземных вод, особенно если широко использовать методы геофизики. Ожидать более детальных гидрогеологических исследований всей этой территории не имеет смысла. Если же в ближайшие годы на этой территории будут запланированы такие исследования, то необходимо добиться, чтобы проведение их сочеталось с отысканием и закреплением на карте и на местности конкретных точек заложения новых водопунктов, на которых строительные организации могли бы без дополнительных изысканий строить новые шахтные и трубчатые колодцы. Последнее положение, по нашему мнению, имеет смысл ввести как обязательное вообще при всех гидрогеологических исследованиях на пастбищных территориях. Проведение его в жизнь даст значительную экономию государственных средств и поможет быстрее обеспечить подземными водами огромные территории пастбищ.

Для северо-западной и центральной частей территории Бетпак-Далы, где основным источником водоснабжения является поверхностный сток, гарантированное водоснабжение пастбищ при 90% обеспеченности должно основываться на многолетнем регулировании стока такыров и логов в притакырных водоемах и русловых копанях емкостью не менее 5 000 м<sup>3</sup>.

Г. Б. Бегалиев,

зав. отделом обводнения и сельскохозяйственного водоснабжения

### ОБВОДНЕНИЕ БЕТПАК-ДАЛИНСКОГО КОМПЛЕКСА СЕЗОННЫХ ПАСТБИЩ

Бетпак-Далинский комплекс сезонных пастбищ расположен между  $43^{\circ}$ — $48^{\circ} 20'$  северной широты и  $64^{\circ}$ — $74^{\circ}$  восточной долготы. Протяженность его территории с севера на юг составляет 600—650 км и с запада на восток — 450—500 км. Северная граница комплекса проходит по железнодорожной линии Жарык—Джезказган, южная — по рекам Талас и Кургаты, западная — по реке Сары-Су и восточная по железнодорожной магистрали Чу-Моинты и Жарык (рис. 1). Бетпак-Далинский комплекс сезонных пастбищ площадью 23,5 млн. га представляет собой совокупность трех сезонных пастбищ: зимних — пески Муюн-Кумы и низовья реки Чу, весенне-осенних — пустыня Бетпак-Дала и летних — степи Сары-Арка.

Северную часть комплекса от  $47^{\circ}$  северной широты до линии железной дороги Жарык — Джезказган занимают летние пастбища Сары-Арка. Южная часть от русла реки Чу до русла рек Талас и Кургаты занимают зимние пастбища Муюн-Кумы с низовьями реки Чу. Центральную часть комплекса занимает собственно пустыня Бетпак-Дала, являющаяся связующим звеном между зимними и летними пастбищами и служащая весенним и осенним пастбищем во время перегона скота с зимних на летние пастбища и обратно. Бетпак-Далинский комплекс сезонных пастбищ является основной базой отгонного животноводства Джамбулской, частично Южно-Казахстанской и Карагандинской областей.

Основной отраслью хозяйства колхозов и совхозов, расположенных на этой территории, является животноводство. Семилетним планом развития животноводства намечено увеличение поголовья скота по Джамбулской области до 10 млн. голов (в переводе на овец), по Карагандинской области (Джезказганский, Жана-Аркинский и Четский районы, территория которых частично входит в комплекс) — до 1,8 млн. голов и по Южно-Казахстанской области (Сузакский район) до 0,6 млн. голов. Иными словами, поголовье скота возрастет



Условные обозначение:

1. Почвы

- Напхановые почвы сухих степей
- Бурые пустынно-степные почвы
- Светло-бурые пустынные почвы и сероземы
- Яллобизалона-узловые почвы
- Песчаные и супесчаные почвы
- Саванчаки сляшными массивами

2. Растительность

- Степи кобыльно-тюпчаково-кобыльные
- Полупустыни полынно-саянково-элаковые
- Пустыни полынно-саянковые
- Пустыни саянково-полынные
- Тугай Средней Азии
- Растения полупустыни: озе саксаулам бубез ваксаулам

- Реки и озера
- Железные дороги
- Границы

Рис. 1. Схематическая карта Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ.

почти в 3 раза. При этом исходя из природных условий Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ, благоприятствующих круглогодичному пастбищному содержанию скота, из указанного поголовья предусмотрено около 5 млн. голов содержать на территории комплекса.

Общий запас кормов на территории составляет в средний по урожайности год 5,3 млн. т, из них: в Муюн-Кумах — 1,4 млн. т, в Бетпак-Дале — 2,2 млн. т и в Сары-Арка — 1,7 млн. т. Этими кормами можно обеспечить до 5 млн. овец, годовая продукция которых выражается в 15—20 тыс. т тонкой и полутонкой шерсти и 60—80 тыс. т мяса.

Однако эти возможности полностью не используются. В настоящее время здесь выпасается около 0,8—1 млн. голов скота. Основной причиной недостаточного использования сезонных пастбищ комплекса является слабая их обводненность (20—25%). Поэтому для выполнения семилетнего плана развития животноводства в этих областях крайне необходимо полное обводнение и освоение песчаного массива Муюн-Кумов, пустыни Бетпак-Дала и степей Сары-Арка. Особенно важно освоение этих пастбищных массивов для Джамбулской области, так как основная (87,7%) площадь естественных кормовых угодий ее расположена на территории комплекса.

Местные водные ресурсы комплекса при проведении соответствующих водохозяйственных мероприятий в состоянии полностью удовлетворить потребности в воде животных и в некоторой степени нужды лиманного и оазисного орошения.

Учитывая важность и экономическую целесообразность обводнения и освоения Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ для развития животноводства, институт в течение 1957—1959 годов занимался вопросами обводнения этой территории. Данная работа является результатом обобщения материалов, имеющихся в фондах учреждений и организаций, экспедиционных обследований водоисточников, расположенных на описываемой территории, а также экспериментального исследования обводнительных сооружений, наиболее приемлемых для условий комплекса.

#### КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ СЕЗОННЫХ ПАСТБИЩ

**Пески Муюн-Кум.** Рельеф песчаного массива Муюн-Кум весьма разнообразен. Северная половина, примыкающая к долине реки Чу — это грядово-бугристая равнина, переходящая в полосу предпесков шириной в 15—30 км с равнинно-волнистым рельефом. В восточной части — это равнина, поднимающаяся террасой на юг от берега реки Чу. В юго-вос-

точной части она расчленена на крупные гряды, достигающие высоты 10—25 м и длины 1—2 км. В западной части преобладает гривисто-волнистый рельеф. Центральная часть имеет сильно пересеченный рельеф с множеством понижений в форме котловин с близким залеганием грунтовых вод, часто выходящих на поверхность и образующих небольшие озера, называемые здесь чуротами. Площадь песчаного массива Муюн-Кум равна 4 млн. га.

Климат песков Муюн-Кум отличается теплыми и короткими зимами с незначительным снежным покровом (лежащим не более 50 дней), что создает благоприятные условия для зимней пастбы скота. Среднегодовая температура воздуха составляет плюс 9,3°, максимальная — 45°, минимальная — минус 6,8°. Продолжительность безморозного периода составляет в среднем 150—165 дней. Положительные среднемесячные температуры устанавливаются в марте, осенние холода — в конце ноября.

Среднегодовое количество атмосферных осадков колеблется от 182 до 200 мм, из них за теплый период выпадает 126—136 мм. Они и являются основным источником питания грунтовых вод. Максимум осадков наблюдается в апреле. Среднегодовая скорость ветра колеблется от 3 до 3,5 м/сек. Песчаные массивы покрыты эфемерово-житняково-полынно-солончаковой растительностью и зарослями саксаульника.

Запасы поедаемых кормов колеблются от 2,5 до 3 ц/га. Луговозлаковые и разнотравно-полынные растительные группировки встречаются на чуротных понижениях и представляют собой прекрасные сенокосные угодья. Урожайность их составляет около 4,5 ц сухой массы с га. Общая площадь чуротных понижений около 50—60 тыс. га, а отдельные понижения имеют площадь от 0,2 до 300 и более га.

**Низовья реки Чу.** Рельеф Чуйской долины более или менее однороден. От села Фурмановка долина ее то расширяется, то сужается. У озера Малые Камкалы ширина ее 0,5—1,0 км, далее она расширяется и доходит в районе урочища Ку-Арал, до 25—30 км. Низовья реки Чу (площадью 821 тыс. га) характеризуются разнотравно-злаковой растительностью с преобладанием тростниковых зарослей, которые вполне пригодны на площади 321 тыс. га для заготовки страхового фонда кормов. Продуктивность этих угодий определяется в 14—15 ц/га. Пастбищные участки приурочены, главным образом, к островным элементам рельефа и составляют до 500 тыс. га. Средняя урожайность их определяется в 3 ц/га. Эта площадь пастбищ предназначена для зимнего содержания скота.

**Пустыня Бетпак-Дала** в центральной части представляет собой полого наклонную в юго-западном направлении равни-

ну с отдельными грядами и столовыми возвышенностями; в западной части — слабоволнистую равнину с общим уклоном поверхности на юго-запад; на востоке и юго-востоке — мелкосопочник, состоящий из отдельных групп холмов и возвышенностей, сильно расчлененных межсопочными понижениями и речными долинами, в которые сносится снег, сдуваемый сильными ветрами с водораздельных просторов.

Общая площадь пастбищной территории 11,5 млн. га.

Климат пустыни Бетпак-Дала резко континентальный. Среднегодовые температуры воздуха изменяются от 2,2—2,8° на севере, до 9—9,30° на юге. Максимальная температура летом достигает 46°, а минимальная зимой снижается до минус 40°. Положительные среднемесячные температуры устанавливаются в апреле, а осенние холода в последних числах октября. Продолжительность безморозного периода колеблется от 130 до 149 дней.

Среднегодовое количество осадков составляет 124 мм.

В засушливые годы он снижается до 75 мм, а в многоводные годы достигает 300 мм. В основном осадки выпадают зимой и весной. Основную роль в формировании поверхностного стока играют осадки холодного периода. Летние осадки почти полностью испаряются.

На описываемой территории в течение всего года наблюдаются ветры. Они характеризуются значительной силой и повторяемостью. Продолжительность затиший наблюдается в летний период не более двух дней подряд. Среднегодовая скорость ветра колеблется от 4,5 до 5 м/сек.

Растительный покров Бетпак-Далы изрежен, проективное покрытие почвы растениями составляет 30—50 %.

Здесь встречаются преимущественно полынные и полынно-солянковые группировки. Запасы поедаемых кормов колеблются от 0,5 до 1,5 ц/га. Весной пустыня покрывается эфемерами и представляет собой хорошие пастбища.

Летом высокая температура и большая сухость воздуха, отсутствие осадков и интенсивные ветры создают условия для раннего выгорания эфемеровой растительности и перехода полынной растительности в стадию анабиоза. В результате этого летом пустынные пастбища становятся малопродуктивными для использования. К осени полынь и основные виды солянок становятся вновь съедобными и служат хорошим наживочным кормом для скота.

Все перечисленные моменты исключают возможность использования пастбищ в летний период. Использование этой территории в зимний период также затрудняется вследствие суровых климатических условий и невозможности заготовки грубых кормов для создания страхового фонда. Исключение



составляет причуйская полоса шириной около 40 км, которая может быть использована как зимние пастбища на площади до 1 млн. га. Эти пастбища характеризуются полынно-солянковым травостоем. Урожайность их определяется для зимнего периода в 2 ц/га.

**Степи Сары-Арка.** Северо-восточную часть степей Сары-Арка занимают горы и мелкогогорья. Они разобщены узкими, но глубокими межгорными впадинами. Наличие высоких гор благоприятствует здесь выпадению значительного количества атмосферных осадков и лучшему их распределению внутри года, а большая изрезанность территории и густая растительность — большому накоплению снега. Восточную часть степей занимают мелкосопочники, а западную — холмисто-увалистая равнина. Площадь ее в пределах комплекса составляет около 6 млн. га. Климатические условия лучше, чем в Бетпак-Дале и Муюн-Кумах. Осадков выпадает в среднем от 150 до 250 мм, но по сезонам года они крайне неравномерны; больше их бывает в зимний и весенний периоды. Зимы суровые, продолжительные (6 месяцев) и малоснежные с сильными ветрами. Высота снежного покрова до 15 см. Поэтому здесь зимой возможно только стойловое содержание скота. Однако площади для сенокосения крайне ограничены и встречаются лишь в поймах рек. В долинах рек (Ата-Су, Кок-Тас, Талды-Монак, Сары-Су, Шажагай, Сары-Булак и т. д.) имеются площади лиманного орошения. Но используются они крайне плохо. Эта территория в сельскохозяйственном отношении представляет собой пастбищные земли с разнотравно-злаковыми и полынно-солянковыми комплексами. Урожайность пастбищ колеблется от 3,5 до 7 ц.

Из этой краткой характеристики видно, что каждое из приведенных выше сезонных пастбищ само по себе не является полноценным, а составляет лишь отдельное звено в общем пастбищном фонде комплекса. Бетпак-Далинская опытная станция животноводства им. К. М. Мынбаева, исходя из природных условий комплекса, считает наиболее рациональным использовать его в различные сезоны года, а именно: пастбища Сары-Арка с 1 июня по 1 октября, Бетпак-Далы с 1 апреля по 1 июня и с 1 октября по 1 декабря и Муюн-Кумы с 1 декабря по 1 апреля.

В настоящее время песчаные массивы Муюн-Кум и пустыня Бетпак-Дала используются колхозами и совхозами преимущественно Джамбулской области. Через пустыню Бетпак-Дала проходят 12 скотопроектных трасс, по которым осуществляется перегон скота хозяйств Джамбулской и Южно-Казахстанской областей. Причем из 9 трасс, закрепленных за Джамбулской областью, для перегона фактически исполь-

зуются 4. Из 3 трасс Южно-Казахстанской области используется только одна. Семь скотопрогонных трасс из-за их плохой обводненности фактически не используются.

Речная сеть на территории сезонных пастбищ за исключением северо-восточной части Сары-Арка развита весьма слабо. Густота речной сети составляет 0,9 км на 100 км<sup>2</sup>.

Основные значительные по длине и расходам водотоки расположены в степи Сары-Арка. На территории пустыни Бетпак-Дала имеется несколько временных водотоков, незначительных как по величине расхода, так и по протяженности, и поэтому практического значения они не имеют.

Все реки относятся к типу водотоков с резко выраженным весенним половодьем. Почти весь объем годового стока (97%) проходит в весенний период половодья (5—15 дней). В меженный период вода остается в плесах. Объем воды в каждом из них колеблется от 500 до 5 000 м<sup>3</sup>.

Вода в плесах имеет различную степень минерализации. Все плесы с пресной водой используются для водопоя скота.

Большой интерес в смысле создания источников водоснабжения в пустыне Бетпак-Дала представляют такыры. По данным Б. В. Константинова, их насчитывается 940, из них 70% расположены в самой безводной части пустыни — в ее центральной и западной частях. Такыры более или менее равномерно разбросаны по территории пустыни и располагаются в 5—10 и более км друг от друга. В них ежегодно скапливается значительное количество талых снеговых и ливневых вод. Так, в 1958 году объем стока в такырах составил около 30 млн. м<sup>3</sup>, тогда как годовая водопотребность в перспективе выражается в 3—4 млн. м<sup>3</sup>. Однако вода в такырах сохраняется 15—40, чаще всего 15—20 дней, а затем полностью испаряется. Таким образом, такыры в естественном состоянии не могут служить источником водоснабжения. Рациональное использование для водоснабжения вод, скопившихся в такырах, возможно при сборе и сохранении их в такырных копанях.

Обеспеченность пустыни Бетпак-Дала подземными водами весьма слаба. В западной части ее формируются поровые грунтовые воды в песчаных, песчано-глинистых отложениях, подстилаемых палеогеновыми глинами. Мощность водоносного горизонта небольшая. Вскрываются и эксплуатируются эти горизонты колодцами глубиной от 3—5 до 20 м.

Дебит колодцев обычно измеряется десятками долями литра в секунду. Эти воды преимущественно повышенно минерализованные.

На отдельных участках встречаются пресные и слабосолоноватые воды.

В центральной и восточной частях Бетпак-Далы форми-

руются трещинные воды, распространены они очагами. Расстояние между ними колеблется от 15—20 до 30—40 км, а на отдельных участках 60—120 км. Вокрываются они колодцами на глубине 1—4 м, и иногда выходят в виде источников. Дебит их составляет не более 1—7 м<sup>3</sup>/час, чаще всего 0,7—0,5 м<sup>3</sup>/час; вода обычно бывает пресная или слабосоленоватая. На территории пустыни Бетпак-Дала имеется 269 шахтных колодцев, 112 родников. На один водоисточник приходится: в восточной части около 30, в центральной около 50 и в западной около 80 тыс. га пастбищной территории.

Территория летних пастбищ Сары-Арка достаточно обеспечена подземными водами на большей части ее площади. Подземные воды района приурочены преимущественно к трещиноватым древним породам, однако на отдельных участках пресные воды имеются и в современных аллювиально-пролювиальных отложениях (Ак-Дала).

Воды здесь преимущественно пресные и солоноватые и лишь в пределах мелкосопочных равнин и вдали от возвышенностей они часто бывают солоноватые и соленые. Воды вскрываются и эксплуатируются шахтными колодцами, а часто выходят на поверхность в виде родников. Дебит их колеблется от 0,5 до 5—6 м<sup>3</sup>/час, залегают они на глубине 1—5—10 м.

На территории песчаного массива Муюн-Кумы грунтовые воды имеют повсеместное распространение и вскрываются на глубине от 1 до 40 м и более. Дебит их колеблется от 1 до 60 м<sup>3</sup>/сутки. На этой территории имеется около 550 колодцев. На один водоисточник приходится от 20 до 50 тыс. га пастбищ.

Ресурсы поверхностных вод комплекса оцениваются на средний по водности год в 700 млн. м<sup>3</sup>, из них около 200 млн. м<sup>3</sup> приходится на территорию пустыни Бетпак-Дала. При проведении соответствующих водохозяйственных мероприятий из этого количества может быть использовано на территории Сары-Арка до 80 млн. м<sup>3</sup> и в Бетпак-Дале до 30 млн. м<sup>3</sup>.

Ресурсы подземных вод Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ составляют около 1 252,5 млн. м<sup>3</sup>, из них 1 250 млн. м<sup>3</sup> (по данным У. М. Ахмедсафина) приходится на территорию песчаных массивов Муюн-Кум, лишь 0,5 млн. м<sup>3</sup> на пустыню Бетпак-Дала и 2,0 млн. м<sup>3</sup> на степи Сары-Арка (вычислены по существующим водоисточникам за сезон их работы). Годовая потребность в воде указанного поголовья составляет на территории Муюн-Кум 2,4 млн. м<sup>3</sup>, Бетпак-Далы — 3,6 млн. м<sup>3</sup> и Сары-Арка — 3,6 млн. м<sup>3</sup>.

Сопоставление водных ресурсов и объемов водопотребле-

ния показывает, что территория комплекса располагает достаточными ресурсами поверхностных и подземных вод для полного ее обводнения, а также для создания участков оазисного орошения. Зимние пастбища в песках Муюн-Кум могут быть полностью обводнены подземными водами, летние пастбища в степи Сары-Арка и весенне-осенние пастбища в пустыне Бетпак-Дала — за счет комплексного использования подземных и поверхностных вод.

Малая водообеспеченность их объясняется не только недостаточностью числа обводнительных сооружений, неудовлетворительным их состоянием, несовершенством их конструкций, а также низким темпом проводимых обводнительных работ.

#### СХМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕТПАК-ДАЛИНСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ХАРАКТЕРУ ВОДОИСТОЧНИКОВ

В целях правильного выбора метода обводнения территории, а также выбора наиболее эффективного типа и конструкции обводнительных сооружений, водоподъемных механизмов, способов строительства их и т. д., проведено схематическое районирование территории сезонных пастбищ по характеру водоисточников (рис. 2).

**Район родниково-колодезно-прудового и речного водоснабжения.** Район с таким типом водоснабжения занимает центральную и восточную части территории летних пастбищ Сары-Арка. Рельеф здесь сильно расчлененный, осадков выпадает значительно больше, чем на окружающих равнинах. Породы, слагающие этот район, сильно дислоцированы, разбиты многочисленными трещинами, по которым инфильтрационные воды проходят в более глубокие слои, скапливаются в породах и выходят в виде нисходящих родников в межгорных понижениях, на склонах долин и у подножья возвышенностей. Вода в них преимущественно пресная (плотный остаток 200—250 мг/л), дебит колеблется от 0,1 до 10,0, а иногда до 15—20 м<sup>3</sup>/час, но чаще в пределах 2—5 м<sup>3</sup>/час. Для рационального использования их необходимо построить каптажные сооружения, конструкция которых приведена ниже.

В межсочных долинах и в долинах речных систем, заполненных рыхлообломочными отложениями, шахтными колодцами вскрываются пресные грунтовые воды на глубине 1—4 м с дебитом от 0,2 до 2,0 м<sup>3</sup>/час. Эксплуатация малобитных (0,2—1,0 м<sup>3</sup>/час) подземных вод целесообразна колодцами большой емкости. При дебитах свыше 1,0 м<sup>3</sup>/час обычно строят колодцы диаметром  $d=1$  м, с заглублением в водоносный слой не менее чем на 3 м.

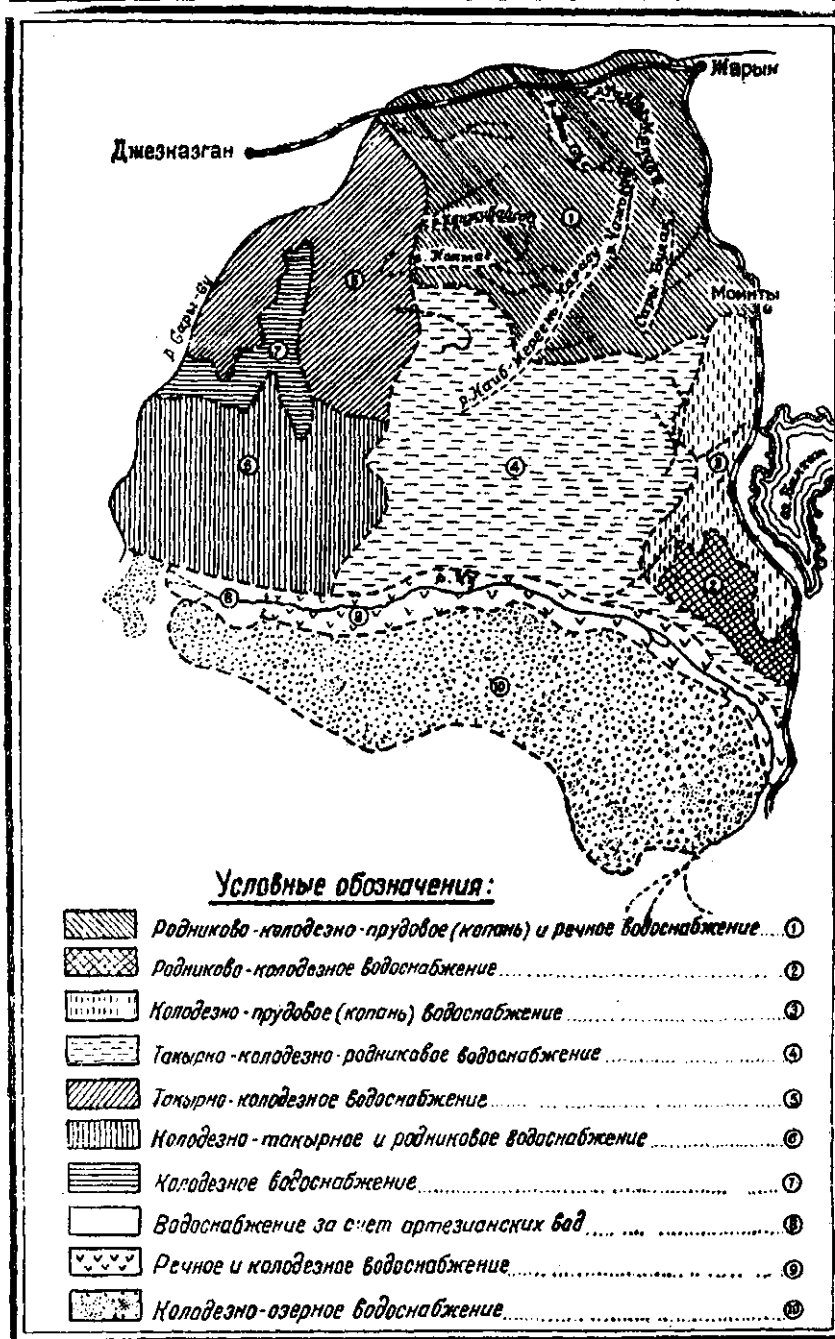


Рис. 2. Карта схематического районирования территории Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ по характеру водоисточников.

Территорию этого района с севера на юг и с востока на запад прорезает большое количество рек, речек и временных водотоков (реки Ата-Су, Талды-Моёака, Коктас, Шажай и др.), основной сток которых проходит за 5—15 дней во время весеннего паводка. Затем русла их разбиваются на многочисленные неглубокие (до 1—2 м) плесы в большинстве случаев с пресной водой, подпитываемые за счет подруслового потока. Для водоснабжения должны быть использованы как воды плесов и аллювиальных отложений, так и паводковые воды, аккумулированные в искусственных водоемах (русловые копани и др.).

**Район родниково-колодезно-прудового водоснабжения.** Территория его расположена в юго-восточном углу пустыни Бетпак-Дала — в районе гор. Джамбула, Кой-Жарылган, Хантау, Куели-Каратау (Чу-Илийский водораздел). По характеру рельефа он сходен с первым районом. С указанных гор берут начало многочисленные небольшие речки, саи и лога, теряющиеся в прилегающих к горам долинах, сорах и соленых озерах. Сток наблюдается только ранней весной при снеготаянии. Плесы встречаются редко. В долинах рек, саях и логах возможно устройство искусственных водоемов — преимущественно взрывкопаней.

Грунтовые воды в аллювии временных водотоков залегают на глубинах до 4 м. Дебит их составляют от 0,010 до 2,0, а иногда и более м<sup>3</sup>/час. По качеству преобладают пресные и солоноватые воды. У подножий возвышенностей и в межгорных понижениях выклиниваются трещинные воды в виде родников или они вскрываются шахтными колодцами на глубине до 2—3 м. Дебит подавляющего большинства водоисточников не превышает 0,5 м<sup>3</sup>/час. Вода их вполне может быть использована для поения скота. Рациональными сооружениями для добычи подземных вод являются колодцы большой емкости.

**Район колодезно-прудового водоснабжения.** Расположен он на северо-восточной и восточной окраинах пустыни Бетпак-Дала. Территория представляет равнинный мелко-сопочник, состоящий из отдельных групп холмов и возвышенностей, разделенных обширными межсопочными равнинами и долинами сухих речек, саев и других временных водотоков. Густота речной сети не превышает 1—2 км на 100 км<sup>2</sup>. Сток наблюдается только в короткий период (5—10 дней), а затем все водотоки пересыхают. Грунтовые воды здесь повсеместного распространения не имеют. Они вскрываются у подножий сопок, в аллювиально-делювиальных отложениях, в аллювии мелких речек, саев и на склонах солончаковых понижений.

Они пресные, солоноватые и соленые (преобладают солоно-

ватые воды), но для водопоя скота в большинстве случаев вполне пригодны. Водоносные горизонты залегают на глубине от 1 до 3—4 м. Дебит колодцев колеблется от 0,1 до 0,8 м<sup>3</sup>/час и редко бывает больше. В зонах тектонических разломов наблюдаются выходы трещинных вод в виде родников, они вскрываются также неглубокими шахтными колодцами. Вообще родников насчитывается очень мало (до 10 шт.). Такыров в районе незначительное количество, расположены они преимущественно в юго-восточной части урочища Кзыл-Кенгир.

Подземные воды глубоких горизонтов не исследованы. Район слабо водообеспечен. Повышение водообеспеченности возможно путем устройства копаней в руслах логов, балок и на склонах бессточных соровых и солончаковых понижений, а также за счет устройства колодцев с большой емкостью в водоприемной части для эксплуатации малобитных водоносных горизонтов. Как временную меру для обеспечения водопоя животных здесь можно практиковать перевозку воды в автоцистернах.

**Район такырно-колодезного и родникового водоснабжения.** Этот район занимает центральную часть пустыни Бетпак-Дала, охватывая более  $\frac{2}{3}$  ее площади. Рельеф холмисто-увалистый, Отдельно разбросанные сопки и холмы чередуются с крупными понижениями, занятыми мокрыми и пухлыми солончаками. Речная сеть развита слабо. Широкое распространение имеют такыры (более 800 шт. с площадью от нескольких до 100—200 га). Коэффициент стока с их водосбора составляет 0,02—0,05, на чаше такыров — 0,25—0,5 (большее значение для северной части пустыни). Такыры заполняются талой и ливневой водой и превращаются во временные озера, пересыхающие через 15—30 дней.

Без устройства притакырных копаней использование поверхностных вод, скапливающихся в такырах, невозможно.

Подземные — трещинные воды распространены локально и выходят в зонах тектонических разломов в виде родников, а также вскрываются шахтными колодцами на глубине до 3—4 м. Дебиты источников колеблются от 0,01 до 5—6, а иногда и больше м<sup>3</sup>/час. Шахтные колодцы имеют дебит до 0,5 м<sup>3</sup>/час. Трещинные воды преимущественно пресные и солоноватые.

Расстояния между водоисточниками обычно составляют 15—30 км, а в отдельных случаях более 100 км. Дебит большинства источников к осени резко снижается, а такыры пересыхают. Поэтому в этот сезон скот недопаивается или остается непоеным. Существующее водоснабжение не может удовлетворить потребности того поголовья скота, которые возможно выпасать здесь, исходя из кормоемкости района.

Полное обводнение района можно осуществить за счет максимального использования поверхностных вод, скапливающихся в такырах, путем устройства притакрырных копаней, отыскивания и использования вод более глубоких водоносных горизонтов и реконструкции всех существующих шахтных колодцев на колодцы с большой емкостью в водоприемной части, а также повсеместного каптажа родников. На отдельных участках необходимо (как временная мера) организовать развозку воды в специальных автоцистернах.

**Район такырно-колодезного водоснабжения.** Этот район занимает северо-западную часть пустыни Бетпак-Дала и западную часть степи Сары-Арка. Присарысуйские пески выделены в самостоятельный седьмой район. Рельеф района представляет столово-останцовую волнистую равнину. В северо-западном углу Бетпак-Далы он несколько больше расчленен, появляются останцовые возвышенности, озерные и соровые впадины. Далее на северо-запад в пределах степи Сары-Арка он переходит в холмисто-увалистую равнину. По западной окраине его протекает река Сары-Су. Речная сеть развита чрезвычайно слабо, но имеются многочисленные такыры площадью от 1 до 50—200 га, размещенные по территории района более или менее равномерно. Результаты исследования формирования такырных вод показали, что при проведении соответствующих технических мероприятий такыры вполне могут служить источником обводнения пастбищ.

Грунтовые воды здесь преимущественно соленые (с содержанием солей 10 и более г/л) и залегают на глубине от 3 до 20—30 м. Пресные воды в районе почти отсутствуют и лишь на отдельных участках среди общего поля повышенно минерализованных вод образуются линзы солоноватой воды. При строительстве и эксплуатации шахтных колодцев, добывающих воду из этих линз, следует принять меры, исключающие подсосывание нижележащих соленых вод.

Водоснабжение района в основном может быть осуществлено за счет такырных вод, аккумулированных в притакрырных копанях и колодцах и развозки воды в автоцистернах.

**Район колодезно-такырного и родникового водоснабжения.** Район располагается в западной части плато Бетпак-Дала. На севере он ограничен чинком, на западе и юге — долинами рек Сары-Су и Чу. Восточную его границу можно провести примерно по 69° восточной долготы или по Уванасской скотопроектной трассе. Поверхность района представляет собой приподнятую плоскую слабоволнистую равнину с большим количеством пологих ложбин глубиной 15—30 м, шириной — 5 км. В юго-западных углублениях расположены большие соры (Асказан-Сор, Ащи-Куль и т. д.). Речная сеть за исключением



нескольких саев в районе отсутствует. Поверхностные воды наблюдаются только в такырах. Образуются они в основном за счет ливневых дождей, выпавших на поверхность такыра.

Однако не всегда бывают ливни большой интенсивности, позволяющие собрать необходимое количество воды для водопоя скота. Поэтому необходимо устраивать притакрыные копани многолетнего регулирования.

Грунтовые воды повсеместного распространения здесь не имеют. В большинстве случаев они вскрываются шахтными колодцами в аллювиально-пролювиальных отложениях, слагающих склоны отдельных понижений, в аллювий — самих понижений и саев. Грунтовые воды вскрываются на глубине от 3 до 20 м. Воды эти преимущественно солоноватые и соленые, но на отдельных участках можно встретить и пресные воды. Дебит колодцев изменяется от сотых до десятых долей литра в секунду. Родников здесь насчитывается до 10 штук. В основном они расположены в причинковой полосе. Воды в них пресные и слабосоленые. Расходы колеблются от 0,005 до 0,2 л/сек.

Водоснабжение должно осуществляться за счет колодцев большей емкости и колодцев на такырах, из притакрыных водоемов и использования родников. На отдельных безводных участках придется применять развозку воды.

**Район преимущественно колодезного водоснабжения.** Территория его охватывает Присарысуйские пески площадью в 324,7 тыс. га. Присарысуйские пески Муюн-Кум, Семень-Кум, Жеты-Конур, Сасык-Чинель и Кара-Коин расположены на западной окраине пустыни Бетпак-Дала, на левобережье реки Сары-Су. Эти песчаные массивы характеризуются грядово-бугристым рельефом, служащим естественной защитой животных от ветров и буранов. Хорошие корма, сравнительно мягкий климат, непродолжительная зима, небольшой снежный покров и т. д. благоприятствует зимнему содержанию скота на этих пастбищах. Поверхностные воды весной, редко осенью, в значительном количестве скапливаются в многочисленных такырах, расположенных на окраинах песчаных массивов и на выравненных участках песков. Грунтовые воды имеют повсеместное распространение. Дебит колодцев около 0,05—0,1 л/сек, а иногда до 0,20 л/сек. Водоносные горизонты залегают на глубине 0,4—3,0 м, чаще всего 1,0—1,5 м. В районе преобладают пресные и солоноватые воды. Общая минерализация колеблется от 1 000 до 2 540 мг/л, а иногда до 3 600 мг/л на окраинах солончаков.

В колодцах, заложенных в малодобитных водоносных грунтах, для создания объема воды, равного суточному водопотреблению, необходимо заглубить водоприемную часть в водо-

носный слой на 3—4 м. В тех случаях, когда дебит грунтовых вод менее 0,05 л/сек, следует создавать необходимый запас воды путем устройства горизонтальных водосборов.

Водоснабжение этого района целесообразно организовать за счет использования грунтовых вод путем устройства шахтных колодцев  $d=1$  м и колодцев малого диаметра, а также частично поверхностных (такырных) вод.

**Район водоснабжения за счет артезианских вод.** Этот район занимает полосу вдоль долины реки Чу, от озера Большие Камкалы до западной границы территории совхоза Джуван-Тюбе (долина реки Сары-Су).

Восходящие источники, называемые «тма», могут обводнить часть зимних выпасов совхозов «Тасты» и «Джуван-Тюбе», расположенных вдоль левобережья реки Чу. В настоящее время эти источники в санитарно-техническом отношении находятся в неудовлетворительном состоянии. В современном состоянии расход их колеблется в пределах 0,020—0,166 л/сек. Однако при применении рекомендуемого нами каптажного сооружения производительность «тма» может быть значительно повышена.

В низовьях реки Сары-Су и в долине реки Чу на глубине 200 м и более вскрыты самоизливающиеся пресные и солоноватые воды. В настоящее время для водоснабжения центральных усадеб совхозов «Джуван-Тюбе» и «Тасты» используются воды из самоизливающихся скважин дебитом до 3—4 л/сек.

Напорные воды вскрыты также в урочище Чулак-Эспе. Таким образом, этот район может быть обводнен за счет использования восходящих источников «тма» и напорных межпластовых вод.

**Район речного и колодезного водоснабжения.** Этот район охватывает низовья реки Чу и используется как база заготовки грубых кормов. Водопой скота из реки осуществляется весной и осенью при перегоне скота с зимних пастбищ на летние и обратно, а также небольшого поголовья скота, зимующего в предпесковой зоне.

Живой ток реки Чу как весной, так и осенью во много раз превышает потребность животных в воде. Вода в реке и плесах пресная, удовлетворительного качества.

Грунтовые воды в пойме реки Чу залегают на глубине 1—10 м, преимущественно пресные и солоноватые. Водоносные грунты — тонкозернистые и мелкозернистые, пльвуны. В низовой части реки минерализация грунтовых вод увеличивается, однако они вполне пригодны для удовлетворения нужд животноводства и других водохозяйственных потребностей. Дебит скважин и колодцев обычно составляет около 0,5 л/сек при понижении на 1 м.

Плывунные грунты наиболее целесообразно вскрывать шахтными колодцами с железобетонным креплением с «V»-образными гравитационными фильтрами.

**Район колодезно-озерного водоснабжения.** Этот район занимает территорию песчаного массива Муюн-Кум. Короткая и малоснежная зима, относительно мягкий климат, богатые корма, а также бугристо-грядовый рельеф, являющийся естественной защитой животных во время непогоды, позволяют организовать зимнее содержание скота на подножном корму и в большом количестве. Поверхностные воды отсутствуют, но грунтовые воды имеют повсеместное распространение. Динамический запас их, по данным У. М. Ахмедсафина, составляет около 1—1,2 млрд. м<sup>3</sup>. В центральной части Муюн-Кума и в урочище Чуль грунтовые воды залегают на глубине 20—50 м, в чуротных понижениях они лежат на глубине до 5,0 м, а в отдельных местах выходят на поверхность, образуя озера довольно значительных размеров. В равнинной части грунтовые воды вскрываются шахтными колодцами и скважинами на глубине 10—20 м. Минерализация грунтовых вод территории Муюн-Кумов в общем довольно пестрая.

На территории урочища Чуль в чуротных понижениях преобладают пресные грунтовые воды с плотным остатком до 1,0 г/л, в центральной части — пресные и солоноватые воды с плотным остатком от 1 до 3,0 г/л. На северных и южных окраинах массива минерализация вод увеличивается от 3 до 10 г/л. В западной части в большинстве случаев вскрываются соленые и горько-соленые грунтовые воды.

Дебит колодцев составляет в Чуле и чуротных понижениях от 20 до 60 м<sup>3</sup>/сут, в центральной части — от 10 до 20 м<sup>3</sup>/сут, и на северных и южных равнинах — от 1 до 10 м<sup>3</sup>/сут. Дебит колодцев и скважин здесь может быть увеличен до нескольких сот кубических метров в сутки за счет увеличения глубины скважины.

#### ОБВОДНИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И ИХ РАЗМЕЩЕНИЕ

В зависимости от геологических, гидрогеологических, гидрологических и рельефных условий каждого вышеприведенного района, а также хозяйственных требований установлены следующие типы обводнительных сооружений (рис. 3).

Шахтные колодцы большой емкости в водоприемной части\*. Назначение их — создать необходимые

\* Идея создания колодца большой емкости предложена Бегпак-Далинской опытной станцией животноводства им. К. М. Мынбаева. Институтом водного хозяйства изучен режим работы колодца, усовершенствована конструкция его, разработаны способы производства работ, проверена работа колодца в условиях производства.

запасы воды в водопойном пункте. Запас воды в существующих на скотопрогонных трассах колодцах не превышает 2—2,5 м<sup>3</sup>, а дебит их преимущественно менее 1,0 м<sup>3</sup>/час. Во время перегона скота по пустыне Бетпак-Дала на каждом водопойном пункте сосредоточивается значительное количество скота. Вследствие недостаточности запасов воды в существующих колодцах водопой длится 5—10 и более часов, а иногда скот недопоенным уходит до следующего водосточника. Поэтому для удовлетворения потребности животных в воде и сокращения продолжительности водопоев их выявилась необходимость устройства колодцев с водоприемной частью большой емкости (рис. 4).

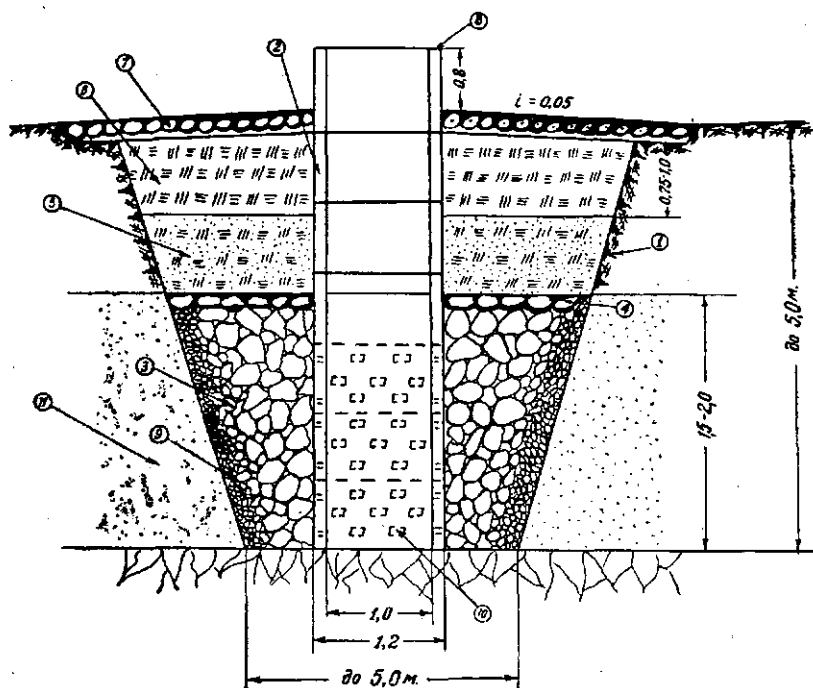


Рис. 4. Шахтный колодец большой емкости для эксплуатации малодобитных подземных вод.

1 — котлован. 2 — железобетонные кольца, 3 — каменная наброска, 4 — плиточные камни, 5 — земляная засыпка, 6 — глиняный замок, 7 — каменная отмостка, 8 — оголовок, 9 — обратный фильтр, 10 — отверстия для притока воды, 11 — песчаные, супесчаные, суглинистые, водоносные породы.

Сущность устройства таких колодцев заключается в том, что роется котлован диаметром 3—6 м и более. В середине его образуют ствол диаметром в 1 м из железобетонных колец или

из камня, а пространство между кольцами и стенками котлована выполняют камнями (в пределах водоприемной части) так, чтобы между ними оставались большие пустоты (не менее 50% объема), которые затем заполняются притекающей грунтовой водой.

Относительно малая глубина залегания подземных вод на территории пустыни Бетпак-Дала (1—4 м) благоприятствует устройству таких подземных резервуаров емкостью в 5—10—30 м<sup>3</sup> и более, наполняющихся в течение суток как бы автоматически.

В конструктивном отношении шахтный колодец большой емкости представляет собой котлован (рис. 4) необходимого диаметра, прорезающий водоносный пласт на глубину не менее 2 м, с дном, в большинстве случаев упирающимся в твердую породу.

В тех случаях, когда водоносный слой большой мощности состоит из рыхлообломочной или трещиноватой пород, дно котлована закладывается в них на такой глубине (обычно не менее 1,5—2,0 м), чтобы при наименьшем уровне подземных вод (обычно в осенний период) запас воды в подземном резервуаре удовлетворял суточную потребность животных, перегоняемых через территорию.

Запас воды, создаваемый в водоприемной части таких колодцев, зависит от объема пустот, образуемых между камнями.

Данные лабораторных и производственных исследований показали, что величина пустот между камнями зависит от формы, размера и способа их укладки.

При исследовании зависимости запаса воды в водоприемной части колодцев большой емкости от указанных факторов было поставлено 20 серий опытов, из них 11 в лабораторных и 9 в производственных условиях. Лабораторные исследования колодцев большой емкости производились на территории опорного пункта института, а производственные испытания их — на территориях пустыни Бетпак-Дала и степи Сары-Арка. Причем на Уланбельской скотогонной трассе, в пустыне Бетпак-Дала, построены такие колодцы в местах: Байбол, Малый Сары-Камыс, Сор-Камыс, Ушкара-Сай верхний, Клыш-Кры и Чингельды-Узек. В степи Сары-Арка построены 3 колодца описываемого типа, из них два в районе горы Джельды-Тау и один в Ак-Дале.

Влияние формы и размеров заполнителей — камней на величину запаса воды в колодцах большой емкости. Данные испытаний колодцев большой емкости с водоприемной частью, образованной камнями разной формы и размеров, приведены в табл. 1.

Запас воды в колодцах большой емкости в зависимости от формы и размеров камней, заполняющих водоприемную часть

Форма камней	Способ укладки камней	Средние размеры камней, см	Объем котлована в пределах водоприемной части колодца, м <sup>3</sup>	Объем заполнения (камня) м <sup>3</sup>	Создаваемый запас воды в колодцах	
					м <sup>3</sup>	%
Эталон—круглые камни . . . . .	в наброску	d = 10	0,69	0,385	0,305	44
Камни различной формы (круглые, плоские, квадратные и т. д.)	«	d = 5 — 20	1,71	1,24	0,47	27,5
Камни различной формы . . . . .	«	d = 10 — 20	3,83	2,33	1,50	39
Камни различной формы . . . . .	«	d = 25 — 40	2,06	1,18	0,88	42,7
Камни различной формы . . . . .	«	d = 30 — 40	2,13	1,21	0,92	43,1
Камни, погруженные экскаватором в автомашину-самосвал . . . . .	«	d = 3 — 40	10,0	7,15	2,85	29
Камни плиточные . . . . .	«	h = 10—15*	4,59	2,29	2,30	50,1
Камни плиточные . . . . .	«	{ h = 5, b = 20, l = 30	6,87	5,87	1,10	16
Камни плиточные . . . . .	«	{ h = 15, b = 25, l = 40	18,0	8,14	9,86	54,5
Круглые и плиточные камни . . . . .	50% в наброску 50% ручная укладка.					

Примечание:

- \*h — толщина плиточного камня.  
b — ширина плиты.  
l — длина плиты.

Таблица 2

Запас воды, создаваемый между камнями в колодце большой емкости в зависимости от способа заполнения водоприемной части камнями

Способ укладки камней	Средние размеры камней, см	Объем котлована в пределах водоприемной части колодца, $V_{\text{котлов.}}$ в $\text{м}^3$	Объем заполнения (каменной) $\text{м}^3$	Создаваемый запас воды в колодце	
				$\text{м}^3$	в % от котл.
Наброска вручную (валунов) . . . . .	$d = 5 - 20$	10,10	6,90	3,20	29
Наброска вручную (валунов) . . . . .	$d = 30 - 40$	2,13	1,20	0,92	43,1
Наброска вручную (плитняк) . . . . .	$h = 15$ $b = 40, l = 60$	4,59	2,29	2,30	50,4
Лучевая укладка вручную (валуны) . . . . .	$d = 20 - 40$	3,48	2,23	1,25	50,4
Лучевая укладка вручную (плитняк) . . . . .	$h = 20, l = 30,$ $h = 45$	4,11	1,76	2,35	57,0
Шахматная укладка вручную (валуны) . . . . .	$d = 20 - 40$	2,52	1,27	1,25	49,6
Шахматная укладка вручную (плитняк) . . . . .	$b = 20, l = 40,$ $h = 20$	7,42	3,03	4,39	59,0

Примечание:  $d$  — диаметр,  $b$  — ширина,  $h$  — толщина,  $l$  — длина.

Из таблицы видно, что при одинаковых способах укладки камней в водоприемную часть колодцев большой емкости запас воды в них в значительной степени зависит от формы и размеров камней. Камни разной формы и размера более плотно укладываются между собой и запас воды, создаваемый ими в колодцах, не превышает 27—39% от объема котлована в пределах водоприемной части колодца ( $V_{\text{к}}$ ). Камни разных размеров, но одинаковой формой позволяют создать запас воды в колодцах от 42 до 43,1%, а камни с одинаковыми размерами и круглой формы—44—45% от  $V_{\text{к}}$ . При этом величина его постоянна для круглых камней любых диаметров.

Тонкие (5—10 см) плиточные камни при наброске сильно дробятся. Мелочь заполняет значительную часть пустот, образовавшихся между целыми камнями. Вследствие этого запас воды в колодцах с водоприемной частью, образованной плиточными камнями, колеблется в пределах 15—16% от  $V_{\text{к}}$ . Колодец «Никита», построенный из мелких и тонких плиточных камней, имеет запас воды, равный 0,15  $V_{\text{к}}$ . Водоприем-

Таблица 3

Характеристика колодцев большой емкости, построенных на территории Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ

Наименование колодца	Дебит, м <sup>3</sup> /час	Глубина, в м.			Объем					Способ укладки камня	Средний размер и форма камня
		до дна	до статического горизонта воды	Средняя площадь сечения колодца, м <sup>2</sup>	водоприемной части колодца, м <sup>3</sup>	камня в водоприемной части, м <sup>3</sup>	Воды				
							м <sup>3</sup>	%			
Байбол 1 . . . . .	0,50	3,5	2,5	0,8	0,8	—	0,8	100	Обычный шахматный колодец d = 1,0 м		
Байбол 2 . . . . .	0,50	3,5	2,5	18,0	18,0	8,14	9,86	54,8	Наброска валунов и укладка плиточных камней в закрой	Валуны d = 0,2—0,3 плиточные м камни 40×25×15см Валуны d = 20×45	
Желды-Тау 1 . . . . .	1,25	3,0	0,5	4,0	10,0	7,20	2,80	35,0	Наброска камней	Валуны d = 20×45	
Желды-Тау 2 . . . . .	0,20	2,0	0,5	7,8	11,7	4,66	7,04	67,0*	Ручная кладка специально подобранных плиточных камней в закрой.	60×20×15	
Верхний Уш-Карасай . . . . .	0,09	2,9	1,55	9,35	12,5	7,40	5,10	40,0	Наброска камней	Нет сведений	
Ак-Дала . . . . .	0,31	5,21	3,11	7,45	15,65	9,85	5,80	37,0	Наброска камней	Валуны d = 0,22—0,3 разные	
Сор-Камыс . . . . .	0,29	3,15	0,55	8,55	22,20	13,20	9,00	36,0			



Наименование колодца	Дебит, м <sup>3</sup> /час	Глубина, в м		Средняя пло- щадь сечения колодца, м <sup>2</sup>	водопрем- ной части колодца, м <sup>3</sup>
		до дна	по стати- ческого горизонта воды		
Малый Сары-Ка- мыс . . . . .	0,45	1,80	0,50	19,30	24,90
Клыш-Кры . . . . .	0,24	2,18	0,98	7,27	9,00
Тас-Жарган . . . . .	0,45	1,88	0,35	5,30	8,10
Тунлюкты . . . . .	0,53	3,14	1,10	4,00	8,16

\* С учетом столба воды в колодце.

Продолжение таблицы 3

Камень в водоприемной части, м <sup>3</sup>	Объем		Способ укладки камня	Средний размер и форма камня
	воды			
	м <sup>3</sup>	%		
14,90	10,00	40,0	Наброска камней	Валуны d = 0,22—0,3 разные
3,90	5,10	57,0*	Ручная кладка	
—	8,10	100	Бассейн вылож. из камня: Толщина стенки 0,3—0,7	Стенки бутовые
—	8,16	100	Бассейн. Стенки выложены из бутового камня, толщина стенки 0,3—0,7	„

ная часть колодца «Байбол 2» устроена из круглых ( $d=0,2-0,3$  м) и плиточных ( $0,25 \times 0,40 \times 0,15$ ) камней и запас воды в нем составил  $9,86 \text{ м}^3$ , или 54,5% от объема котлована в пределах вскрытого водоносного грунта.

Наименьший объем воды (29% от  $V_k$ ) в колодце большой емкости образовался при заполнении его камнями самосвалом из автомашины, так как при погрузке ее экскаватором ковш зачерпывал камни разных размеров и форм.

Таким образом, наибольший объем воды в колодцах большой емкости создается при заполнении водоприемной части его камнями одинаковой формы и размеров или плиточными камнями значительной толщины (более 15 см).

Влияние способов укладки камня в водоприемную часть колодца большой емкости на величину запаса воды в нем. В табл. 2 приведены результаты испытания колодцев большой емкости с водоприемной частью, заполнявшейся камнями различным способом.

Сопоставление объемов воды, полученных при разных способах укладки камня в водоприемную часть колодцев большой емкости, показывает, что наибольший объем (59%) воды создается в колодцах, где водоприемная часть образована плиточными камнями, уложенными вручную.

Наименьший объем воды в колодце создается при наброске камней разных размеров и форм. Однако наброска крупных блоков из плиточных камней создает почти такой же запас воды (50,4%), какой получится при ручной укладке валунов (50,4%).

При заполнении водоприемной части колодца камнями в наброску большое влияние на величину запаса воды в нем имеет форма и размеры заполнителей, а при ручной укладке их этого не наблюдается.

Ручная укладка плиточных камней в шахматном порядке создает больший запас воды в колодце, чем укладка камней

Таблица 4

Величина пустот между камнями в колодцах большой емкости в зависимости от способа укладки, форм и размеров камней (в процентах)

Способы укладки	Валуны с средним диаметром, см					Крупные плиточные блоки
	5—20	10—20	20—40	30—40	абсолютно круглые	
Наброска вручную . . . . .	30	35	—	40	44	50
Самосвалом из автомашины . . . . .	29	—	—	—	44	—
Укладка вручную . . . . .	—	—	42	50	44	59

лучевым способом (табл. 2). При наличии карьера с плиточными камнями и заготовки из них блоков со сторонами в 50—70 см применение шахматного способа укладки позволяет создать объем воды в колодце, равный 60—65% от объема котлована колодца в пределах водопримной части.

В условиях пустыни Бетпак-Дала и северо-восточной части степи Сары-Арка, где запасы плиточных камней огромны, устройство колодцев с такой водопримной частью не вызывает особого затруднения. Однако выбор того или иного способа устройства водопримной части колодца большой емкости зависит от наличия и характера заполнителя, дальности возки, объема работ, обеспеченности рабочей силой и т. д. и определяется технико-экономическими расчетами.

Данные производственных испытаний колодцев большой емкости приведены в табл. 3.

Из сравнения результатов лабораторных и производственных испытаний колодцев большой емкости (табл. 1, 2 и 3) видно, что разница величины запасов воды (пустот) между камнями, полученная в колодцах, построенных в производственных и лабораторных условиях, незначительна — 2—3%. Особенно это наблюдается при наброске в котлован валунов и при ручной кладке плиточных камней. Следовательно, полученные величины пустот между камнями могут быть использованы при расчете колодцев большой емкости.

По данным таблиц 1, 2 и 3 составлены расчетные величины пустот между камнями в колодцах большой емкости в зависимости от размеров, форм и способов их укладки (табл. 4).

Расчетную величину пустот между камнями можно определить из следующей зависимости:

$$p_p = p_0 k \text{ в процентах,}$$

где  $p_0$  — объем пустот между абсолютно круглыми камнями;

$k$  — коэффициент, учитывающий размеры, форму и способ заполнения колодца камнями. При наброске валунов вручную  $k_{вн} = 0,68—0,9$ , плиточных камней вручную —  $k_{пн} = 1,10$ , самосвалом  $k_c = 0,66$  ручной кладке валунов:  $k_{вп} = 0,95—1,10$ ; плиточных блоков вручную  $k_{пр} = 1,34$ .

#### Расчет колодцев большой емкости

Необходимый суточный запас воды в колодце для водопоя скота, перегоняемого по скотогонной трассе, т. е. объем подземного резервуара колодца большой емкости определяется по формуле:

$$V_3 = 0,001NP = QT - qSt + V_m,$$

где  $N$  — количество водопотребителей — голов скота;  
 $P$  — суточная норма водопотребления на одну голову, л;  
 $T$  — время, в течение которого должен наполниться подземный резервуар; часы  
 $Q$  — дебит колодца, м<sup>3</sup>/час;  
 $q$  — удельный дебит колодца, м<sup>3</sup>/час;  
 $S$  — глубина понижения уровня воды в колодце, м;  
 $t$  — продолжительность процесса водопоевания, часы;  
 $V_m$  — мертвый объем, который остается на дне колодца, исходя из условий работы насоса.

Углубляя ствол шахты в грунт на 0,5 м,  $V$  м свести на нуль. Величиной  $qSt$  при дебите водоносного горизонта менее 1 м<sup>3</sup>/час и продолжительности водопоевания не более 2-х часов можно пренебречь из-за малой его величины, тогда:

$$V_3 = QT : N = \frac{QT}{0,001P};$$

Но так как объем притекающей воды должен занимать пространство между камнями и шахту колодца, то  $QT = V_n + V_m$ , откуда  $QT = V_3 = V_n + V_m$ , где  $V_n$  — объем воды, собирающийся в пространстве между камнями, равный:

$$V_n = \frac{\pi h n_p}{12} (D_b^2 + D_0^2 + D_b \cdot D_0 - 3d^2),$$

$$V_m = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h$$

$V_m$  — объем воды в шахте колодца;  
 $h$  — высота столба воды в колодце;  
 $D_b$  — диаметр колодца на уровне статического горизонта грунтовых вод, равный:  $D_b = D_0 + 2mh$   
 $D_0$  — диаметр колодца по дну;  
 $m$  — откос котлована;  
 $d$  — наружный диаметр шахты колодца = 1,2 м;  
 $n_p$  — объем пустот в % от полного объема котлована в пределах водоприемной части, равный  $n_{ok}$

Тогда:  $V_3 = \frac{\pi h n_p}{4} (D_0^2 + 2mhD_0 + \frac{4}{3}m^2h^2 - d^2) + \frac{\pi h d^3}{4};$

Диаметр по дну колодца большой емкости может быть определен по формуле:

$$D_0 = -mh \pm \sqrt{\frac{4 V_n}{\pi h n_p} - \frac{m^2 h^2}{3} + \frac{d^2(n_p - 1)}{n_p}};$$

Каптаж родников. В степи Сары-Арка и пустыне Бетлак-Дала нередки выходы трещинных и грунтовых вод на поверхность. Они образуют родники, заболоченные участки и мочажины. В существующем состоянии они не могут служить надежным источником обводнения, поэтому следует провести каптаж почти всех родников.

Отдельные родники обладают значительным дебитом. Например, из родника Айна-Булак производится орошение овоще-бахчевых культур на площади до 5 га. Забор воды из родника производится дренажными каналами. Дебит всех родников по нашим замерам составил 5 л/сек (5/VI—1957 год).

В VIII районе расположено значительное количество восходящих родников «тма» с сравнительно небольшими дебитами. При надлежащем устройстве на них каптажных сооружений они вполне могут обеспечить водой 3—4 отар овец.

В целях увеличения пропускной способности водоисточника и максимального использования на водой животных восходящих родников «тма» рекомендуется схема каптажного сооружения, приведенная на рис. 5.

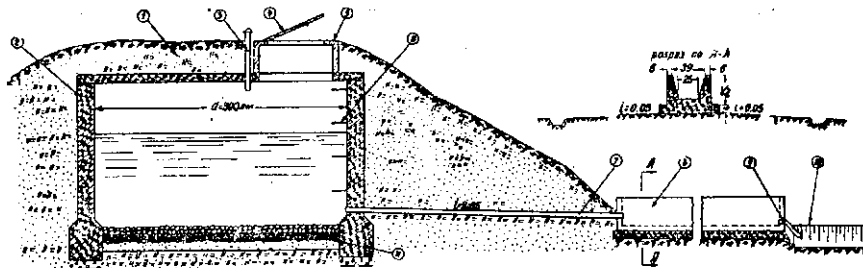


Рис. 5. Схема каптала «Тма»:

1 — земля; 2 — железобетонная стенка, 3 — вентиляционная труба, 4 — крышка люка, 5 — оголовок, 6 — лестница, 7 — водоотводная труба, 8 — корыто, 9 — сливная труба с пробкой, 10 — канавка, 11 — обратный фильтр.

Русловые копани. Трехлетнее исследование состояния искусственных водоемов и плесов Кургальджинского района (смежного со степью Сары-Арка) показали, что в условиях отгонного животноводства, где невозможно осуществить надлежащий надзор за водосбросными сооружениями прудов и прудокопаней, наиболее рациональным типом искусственного водоема являются копани разных видов.

Большие глубины (5—10 м и более) и малые площади зеркала копаней по сравнению с прудами позволяют значительно сократить потери на испарение и увеличить отдачу воды из водоема, а также сохранить хорошее качество воды. При одинаковой полезной отдаче объем копаней значительно

меньше объема пруда. Копани можно создать у пересыхающих озер, на горных речках (не в русле), в малозаметных тальвегах и даже в равнинной местности. В этом случае копань соединяется каналом с ближайшим водотоком. На территории Сары-Арка и в юго-восточном углу пустыни Бетпак-Далы имеется большое количество временных водотоков, на которых наиболее целесообразным является создание русловых копаней (искусственных плесов).

Размеры русловой копаней подбираются исходя из глубины 5—10 м ширины русла водотока и длины в соответствии с заданным объемом. Например, русловая копань для водопоя отары овец опытной станции в 700 голов и продолжительности летнего содержания их в 4 месяца, учитывая потери воды на фильтрацию и испарение при расчетной обеспеченности в 90%, должна иметь (ориентировочно) объем 5 000 м<sup>3</sup>.

Русловую копань в условиях отгона целесообразно устраивать взрывным способом на выброс, так как применение других способов производства работ здесь менее эффективно, вследствие малых объемов (до 5,0 тыс. м<sup>3</sup>) и разбросанности объектов работ. Удельный расход взрывчатых веществ на 1 м<sup>3</sup> выброшенного грунта может составить 2,66 кг, иными словами, для устройства копаней с объемом в 5 000 м<sup>3</sup> требуется 13,3 т взрывчатого вещества.

Стоимость производства работ взрывным способом составляет около 7 руб за м<sup>3</sup>. Таким образом, стоимость устройства копаней составляет при одногодичном регулировании около 10 тыс. руб. и многолетнем — до 35 тыс. руб.

**П р и т а к ы р н ы е к о п а н и.** Существующие с 1952 год притакрырные копаней в местечке Шайтан-Симес и другие показывают на полную возможность эффективного использования такырных вод на обводнение пастбищ. Притакрырная копань представляет собой котлован устроенный в чаше такыра и соединенный с «хаком» при помощи канала. При этом дно канала закладывается на уровне с дном «хака» (в самом глубоком месте) и имеет уклон к копаней. В плане копаней можно придать квадратную или прямоугольную форму. Наиболее выгодно делать их прямоугольной формы с отношением ширины к длине 1:2, с откосами 1:1,5 и глубиной 7—10 м.

Определение потребного объема притакрырной копаней. В условиях отгонного животноводства полезный объем копаней ( $V_n$ ) состоит из объема полезной отдачи ( $V_0$ ) и объемов потерь на фильтрацию ( $V_\phi$ ) и испарение ( $V_n$ )  $V_n = V_0 + V_\phi + V_n$  м<sup>3</sup>;

Полезная отдача водоисточника при двухдневном исполь-

зовании приводопойного пастбищного участка составляет в год  $V_0 = 80\,000 \text{ овец} \times 5 \text{ л} \times 2 \text{ дня} + 80\,000 \text{ овец} \times 4 \text{ л} \times 2 \text{ дня} = 1\,440 \text{ м}^3$ .

Объем потерь на фильтрацию (при  $h_f = 0,230 \text{ м}$ ) и испарение (при  $h_n = 1,2 \text{ м}$ ) при глубине копани, равной 7—10 м, равен:

$$V_f + V_n = \frac{V_0}{1,5}, \text{ тогда}$$

$$V_n = V_0 + \frac{V_0}{1,5} = 1440 + \frac{1440}{1,5} = 2500 \text{ м}^3$$

В целях полного использования местного стока для достаточно гарантированного водоснабжения животных во время перегона необходимо многолетнее регулирование стока, поэтому, принимая длительность периода отсутствия стока в два года, находим:

$$V_{\text{пм}} = V_n + V_{\text{мн}} = 5000 \text{ м}^3$$

Расчет емкости копани приведен в табл. 5.

Таблица 5

Водный баланс копани

Годы	Приход	Слой воды, м		Расход	Слой воды, м	
		Слой воды, м	Объем, тыс. м <sup>3</sup>		Слой воды, м	Объем, тыс. м <sup>3</sup>
1-й год	Приток воды с водосбора и чаши такыра . . . . .	7,0	5,0	Весеннее водопотребление . . . . .	0,63	0,8
				Испарение и фильтрация . . . . .	1,5	1,6
				Осеннее водопотребление . . . . .	0,76	0,6
2-й год	Приток воды с водосбора и чаши такыра . . . . .	0	0	Весеннее водопотребление . . . . .	1,09	0,8
				Испарение и фильтрация . . . . .	1,0	0,5
				Осеннее водопотребление . . . . .	1,5	0,5
				Запас воды в снеге на поверхности копани . . . . .	0,08	0,11
	Осадки, выпадающие на поверхность копани . . . . .	0,04	0,05			
	Итого . . . . .		5,16			4,8



**Наливные бассейны.** В Бетпак-Далинском комплексе сезонных пастбищ насчитывается значительное количество местных понижений, в которых весной скапливается большое количество талых вод. В то же время соседние с ним пастбищные участки из-за безводия не используются. Обводнение таких участков возможно как за счет развозки воды в автоцистернах, так и применения быстроразборного трубопровода системы З. И. Метельского с наливным бассейном в конце водопровода.

Наливные бассейны могут быть применены и в степи Сары-Арка, где после прохождения паводка вода в плесах ряда рек становится непригодной из-за резкого повышения минерализации. Для этого на берегу реки строится наливной бассейн и опресненная паводком вода в плесе перекачивается в бассейн.

Наливные бассейны могут иметь объем от 5 000 до 100 000 и более м<sup>3</sup>.

#### **НОРМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ПОРЯДОК ОРГАНИЗАЦИИ И РАЗМЕЩЕНИЯ ВОДОПОЙНЫХ ПУНКТОВ**

**Нормы водопотребления.** На основании материалов двухлетних исследований института водного хозяйства, материалов Бетпак-Далинской опытной станции животноводства им. К. М. Мынбаева и других научных учреждений, рекомендуются следующие нормы водопотребления для овец: на зимних пастбищах — 4 л, весенних — 5 л, осенних — 4 л и летних — 6 л.

Приведенные нормы водопотребления определены для маточного поголовья полутонкорунных овец. Для тонкорунных овец приведенные нормы водопотребления следует сократить на 15—20%, а для казахских курдючных улучшенных пород и валухов увеличить на 10—15%.

Нормы водопотребления для овец на зимний период приняты на 20% выше против фактических (по рекомендации В. И. Соколова) с учетом подкормки их концентратами.

**Размещение водопойных пунктов на пастбищах.** По данным замеров фактического расстояния, на которое овцы удалялись от водопоя на пастбищах Сары-Арка, рекомендуется радиус водопоя принять от 2 км в горной и мелкосопочной частях до 4 км в равнинной части.

Площадь пастбищного участка вокруг водопойного пункта при этих радиусах водопоя составляет 1,2—5,0 тыс. га, практически величина ее изменяется в пределах от 1,2 до 3,0 тыс. га.

В условиях грядово-бугристых песков Муюн-Кума пре-

дельное удаление овец от водопойных пунктов в осенний и зимний периоды можно принять в 2—3 км.

**Размещение водопойных пунктов на скотопрогонных трассах (весенне-осенних пастбищах).** В рациональном использовании кормоемкости Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ важное место занимает пустыня Бетпак-Дала. От продуктивного и продолжительного (весною 45—60 дней и осенью 60 дней) использования кормозапасов ее полностью зависит возможность круглогодичного содержания на территории комплекса 4—5 млн. голов скота (в переводе на овец).

Здесь подземные воды распространены локально — очагами. Расстояние между водоисточниками колеблется от 15—40 до 60—120 км, чаще всего 20—40 км. Поэтому для создания необходимой сети обводнительных сооружений следует широко использовать поверхностные воды путем удержания и сохранения их в искусственных водоемах (в притакырных и русловых копанях).

В соответствии с существующим размещением такырных понижений и других водоисточников, а также материалов обследования уланбельского участка предполагается в пустыне Бетпак-Дале от озера Балхаш до реки Сары-Су разместить в среднем 55 водопойных пунктов и от реки Чу до степи Сары-Арки — 30 водопойных пунктов, расположенных друг от друга на расстоянии 5—10—15 км, в среднем 10 км.

**Организация водопоя на пастбищах.** Водопой овец на сезонных пастбищах комплекса должен осуществляться не реже двух раз в день. По данным хронометража, продолжительность водопоя одной отары овец в 800 голов, при механизированном водоподъеме и длине водопойного корыта в 15 м составляет 40—50 минут. Из одного источника должно получить воду не более 2 отар.

**Организация водопоя на скотопрогонных трассах (весенне-осенних пастбищах).** Организация водопоя на скотопрогонных трассах целиком зависит от принятой системы перегона животных. Исходя из ресурсов водоисточников и хозяйственных соображений необходимости полного использования кормозапасов весенне-осенних пастбищ, целесообразно перегон скота осуществлять фронтально по всей ширине пустыни Бетпак-Дала от озера Балхаш до реки Сары-Су, партиями по 80 000 голов (4 500 000 овец: 55 водопойных пунктов), выпускаемых на трассу через определенные промежутки времени. Выпасать животных на территории весенне-осенних пастбищ Бетпак-Далинская сотрудник опытной станции животноводства им. К. М. Мынбаева Ю. М. Нагорный рекомендует не более 60 дней весной и 60 дней осенью.

*Н. М. Владимиров,*

кандидат геолого-минералогических наук,

*И. Н. Тепляков,*

кандидат технических наук

### **ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ НУЖД СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Акмолинская область входит в число областей республики, на территории которых широко развернулись работы по освоению целинных земель. В последние годы на ее территории были организованы десятки новых совхозов и значительно расширены посевные площади ранее существовавших хозяйств.

Успешное проведение сельскохозяйственных работ встречает значительные трудности при разрешении вопросов водоснабжения и обводнения как существующих, так и вновь организованных хозяйств. Эти трудности обуславливаются физико-географическими и климатическими особенностями, которые не создают благоприятных условий для формирования достаточного количества пригодных для использования поверхностных и подземных вод. Главными среди этих особенностей являются: относительно небольшое годовое количество атмосферных осадков, довольно плоский равнинный рельеф и широкое распространение засоленных слабо водопроницаемых покровных отложений.

Эти и целый ряд других природных особенностей приводят к тому, что летние осадки преимущественно испаряются, а значительная часть зимних осадков весной быстро сбрасывается временными водотоками в реки или в бессточные озера.

Такое сочетание физико-географических и климатических условий приводит к тому, что на отдельных частях территории области ощущается заметный, а иногда острый недостаток и поверхностных, и подземных вод. В связи с этим освоение земель и строительство некоторых совхозов часто затрудняется.

Институтом водного хозяйства в 1956 году было проведено водохозяйственное обследование всей территории Акмо-

линской области и собрано довольно большое количество фондовых и архивных материалов о подземных водах.

В данной статье приводятся краткая характеристика подземных вод, составленная на основании обобщения собранных фондовых материалов и материалов обследования водоисточников области, и рекомендации по их использованию. Данные по оценке качества воды, ее дебиту и гидрогеологическое районирование территории облегчат разрешение вопросов водоустройства совхозов, колхозов и их территорий за счет использования подземных вод.

Анализ и систематизация сравнительно большого фактического материала о подземных водах позволили произвести гидрогеологическое районирование и выделить на территории области гидрогеологические районы и подрайоны с подземными водами, различными по условиям залегания, минерализации и производительности. При этом в принципе была сохранена схема гидрогеологического районирования, составленная в 1955 году Институтом Геологических наук АН КазССР. При выделении гидрогеологических районов в качестве определяющих факторов считались геоморфологические и геолого-структурные особенности отдельных частей территории. Внутри этих районов гидрогеологические подрайоны выделялись с учетом распространения комплексных пород, имеющих близкие фильтрационные и коллекторские свойства.

Оценка водообеспеченности гидрогеологических районов и подрайонов в статье условно принята следующая.

1. Хорошо водообеспеченные районы — территории, на большей части площади которых можно получить пресные или солоноватые, но пригодные для использования подземные воды с дебитом водоисточников более 0,5 л/сек.

2. Водообеспеченные районы — территории, на большей части которых можно получить пригодные для использования подземные воды с дебитом водоисточников более 0,1 л/сек.

3. Слабо водообеспеченные районы — территории, на меньшей части площади которых имеются пригодные для использования подземные воды с дебитом водоисточников более 0,05 л/сек, а на остальной площади — подземные воды с дебитом водоисточников менее 0,05 л/сек.

4. Очень слабо водообеспеченные районы — территории, на меньшей части площади которых имеются пригодные для использования подземные воды с дебитом водоисточников менее 0,05 л/сек, а на остальной площади вода практически отсутствует.

В статье также принято считать пресными водами те под-

земные воды, минерализация которых не превышает 1 г/л, слабосолоноватыми — от 1 до 3 г/л, солоноватыми — от 3 до 5 г/л, слабосолеными — от 5 до 10 г/л и солеными — воды, имеющие минерализацию больше 10 г/л.

На прилагаемой карте гидрогеологические районы выделены соответствующей штриховкой и обведены сплошными линиями. Гидрогеологические подрайоны выделены пунктирными контурами и обозначены соответствующими индексами, в которых римская цифра соответствует номеру гидрогеологического района, а арабская — гидрогеологического подрайона (например, IV-3).

#### I РАЙОН — КАЗАХСТАНСКИЙ МЕЛКОСОПОЧНИК

Территория этого гидрогеологического района представляет собой типичный центрально-казахстанский мелкосопочник, в котором на общем, сравнительно хорошо выравненном фоне, встречаются участки с довольно сильно расчлененным рельефом, близким по своим высотам к низкогорью. Геологическое строение его характеризуется почти повсеместным распространением скальных пород, имеющих довольно мощную трещиноватую зону выветривания. Сочетание этих двух главных факторов обуславливает на территории первого гидрогеологического района формирование в трещинах зоны выветривания преимущественно пресных подземных вод, пригодных для водоснабжения населенных пунктов и промышленных объектов.

Внутри первого района выделяется семь гидрогеологических подрайонов.

I—1. Подрайон распространения трещинных вод в гранитах Кокчетавского нагорья. На территории этого подрайона распространен комплекс изверженных пород кислого состава — гранитоидов, сильно разбитых системой трещин, проникающих (по данным бурения) до глубины 30—50 м. С этими трещинами и связаны подземные воды. Глубина залегания их уровня, как об этом свидетельствуют данные обследований по колодцам и скважинам, определяется, главным образом, рельефом местности и колеблется в пределах 5—25 м. Участки с глубиной залегания воды до 5—10 м приурочены к подножию сопок, логов и долинам рек. Нередки случаи выхода трещинных вод на поверхность в виде родников, мочажин или заболоченных участков. Многие реки (Саркрома, Жабай, Тюктинка и др.), стекающие с Кокчетавского нагорья, берут свое начало от этих родников. Увеличение глубины залегания подземных вод происходит по мере удаления от понижений рельефа в сторону

водораздела и возвышенных участков, где она достигает 30—40 м.

Наиболее обводненными в этом подрайоне являются залежные участки, аккумулирующие влагу в форме снега, значительная часть которой весной просачивается по трещинам пород и питает подземные воды.

Опытные откачки, проведенные во время гидрогеологических исследований, свидетельствуют о том, что расходы колодцев и скважин, вскрывающих этот водоносный горизонт, изменяются от 0,05 до 2 л/сек. Так, например, скважины и колодцы в районе поселков Балкашино, Новоромановка и Сандыктау дают 1—1,5 л/сек из каждой выработки. Однако отдельные родники и колодцы обладают расходом до 2—3 л/сек.

Трещинные воды этого подрайона почти повсеместно пресные, с суммой солей, редко превышающей 1 г/л. Пресные воды распространены преимущественно на территории мелко-сопочника и низкогорья, где широко развита лесная растительность и трещиноватые породы выходят непосредственно на дневную поверхность. На равнинных участках, где на поверхности лежит значительный по мощности глинистый покров (5—10 м), препятствующий проникновению вниз талых и дождевых вод, подземные воды имеют уже повышенную минерализацию, становятся солончатыми или слабосолеными, т. е. ограниченно пригодными к употреблению. Эти воды можно использовать для водопоя скота.

Следует указать, что при выборе места заложения колодцев или скважин необходимо учитывать как рельеф местности, так и характер покровных отложений. Эксплуатацию подземных вод в пределах этого подрайона целесообразно осуществлять колодцами и скважинами механического бурения. При эксплуатации трещинных вод скважинами необходимо строить их возможно большего диаметра, что будет способствовать увеличению их производительности. В случае отсутствия таких возможностей в скважине ниже уровня подземных вод следует производить прострелы (взрывы специальными патронами). Это мероприятие также приведет к увеличению площади, через которую осуществляется приток воды в скважину, а следовательно, и к повышению ее производительности. Опыт показывает, что в аналогичных условиях производительность скважин (после их прострела) возрастает в полтора-два раза.

В настоящее время трещинные воды на территории этого подрайона находят широкое применение для питьевых, технических и хозяйственных нужд. На них можно и в будущем

базировать водоснабжение совхозов, колхозов, животноводческих ферм и населенных пунктов.

1—2. Подрайон распространения подземных вод в кварцитах Ерементавских гор. Этот подрайон занимает небольшой участок Ерементавских гор на востоке Акмолинской области в пределах распространения метаморфических пород, главным образом кварцитов. Трещины выветривания в кварцитах, по данным ряда исследований, проникают на глубину до 50 м. Исключение составляют лишь участки тектонических разломов, где трещиноватая зона проникает на глубину в сотни метров. К трещиноватой зоне кварцитов и приурочен водоносный горизонт.

Глубина залегания уровня подземных вод в пределах этого подрайона определяется в основном рельефом местности. Наименьшие глубины наблюдаются вдоль логов, долин и у оснований сопок. На этих участках водоносный горизонт вскрывается на глубине 3—5 м (пос. Алгабас, Новокалинка и др.). По тальвегам и у подножья бортов долин подземные воды выходят местами в виде родников или мочажин. Водовмещающими породами в долинах и предгорных шлейфах служит уже не трещиноватая зона кварцитов, а продукты их выветривания, представленные делювиально-пролювиальными песчано-глинистыми образованиями и щебенкой с глинистым заполнителем.

По данным кратковременных откачек, колодцы, опущенные в эти отложения, дают всего десятые, а иногда и сотые доли литра в секунду. Производительность же колодцев, скважин, а также отдельных родников, выходящих из трещин кварцитов, достигает 0,5—1,5 л/сек.

По качеству трещинные воды преимущественно пресные, по составу растворенных солей преобладают гидрокарбонатные воды. На участках развития делювиальных шлейфов и в межгорных равнинах грунтовые воды приобретают повышенную минерализацию (до 3 г/л) и гидрокарбонатно-сульфатный состав.

Водоснабжение животноводческих ферм, колхозов и населенных пунктов здесь в настоящее время осуществляется как за счет подземных, так и за счет поверхностных вод. Однако для питьевых нужд используются преимущественно подземные воды. В целом этот подрайон характеризуется хорошей водообеспеченностью. Подземных вод здесь вполне достаточно для организации водоснабжения небольших населенных пунктов и животноводческих ферм.

В качестве водозаборов могут служить колодцы, а на участках выклинивания подземных вод следует устраивать каптажные сооружения либо в виде галерей, либо колодцев

большого диаметра с закрытыми оголовками. В трещиноватой зоне также можно закладывать шахтные колодцы, хотя наиболее целесообразно здесь бурить скважины увеличенного диаметра.

1—3. Подрайон распространения трещинных вод песчаниково-сланцевой толщи нижнего палеозоя. Этот подрайон занимает большие площади на северо-западе Акмолинской области. Водоносной здесь является трещиноватая зона туфопесчаников, алевролитов, порфиринов и других пород кембро-силурийского возраста. Водоносность этих отложений очень слабая ввиду слабо развитой трещиноватости и частичной кальматации трещин продуктами разрушения. Глубина проникновения трещиноватой зоны в этих породах достигает 60—70 м. Ниже этой глубины трещины выветривания настолько ничтожны, что циркуляция подземных вод по ним практически прекращается. Глубина залегания уровня подземных вод в этом подрайоне изменяется обычно в пределах 5—30 м, хотя на отдельных участках водоносный горизонт вскрывается и на значительно больших глубинах. К этому следует добавить, что трещиноватость пород нижнего палеозоя в целом неравномерная. Этим и обуславливается неравномерная их обводненность.

Так, например, скважина, расположенная в 4 км севернее ст. Джаксы на глубине 70 м вскрыла пресные воды с дебитом более 1 л/сек, в то время как несколько скважин, пройденных в этих же отложениях непосредственно на территории станции, остались совершенно безводными. Скважина в пос. Чудное вскрыла на глубине 130 м пресные напорные воды, не встреченные другими скважинами, пройденными в 2—2,5 км южнее поселка.

В качественном отношении для вод этого подрайона характерно заметное преобладание пресных вод над солоноватыми и солеными. Причем пресные воды локализуются на участках, где поверхностный глинистый покров отсутствует или имеет ничтожную мощность. Если же покровные суглинки перекрывают отложения палеозоя мощным чехлом, то подчас они сами являются водоносными и на территории их распространения встречаются небольшие участки с пресными водами. Такие участки приурочены, как правило, к понижениям рельефа, где скапливаются талые воды.

Свидетельством слабой обводненности подрайона служит и то обстоятельство, что в засушливые годы летом значительная часть родников и колодцев совершенно пересыхает, а в оставшихся колодцах существенно понижается уровень воды и увеличивается ее минерализация. Такое непостоянство режима



водоносного горизонта и слабая его водообильность говорит о том, что он не может служить надежным источником для водоснабжения населенных пунктов или крупных хозяйств. Использование этих вод возможно только для водоснабжения мелких хозяйств с потребностью в воде не более, чем в десятые доли литра в секунду.

Эксплуатировать воды в пределах этого подрайона можно как колодцами, так и скважинами.

1—4. Подрайон распространения трещинных и трещинно-карстовых вод карбонатных отложений. В пределах Акмолинской области отложения карбонатного возраста, представленные песчаниками и известняками, широко распространены в различных ее частях. Очень часто они имеют мульдообразное (чашеобразное) залегание пластов и нередко образуют небольшие артезианские бассейны. Водовмещающими породами служат трещиноватые и закарстованные известняки или трещиноватая зона песчаников и аргиллитов.

Подземные воды карбонатных отложений вскрыты множеством скважин. Глубина залегания их колеблется в больших пределах — от 20—50 до 100—150 м. Чаще всего скважины вскрывают воду на глубине 30—80 м. Скважины, вскрывшие этот водоносный горизонт в Яблоновской, Конурской, Акмолинской, Кийминской, Заураловской, Богембайской и ряде других мульд, свидетельствует о наличии напора воды, величина которого колеблется от 8—10 до 30—40 м.

Данные химических анализов этих вод показывают, что по качеству они почти повсеместно пресные и имеют минерализацию до 1 г/л. Отдельные анализы свидетельствуют о повышенной жесткости воды.

Солоноватые и слабосоленые воды могут быть встречены лишь в центральных частях мульдообразных структур, где они имеют, как правило, застойный характер. Воды с повышенной минерализацией встречаются и в тех горизонтах, где водовмещающими породами является продуктивная толща, состоящая из углистых сланцев. Нередки случаи, когда воды карбонатных отложений выходят на дневную поверхность в виде родников и в заболоченных чашеобразных (карстовых) понижениях.

На отдельных участках этого подрайона в суглинках встречаются небольшие горизонты пресных грунтовых вод, приуроченные в рельефе к озерным и прочим понижениям, где суглинистый покров имеет значительную мощность.

Производительность скважин, колодцев и расходы родников показывают довольно высокую водообильность горизонта карбонатных отложений. Так, отдельные скважины в Бо-

гемайской, Конурской и Заураловской мульдах дают до 8—10 л/сек воды хорошего качества. В пределах этих же мульд и на других участках дебиты скважин и колодцев обычно колеблются от 0,1—0,2 до 1—1,5 л/сек.

Высокая водообильность карбоновых отложений дает возможность базировать на их водах снабжение большого количества населенных пунктов, совхозов, колхозов и прочих предприятий. В Баранкульском районе эти воды используют в совхозах имени Ленинского комсомола, имени Фурманова и др. Ст. Перекатная, село Беловодское и пос. Жана-Жол базируют водоснабжение на скважинах, вскрывающих эти же воды. В Макинском и Сталинском районах пос. Бетембай, Ерголка, Шубинка, совхоз «Баймырза» и другие эксплуатируют водоносный горизонт карбоновых отложений. Многие предприятия гор. Акмолинска также используют для питьевых, бытовых и технических нужд подземные воды известняков и песчаников карбона. Таким образом, отличаясь высокой обильностью и вполне удовлетворительным качеством, трещинные и трещинно-карстовые воды карбона находят широкое применение для удовлетворения питьевых, хозяйственных и технических нужд многих сельскохозяйственных и промышленных объектов. Такое положение позволяет сказать, что в пределах этого подрайона водоснабжение различных объектов с водопотреблением до 3—4 л/сек и впредь можно ориентировать на использование вод этого горизонта.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что этот водоносный горизонт является наиболее перспективным в отношении получения большого количества хороших по качеству вод. Эксплуатацию его следует осуществлять скважинами, а на участках близкого залегания воды от поверхности и в местах выхода родников — устройством дрен в виде галерей или колодцев.

1—5. Подрайон распространения трещинных вод в гранитоидах и продуктах их разрушения. Трещинные воды в гранитоидах пользуются довольно широким распространением в северо-восточной части области. Подземные воды здесь связаны с выветрелой зоной гранита, представленной покровом песчано-щебнистых, или суглинистых отложений, переходящих ниже в трещиноватую зону. Они вскрываются многими десятками колодцев и скважин, а также выходят на дневную поверхность в основании сопок и по бортам коротких долин в виде родников. Часть родников дает начало небольшим речкам. Подавляющее большинство скважин и колодцев вскрывает водоносный горизонт гранитоидов на глубине 5—15 м. Такая глубина характерна для равнинных участков гранитоидов, часто имеющих здесь

рельеф «койтас» (каменистая равнина, напоминающая лежащее стадо баранов), а также для участков коротких долин и оснований сопок. По мере удаления от этих участков в сторону водоразделов или возвышений глубина залегания воды постепенно увеличивается и достигает 30—50 м, т. е. по существу водоносный горизонт лежит в основании выветрелой трещиноватой зоны.

Данные химических анализов вод, отобранных из этого водоносного горизонта, свидетельствует о резком преобладании пресных вод с плотным остатком до 1 г/л над соленоватыми. Жесткость этих вод не превышает 4—5 немецких градусов. Тип минерализации чаще всего гидрокарбонатный. По составу растворенных в воде солей пресные воды могут быть использованы для питьевых, технических и прочих целей.

Однако и на территории распространения гранитоидов встречаются участки с повышенной степенью минерализации подземных вод, т. е. с соленоватыми, а иногда и слабосолеными водами. Такие воды наблюдаются прежде всего в понижениях, занятых солончаками, а также на участках, сложенных с поверхности значительной толщиной практически водонепроницаемых глин или суглинков, которые препятствуют основному источнику питания подземных вод — атмосферным осадкам — просачиваться вниз и пополнять их запасы пресными водами. Воды здесь имеют застойный характер и повышенную минерализацию (до 5—10 г/л), что ограничивает область их использования.

Производительность скважин, колодцев и расходы родников колеблются обычно в пределах от 0,1 до 1—2 л/сек. Такого количества воды вполне достаточно для водоснабжения центральных усадеб и отделений совхозов, животноводческих ферм или населенных пунктов. Однако нередко встречаются участки, где этот водоносный горизонт дает лишь сотые доли литра в секунду из каждой скважины или колодца. В этом случае для получения большого количества воды колодцы следует углублять, а скважины проходить возможно большим диаметром. Каждая такая скважина, пробуренная в водоносном горизонте гранитоидов, вполне обеспечит сельскохозяйственные предприятия с потребностью в воде до 1 л/сек. Водоснабжение ряда объектов в г. Макинске осуществляется за счет подземных вод гранитоидов, эксплуатируемых скважинами. Из каждой скважины здесь получают 1—1,5 л/сек вполне пригодной воды.

При отсутствии буровых агрегатов можно вскрывать воды колодцами, особенно в выветрелой песчано-щебнистой толще, легко поддающейся проходке.

Изложенное позволяет считать, что подземные воды гра-

нитридов вполне могут обеспечить потребности в воде различных сельскохозяйственных предприятий. Однако и в пределах их распространения существуют различные по степени обводненности участки. Наиболее обводненными являются залесенные возвышенные места и прилегающие к ним участки, подтверждением чего является приуроченность к ним основной массы родников. Равнинные же участки обычно менее обводнены. Такое различие в степени обводненности связано с тем, что в лесистых и повышенных местах аккумулируется основная масса снега. Кроме того, значительный по мощности суглинистый покров, характерный для равнин, здесь, как правило, отсутствует. Поэтому при таянии снега или в периоды выпадения здесь дождей вода почти беспрепятственно проникает до уровня подземных вод и пополняет их запасы.

В настоящее время воды этого водоносного горизонта широко употребляются для питьевых и хозяйственных нужд населения, хотя полностью возможности их использования далеко не исчерпаны.

1—6. Подрайон распространения трещинных вод в песчаниках и эффузивах нижне-среднего палеозоя и продуктах их разрушения. В этот гидрогеологический подрайон включены отдельные участки в восточной и южной частях области. Наиболее изучены подземные воды этих отложений в восточной части области, в южной же ее половине изученность их крайне слаба. Водоносный горизонт связан с зоной выветривания, представленной с поверхности суглинистыми и дресвяно-щебнистыми образованиями, переходящими ниже в трещиноватые твердые породы.

Следует отметить, что особенно в восточной части области на территории этого подрайона широко распространены грунтовые воды именно в верхней суглинисто-щебнистой зоне. Таким образом, на участках, включенных в данный подрайон, встречаются грунтовые воды, связанные как с рыхлыми отложениями, так и воды, связанные с трещинами в песчаниках и эффузивах. Грунтовые воды в покровных суглинистых отложениях вскрываются колодцами на глубине 3—10 м. Наименьшие глубины встречаются обычно в понижениях рельефа (западины, подножья сопок). Здесь они не превышают 3 м. На равнинных участках воды залегают на глубине 10, а иногда и более метров.

Среди грунтовых вод этого подрайона преобладают пресные, хотя нередко встречаются солоноватые и соленые воды. Повсеместным распространением грунтовые воды в пределах подрайона не пользуются. Они приурочены, главным образом, к понижениям, где мощность суглинисто-дресвяного ма-

териала достигает 10 и более метров. Эти пониженные участки являются очагами формирования подземных вод за счет скапливающихся в них талых и дождевых вод и последующей их инфильтрации вниз до водоупорных пород. Производительность этого водоносного горизонта здесь чрезвычайно низкая и в большинстве случаев не выходит за пределы 0,001—0,2 л/сек. В редких случаях из колодцев представляется возможным получить до 1 л/сек воды. Такая разница в расходах колодцев связана с характером водовмещающих пород. Там, где колодцы вскрывают воды в песках или дресвянощебнистых отложениях, производительность их значительная. Если же вода содержится в суглинистых или глинистых осадках, то расходы исчисляются, как правило, сотыми и даже тысячными долями литра в секунду. Так, опытные откачки из колодцев в пос. Густые борки, Шеликбай и других дали расходы их в сотые и тысячные доли литра в секунду. Тем не менее и этого количества воды достаточно для обеспечения водой небольших животноводческих ферм, бригад и прочих мелких хозяйств.

Ко всему этому следует добавить, что и режим этих вод крайне неустойчив. По наблюдениям старожилов в наиболее засушливые годы уровень воды в колодцах, эксплуатирующих этот горизонт, падает, а некоторые из них пересыхают совершенно. Эти сведения позволяют рекомендовать более значительное заглубление колодцев в водоносный горизонт.

Если участки с грунтовыми водами покровных суглинистых отложений пользуются локальным распространением, то трещинные воды песчаников и эффузивов в пределах подрайона распространены почти повсеместно. Будучи связаны с трещиноватой зоной пород, которая имеет неравномерную интенсивность как по площади, так и на глубину, подземные воды здесь не образуют единого водоносного горизонта, но распространены они на сравнительно больших площадях.

Глубина залегания трещинных вод по данным ряда скважин составляет 10—30 м. Часто встречаются участки, где уровень подземных вод лежит на глубине 3—5 м. На возвышенных участках и в зонах тектонических разломов воду можно встретить и на глубинах больших, чем 30 м.

Как свидетельствуют данные химических анализов, воды этого водоносного горизонта являются преимущественно слабоминерализованными с суммой солей до 1 г/л. Тем не менее довольно часто встречаются и воды с повышенной минерализацией — солоноватые и соленые — с суммой солей до 3—10 г/л. Последние особенно часто встречаются на тех участках, где с поверхности залегают засоленные рыхлообломочные отложения. Опыты по определению производительности гори-

зонта трещинных вод этого комплекса пород показывают, что дебиты скважин и колодцев изменяются в пределах от 0,01 до 1—1,5 л/сек. Так, скважина в центральной усадьбе совхоза «Искра» с глубины более 20 м из трещиноватых песчаников дала 1,2 л/сек. Скважина, заложенная в пос. Бестюбе с глубины 14 м, дала дебит 0,13 л/сек при понижении на 1,0 м, а с глубины 24 м — всего 0,07 л/сек. Последнее свидетельствует о затухании трещиноватости пород с глубиной и соответственно пропорциональном уменьшении их водообильности. Ряд родников, выходящих по долине реки Селеты из песчаников и эффузивов, дают расходы 0,02—0,24 л/сек.

В целом этот подрайон отличается слабой водообильностью. За счет трещинных вод песчаников и эффузивов возможно удовлетворить нужды в воде лишь небольших хозяйств с потребностью в сотые доли литра в секунду.

По сравнению с другими подрайонами этот район находится в сложных гидрогеологических условиях и оценить перспективность использования подземных вод для целей водоснабжения здесь очень трудно, во-первых, вследствие весьма низкой производительности водоносного горизонта, во-вторых, — чрезвычайной пестроты минерализации подземных вод. Бурением скважин глубиной до 60—80 м возможно получение и здесь расходов до 1—2 л/сек. Однако для заложения таких скважин требуется предварительное гидрогеологическое обследование участка.

Вскрывать и эксплуатировать водоносный горизонт можно скважинами, а в случае рыхлого сложения водоносной толщи — колодцами.

1—7. Подрайон распространения грунтовых вод коротких речных долин и озерно-аллювиальных отложений. В пределах мелкосопочной территории на востоке и юге области довольно часто встречаются короткие долины, выполненные грубообломочными, а иногда и супесчано-суглинистыми отложениями. С этими рыхлыми породами связаны небольшие грунтовые потоки, протягивающиеся вдоль долин в виде узких полос. Грунтовые воды коротких межсопочных долин в районе вскрываются колодцами на глубине 3—10 м и широко используются населением. В подавляющем большинстве колодцев уровень воды стоит на глубине 3—4 м от поверхности. Колодцы обычно располагаются непосредственно в тальвеге лога или на его пойме. Заложение колодцев на склонах долин не всегда дает положительные результаты, так как грунтовый поток обычно приурочен к центральной части долины.

По качеству грунтовые воды в коротких долинах не повсеместно одинаковые. Сопоставление результатов химических

анализов вод, отобранных в различных частях продольного профиля долин, показывает, что в верховьях грунтовые воды обычно пресные — с суммой солей до 1 г/л. В средней части долин они становятся слегка солоноватыми, но еще пригодными к употреблению, а в низовьях долин, где часто бывают распространены сильно засоленные третичные глины, воды становятся солоноватыми или слабо солеными — с суммой солей до 10 г/л. Последние, конечно, к употреблению пригодны весьма ограниченно. Производительность водопунктов показывает, что из грунтовых потоков коротких долин можно получить от сотых долей до 0,5 л/сек. Такого количества воды достаточно для обеспечения водой бригад, полевых станов, животноводческих ферм и небольших населенных пунктов. Однако следует подчеркнуть, что режим грунтовых вод коротких долин крайне неустойчив.

Данные, которыми мы располагаем, показывают, что в засушливые годы уровень воды во многих колодцах, вскрывающих грунтовые воды коротких долин, резко понижается, а некоторые из колодцев совершенно пересыхают. Качество воды к осени ухудшается, резко уменьшаются и без того малые дебиты водопунктов. Таким образом, при планировании водоснабжения на этих водах отмеченные особенности необходимо учитывать и предусматривать строительство колодцев с значительно большим заглублением в водоносный горизонт.

К этому же подрайону мы отнесли и территории распространения грунтовых вод в озерно-аллювиальных отложениях, развитых по долине р. Селеты и на отдельных участках северной части мелкосопочника. Эти участки оконтуривают озера Мамай, Итеймен, Жартыколь и другие.

Ряд колодцев, располагающихся вокруг озер, вскрывают в глинистых песках грунтовые воды на глубинах 3—10 м. Здесь преобладают пресные грунтовые воды, а вокруг соленых озер, где с поверхности развиты засоленные грунты, грунтовые воды имеют повышенную минерализацию и становятся непригодными к употреблению.

Опытные откачки показали, что производительность колодцев здесь очень низкая и составляет 0,0005—0,1 л/сек. Этой воды часто бывает недостаточно для водоснабжения небольших сельскохозяйственных предприятий, и нередко можно видеть у колодца порожние бочки из бригад и полевых станов, ожидающие, когда накопится в нем новая доза воды.

При отсутствии других источников на грунтовых водах озерных отложений можно базировать питьевое водоснабжение бригад, полевых станов и прочих мелких хозяйств, при этом для увеличения производительности водопунктов следует устраивать не единичные, а групповые колодцы.

## II РАЙОН — ТУРГАЙСКАЯ СТОЛОВАЯ РАВНИНА

Окраины Тургайской столовой равнины входят в пределы Акмолинской области небольшими участками на западе и на востоке. Территория этих участков представляет равнину, сложенную рыхлообломочными, преимущественно глинистыми, часто сильнозасоленными отложениями четвертичного и третичного возрастов. Годовое количество осадков здесь редко превышает 100—150 мм. Все это не создает благоприятных условий для накопления в рыхлообломочных отложениях подземных вод хорошего качества.

При поисках подземных вод для обеспечения питьевой водой вновь организованных совхозов в пределах этого района был пробурен не один десяток скважин и пройдено много колодцев. Однако большая часть из них вскрывала соленые воды, совершенно непригодные для питьевых целей. И только на участках отдельных логов, понижений и суходолов на глубине до 15 м довольно часто вскрывались маломощные водоносные горизонты пресных грунтовых вод, приуроченные к песчано-глинистым отложениям — суглинкам или тонкозернистым пескам с прослоями глин. Водоотдача таких отложений чрезвычайно низкая. Опытные откачки показали, что расход колодцев из этих водоносных горизонтов исчисляется сотыми и тысячными долями л/сек., т. е. всего до 1 м<sup>3</sup>/сут. Питание этих вод происходит целиком за счет атмосферных осадков, которых, как указывалось выше, здесь выпадает очень мало. Поэтому в маловодные годы уже к середине лета вода в некоторых колодцах совершенно исчезает, а минерализация ее в непересыхающих колодцах заметно возрастает. Такая характеристика подземных вод, связанных с верхней толщей рыхлообломочных отложений, существенно ограничивает возможность широкого их использования. Эти воды при острой нужде могут быть использованы только для питьевых нужд бригад, полевых станов и для водопоя скота небольшой животноводческой фермы.

Подземные воды более глубоких водоносных горизонтов, связанных с песчано-глинистыми отложениями третичного возраста в районе также вскрыты рядом скважин и колодцев. Часть этих скважин дала соленую воду, а часть их осталась безводной, что свидетельствует о малой перспективности использования подземных вод третичных отложений на большой площади этого гидрогеологического района.

Водосодержащими породами среди третичных отложений являются прослой или линзы песков, заключенные обычно между пластами засоленных глин. Наличие сильно засоленных



глин, подстилающих и перекрывающих водоносные пески, затрудняет водообмен с водами атмосферных осадков и создает неблагоприятные условия для накопления пресных вод. Поэтому много скважин и колодцев на глубине 25—30 м в линзах и песчаных прослоях среди глин вскрыли соленые воды, совершенно непригодные для питьевых целей. Участки с пресными или слабосоленоватыми водами встречаются только там, где эти прослой или линзы песков выходят непосредственно на дневную поверхность или перекрываются незначительной по мощности толщей водопроницаемых пород. На таких участках глубина залегания воды, как правило, редко выходит за пределы 5—20 м.

Производительность скважин и колодцев, опущенных в этот водоносный горизонт, очень низкая. Дебиты при опытных откачках очень редко достигают десятых долей литра в секунду, а обычно они равны 0,002—0,01 л сек. Так, например, скважина, пройденная в совхозе им. Костычева, на глубине 11,25 м вскрыла горько-соленую воду с дебитом в сотые доли литра в секунду.

Таким образом, грунтовые воды верхней рыхлообломочной толщи и подземные воды третичных отложений на территории второго гидрогеологического района малоперспективны для водоснабжения крупных сельскохозяйственных предприятий (совхоз, колхоз и т. п.). Базировать же водоснабжение на отдельных участках с пресными водами могут небольшие отделения, бригады и животноводческие фермы.

Водозабором здесь могут служить, главным образом, шахтные колодцы, оборудованные гравийными фильтрами.

### III РАЙОН — АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ РАВНИНЫ РЕКИ ИШИМА И ЕЕ ПРИТОКОВ

Река Ишим пересекает Акмолинскую область с востока на запад и только в западной части резко поворачивает на север, уходя в пределы Кокчетавской области. Вдоль долины этой реки и ее притоков широко развиты аллювиальные равнины, представляющие террасы, сложенные рыхлообломочными аллювиальными отложениями. Среди отложений, выполняющих долины, преобладают глинистые пески, которые на отдельных участках содержат значительную примесь гальки и гравия. На всей территории этих равнин грунтовые воды имеют тесную связь с поверхностными водами рек и временных водотоков. Эта связь создает здесь некоторую специфичность гидрогеологических условий и позволяет выделить территорию аллювиальных равнин в отдельный гидрогеологический район. Водоносными среди аллювиальных отложений являются суглин-

ки, глинистые пески, пески и галечники, что определяет своеобразие гидрогеологических условий отдельных участков. Однако выделить на карте эти отдельные участки в таком масштабе не представляется возможным. Поэтому описание грунтовых вод дается единое для всего района в целом. В необходимых местах делаются ссылки на различные участки.

Ширина долины Ишима в пределах области изменяется от 5 до 15 км. В соответствии с этим изменяется и ширина грунтового потока. Наибольшая ширина его приурочена к участкам впадения крупных притоков, таких как Колутон, Жабай, Терс-Аккан и другие. Мощность всей толщи аллювия по долине Ишима достигает 40 м (скважина в пос. Семеновка). Однако среди этой толщи водоносными являются невыдержанные по площади и по мощности прослойки и линзы гравелистых песков, что и обуславливает невыдержанность водоносного горизонта.

Глубина залегания уровня воды на всей территории этого гидрогеологического района редко превышает 15 м. На поверхности поймы и первой надпойменной террасы воды вскрываются на глубине 3—5 м, по мере же удаления от русла реки глубина залегания зеркала грунтовых вод возрастает до 8—12 м.

Качество подземных вод аллювиальных отложений вдоль долины реки Ишима пестрое. Колодцы и скважины на всем ее протяжении вскрывают и горько-соленые воды и совершенно пресные. Эти переходы настолько резкие, что подчас на расстоянии 50—100 м мы встречаем в одном колодце пресную воду, а в другом соленую. Однако, несмотря на такую пестроту минерализации, в пределах долины намечаются определенные участки преимущественного распространения пресных и слабосоленоватых вод с плотным остатком до 2—3 г/л. Несколько повышенная минерализация вод наблюдается на участке, лежащем несколько западнее г. Акмолинска — до пос. Приишимское. На остальном протяжении долины грунтовые воды реки Ишима распространены преимущественно пресные.

Изменение качества подземных вод вдоль долины реки Ишима обусловлено, очевидно, тем, что долина на всем своем протяжении пересекает различные породы и дренирует связанные с ними подземные воды различного качества. Поэтому на участках, где долина проходит по засоленным третичным породам с солеными водами и грунтовый поток долины смешивается с этими водами, формируются соленые воды. Там же, где долина реки проходит по гранитоидам или известнякам, в которых циркулируют пресные воды, грунтовый поток долины несет также пресные воды.

Откачки из колодцев и скважин на территории этого района показывают, что дебиты их чаще всего находятся в пределах 0,1—0,2 л/сек. Если же водоносный горизонт представлен слабглинистыми песчано-гравийными отложениями, то дебиты колодцев возрастают до 1—2 л/сек. На отдельных участках имеются и такие случаи, когда расход из шурфов и скважин превышает 1—2 л/сек. Так, например, из шурфа, заложеного у г. Акмолинска на второй надпойменной террасе, при понижении уровня воды на 3,65 м было получено 12,7 л/сек, а из скважин — до 2,9—4,7 л/сек при понижении уровня от 1 до 3 м.

Непосредственно в черте г. Акмолинска в аллювиальных отложениях реки Ишима расположено несколько каптажных сооружений, которые удовлетворяют значительную часть потребностей города. Многочисленные совхозы, колхозы и некоторые города, расположенные в долине реки Ишима, для питьевых нужд, как правило, используют только подземные воды этих аллювиальных отложений.

Следует указать, что подземные воды долины Ишима основное питание получают за счет инфильтрации вод реки в борта русла, особенно в периоды высокого стояния уровня, т. е. в паводки. Это положение обуславливает и режим уровней в колодцах и скважинах, расположенных в непосредственной близости от уреза воды в реке. Наиболее высокое положение уровня наблюдается в период половодья и сразу же после прохождения паводка. Далее со спадом воды в реке начинает падать уровень и в колодцах, достигая своего наинизшего положения в зимние месяцы. Амплитуда этих колебаний достигает 3, а иногда и 5 м. Поэтому при проектировании и строительстве каптажных сооружений следует учитывать эту величину колебания уровней. Чтобы колодцы к осени не остались сухими, столб воды в них должен быть не менее 6 м. По мере же удаления от реки величина колебания уровня воды уменьшается и на расстоянии 1—2 км от уреза воды в реке амплитуда колебания уровней составляет всего 1—2 м. Здесь уже нет необходимости делать столь большое заглубление колодцев в водоносный горизонт, а достаточно, чтобы столб воды в них был равный 4 м. Эти рекомендации следует строго соблюдать, так как на практике имеются случаи, когда в построенных весной колодцах к осени вода отсутствовала.

На тех же участках долины реки Ишима и ее притоков, где паводки не выходят за пределы поймы, т. е., где имеются высокие берега, сложенные водопроницаемыми грунтами, рекомендуется устраивать так называемые инфильтрационные колодцы, располагая их в 15—20 м от уреза воды в реке.

Вдоль притоков Ишима аллювиальные отложения зале-

гают в виде узких полос, ширина которых за редким исключением не превышает 1—1,5 км. Обычно она равна 250—500 м. Таковы долины притоков Жабай, Желандинка, Арчалы, Кайракты, Конур, Колутон, Терс-Аккан и других. Ширина полос аллювиальных отложений в местах слияния притоков с основной рекой заметно возрастает и может достигать 5—10 км (Колутон, Терс-Аккан). Отложения этих потоков почти повсеместно здесь представлены песками, супесями и суглинками, которые и являются водовмещающими породами. Грунтовые воды, приуроченные к этим образованиям, вскрываются множеством колодцев по всем перечисленным долинам обычно на глубине 5—10 м. Отдельные колодцы в долинах рек Арчалы и Конура вскрывают воду на глубине 15—17 м (пос. Партизанка, Суворовка, Ивановка и др.). Здесь так же, как и в долине Ишима, характерно увеличение глубины залегания водоносного горизонта по мере удаления от русла реки.

Качество грунтовых вод притоков реки Ишима хорошее. Воды пресные, очень мягкие и пригодные для всех видов использования. Однако некоторые участки содержат грунтовые воды низкого качества. По отдельным долинам наблюдается ухудшение качества грунтовых вод от верховий к низовьям.

Производительность колодцев, вскрывающих воды аллювиальных отложений притоков реки Ишима чрезвычайно низка, так как такие водовмещающие породы, как суглинки или глинистые пески, отличаются крайне низкой водоотдачей. Опытные откачки показали, что за редким исключением дебит колодцев составлял 0,05—0,1 л/сек. Обычно он был равен тысячным долям литра в секунду.

Отличаясь хорошим качеством и небольшой глубиной залегания, грунтовые воды, связанные с речными отложениями притоков реки Ишима, широко используются для питьевых нужд почти всех населенных пунктов, тяготеющих к долинам рек. Отмечая сравнительно низкую производительность, все же представляется возможным ориентировать на этот водоносный горизонт питьевое водоснабжение небольших сельскохозяйственных объектов и населенных пунктов, используя при этом для хозяйственных нужд поверхностные воды. Вскрывать водоносный горизонт здесь предлагается колодцами при помощи колодезкопателей КШК-25 или 30, а крепить такие шахтные колодцы лучше всего бетонными кольцами.

#### IV РАЙОН — ТЕНГИЗ-КУРГАЛЬДЖИНСКАЯ ВПАДИНА

Тенгиз-Кургальджинская впадина расположена в центральной части Акмолинской области. Территория этого гидрогеологического района представляет исключительно однообразную

равнину, плоские понижения в центре которой заняты группой пресных и соленых Тенгиз-Кургальджинских озер. В геологическом отношении эта территория представляет впадину палеозойского ложа, заполненную мощной толщей сильнозасоленных песчано-глинистых отложений третичного и четвертичного возрастов. Такой характер рельефа и геологического строения позволяет эту территорию выделить в самостоятельный гидрогеологический район.

Высокая засоленность пород, равнинный характер рельефа и небольшое количество атмосферных осадков делают район исключительно слабо обеспеченным подземными водами, пригодными для водоснабжения.

Однако на общем фоне преимущественно соленых вод на отдельных участках имеются и пресные воды. В пределах четвертого гидрогеологического района выделяются четыре подрайона.

IV—1. Подрайон спорадического распространения грунтовых вод в песчанистых прослоях пестроцветных третичных глин. Территория этого подрайона охватывает участки, сложенные пестроцветными глинами с прослойками песков верхнего палеогена. Эти глинистые осадки часто сильно загипсованы и на территории Кургальджинской впадины пользуются широким распространением. Водовмещающими породами среди толщ глин являются маломощные (до 1 м) прослойки и линзы песков. Глубина залегания водоносных песчаных линз и прослоев по данным скважин и колодцев лежит в пределах 5—20 м. В пределах отдельных понижений, где пески выходят на дневную поверхность, воды вскрываются и на глубине до 5 м.

Подземные воды в этих отложениях почти повсеместно соленые и горько-соленые — с суммой растворенных в воде солей до 40 г/л. Основными причинами формирования таких соленых вод здесь являются наличие сильно загипсованных и засоленных глин и исключительно слабый водообмен. Последнее объясняется тем, что заключенные в песчаных прослоях или линзах воды находятся практически в застойном состоянии. Все же, несмотря на такую неблагоприятную обстановку, на отдельных участках с мощным (до 10—15 м) суглинистым покровом встречаются небольшие линзы с пресными водами. В редких случаях пресные воды могут быть встречены и в тех местах, где песчаные прослойки обнажаются непосредственно на дневную поверхность. Хотя запасы и производительность линз с пресными водами в целом и ничтожны, тем не менее иногда этой воды бывает достаточно для водоснабжения небольших поселков (пос. Степное). В засушливые годы запасы пресных грунтовых вод в таких линзах заметно уменьшаются, а на отдельных уча-

стках, надо полагать, они и совершенно исчезают. Такая характеристика подрайона на данной стадии исследований говорит о бесперспективности ориентировать сельскохозяйственные предприятия на обеспечение их подземными водами.

IV—2. Подрайон распространения подземных вод в песках и песчаниках эоцена. Этот подрайон охватывает небольшие изолированные участки севернее озера Тенгиз. Водоносный горизонт здесь приурочен к пескам и песчаникам эоцена и вскрывается скважинами на глубине от 5—20 до 25—40 м. На меньшей глубине (5—20 м) эти воды находятся там, где пески и песчаники не перекрыты глинистой толщей более молодых третичных образований. Большие глубины залегания водоносного горизонта наблюдаются на участках, где песчаные отложения эоцена погребены под глинами олигоцена.

Водоносный горизонт вскрыт рядом скважин и приурочен к кварцевым крупнозернистым и разномерным пескам. По площади он хорошо выдержан и повсеместно сохраняет мощность до 5—7 м.

Качество вод, заключенных в песках, в целом удовлетворительное (сумма солей до 2—3 г/л). Однако на отдельных участках встречаются воды и соленые, так как под пестроцветной засоленной толщей глин в этих песках отдельные скважины вскрывали соленые воды. В то же время на пониженных участках, где пески выходят на дневную поверхность, залегают обычно пресные воды, вполне пригодные для питьевых и хозяйственных нужд. Эти понижения, как правило, являются очагами питания подземных вод эоцена за счет талых и дождевых вод.

Производительность скважин, опущенных в этот водоносный горизонт, колеблется от 0,04 до 1 л/сек. Такого количества воды достаточно для обеспечения колхоза или совхоза. У подножья гряд и холмов, сложенных песчаниками эоцена, часто наблюдаются выходы подземных вод в виде небольших родников. Расчистка и каптирование одного из таких родников привели к резкому увеличению дебита, и его вода стала использоваться для водоснабжения Кургальджинского совхоза.

Таким образом, преобладание пресных и солоноватых вод, большая выдержанность по простиранию, а также неглубокое залегание уровня воды от поверхности и достаточно высокие дебиты выработок позволяют считать этот водоносный горизонт довольно надежным источником водоснабжения сельскохозяйственных предприятий с потребностью в воде не свыше 1 л/сек.

Вскрывать водоносный горизонт желательно колодцами, а в случае, когда водоносными являются песчаники — скважина-

ми. Колодцы следует углублять в водоносный горизонт на 3—4 м, так как годовая амплитуда колебания уровней этого водоносного горизонта составляет 1—1,5 м.

IV—3. Подрайон, на территории которого грунтовые воды отсутствуют. Третий гидрогеологический подрайон включает участки центральной части Тенгиз-Кургальджинской впадины. В его геологическом строении принимает участие толща пестроцветных глин третичного возраста, перекрытая сверху покровными суглинистыми осадками. Песчаных прослоев в глинах, где могли бы аккумулироваться подземные воды, не встречается, в силу чего этот подрайон нами считается практически безводным. Это мнение подтверждается тем, что скважины, пройденные здесь на глубину до 100 м, совершенно не встретили водоносных прослоев. Все же наличие покровных суглинистых отложений говорит о том, что на отдельных пониженных участках не исключена возможность наличия небольших линз пресной воды типа верховодок. Возможно также наличие глубоких артезианских вод в песчаниках карбона. Однако на данной стадии изученности можно только предполагать о существовании как верховодок, так и более глубоких артезианских вод. Размещать на территории этого подрайона какие-либо сельскохозяйственные предприятия с ориентировкой на питьевое водоснабжение за счет подземных вод пока не имеет смысла. Водоснабжение здесь можно ориентировать только на использование поверхностных вод путем создания различных искусственных водоемов.

IV—4. Подрайон развития грунтовых вод озерно-аллювиальных отложений. Озерно-аллювиальные отложения распространены, главным образом, по долине реки Нуры, ее притоков и вокруг озер Тенгиз и Кургальджин. Грунтовые воды здесь приурочены к невыдержанным по простиранию и по мощности мелкозернистым глинистым пескам, сменяющимся иногда глинами или крупнозернистыми песками. Такая частая изменчивость пород водоносного горизонта накладывает определенный отпечаток на качество вод и производительность выработок. Колодцами и скважинами на этой территории воды вскрыты на глубине от 2—3 до 10 м. Чаше всего глубина их залегания составляет 4—5 м.

По качеству воды здесь исключительно пестрые, наряду с пресными водами, минерализация которых не превышает 0,5 г/л, встречаются и горько-соленые воды с суммой солей до 62 г/л. Пресные воды обычно приурочены к песчано-гравелистым прослоям. В суглинистых часто засоленных породах воды приобретают солоноватый и соленый вкус и становятся непригодными к употреблению.

Опытные откачки из скважин дают исключительно низкие

показатели их производительности. Дебиты скважин, как правило, составляют 0,005—0,01 л/сек, и только в отдельных местах достигают 0,05—0,2 л/сек.

Некоторые населенные пункты, расположенные в долине реки Нуры, используют для питьевых нужд эти воды, при этом в течение круглого года расходы колодцев составляют до 0,12—0,14 л/сек.

Вскрывать и эксплуатировать воды озерно-аллювиальных отложений здесь желательно колодцами, ибо низкая водоотдача водоносных пород не может обеспечить высокого дебита скважин. На использование вод этого водоносного горизонта можно ориентировать водоснабжение небольших населенных пунктов, ферм, бригад.

В пределах этого подрайона вблизи водоемов с пресной водой следует строить инфильтрационные колодцы, располагая их в 15—25 м от уреза воды.

\* \*  
\*

В заключение следует отметить, что приведенная в настоящей статье характеристика подземных вод касается преимущественно грунтовых и межпластовых вод, залегающих на небольшой глубине, которые можно вскрыть сравнительно неглубокими (до 100 м) выработками. О более глубоких подземных водах в период сбора материалов сведений было еще не достаточно. Но в связи с широким развитием на территории Акмолинской области в последние годы поисковых работ на воду, эти сведения будут накапливаться. Вполне возможно, что на ныне слабОВОДОобеспеченных участках будут найдены пригодные для использования воды в более глубоких водоносных горизонтах.



*Г. С. Секретарев,*  
аспирант

### **ВОДНЫЙ БАЛАНС ИСКУССТВЕННЫХ ВОДОЕМОВ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

В ряде районов Акмолинской области — южной части Атбасарского и Новочеркасского, Кургальджинском и др. — водоснабжение целинных совхозов основано на использовании поверхностных вод местного стока. Вода озер аккумулируется в приозерных копанях и наливных бассейнах. На временных водотоках строятся пруды, прудо-копани и копани.

Озера из-за неблагоприятного гидрологического режима (периодическое пересыхание и др.) не гарантируют водоснабжение хозяйств в маловодные годы. Произведенные Государственным гидрологическим институтом расчеты водного баланса озер показали, что в естественном состоянии могут быть использованы лишь водоемы с глубиной не менее 5 м. Большинство же озер области имеет среднюю глубину до 1—3 м. Сток временных водотоков также весьма резко колеблется по годам. Соотношение наибольших и наименьших среднегодовых расходов воды на реках достигает 50—70.

Неблагоприятные особенности водного режима поверхностных вод требуют бережливого отношения к использованию их ресурсов и, одновременно, принятия мер по увеличению и сохранению необходимых запасов воды для водоснабжения.

В связи с этим при изучении водного режима искусственных водоемов Институт водного хозяйства в 1955—1957 годах большое внимание уделил уточнению слагаемых водного баланса существующих искусственных водоемов с целью разработки мероприятий по его улучшению.

Изучение водного баланса искусственных водоемов производилось в основном за теплый период года (безледоставный); так как в зимнее время водозабор на хозяйственные нужды практически не осуществлялся.

Водный баланс водоема имеет следующее выражение:

Приход	Расход
Понижение уровня воды в водоеме (элемент, относимый к балансу условно)	Испарение, Водозабор, Фильтрация.
Атмосферные осадки, Конденсация.	

Понижение уровня воды определялось путем измерений уровнем воды наблюдателем. Объем водозабора на приозерном бассейне в с. Ладыженке подсчитывался в течение суток один раз в декаду, а на остальных сооружениях из опроса водопотребителей (водозабор осуществлялся автоцистернами). Испарение с водной поверхности вычислялось по формуле, предложенной Браславским А. П. и Викулиной З. А. как наиболее приемлемой для района обследований.

$$E = 0,13 I (e_0 - e_{200}) \times (1 + 0,72 \omega_{200}),$$

где:  $E$  — испарение, мм;

$I$  — число суток;

$e_0$  — максимальная упругость паров воды при температуре испаряющей поверхности, мб;

$e_{200}$  — абсолютная влажность воздуха на высоте 200 см над испаряющей поверхностью, мб;

$\omega_{200}$  — скорость ветра на высоте 200 см, м/сек.

Данными для компонентов, входящих в формулу, и по атмосферным осадкам служат наблюдения, полученные на водомерных постах в с. Ладыженке (1955—1957 гг.) и в совхозе Краснознаменском (1957 г.). В с. Ладыженке наблюдения за гидрометеорологическими факторами, обуславливающими испарение, проводились в 1955 г. с лодки, а в 1956—1957 гг. приборы укреплялись на плавучем испарителе ГГИ — 3000, установленном в центре приозерного бассейна; в совхозе Краснознаменском метеорологические приборы укреплялись на стойке, установленной также в центре водоема — взрыв-копани.

Величины испарения, полученные по испарителю ГГИ—3000, значительно больше величин испарения, вычисленных по методу Браславского и Викулиной. Как известно, испаритель ГГИ—3000 из-за своей конструкции дает повышенные величины испарения по сравнению с испарительными бассейнами и плавучими испарителями больших диаметров. А. П. Браславский (1) рекомендует принимать общий «редукционный» коэффициент к показателям плавучих испарителей ГГИ-3000  $0,72 \cdot K_2$ . Для нашего случая  $K_2 = 1,035$ , тогда общий редукционный коэффициент равен 0,745. С введением коэффициента и рассчитано испарение из испарителя ГГИ-3000. Но нужно учесть, что на величину «редукционного» коэффициента

вливают особенности установки плавучего испарителя — конструкция плота с ее опорными устройствами для испарителя, высота бортика испарителя, высота смачивания бортика и др. Эти особенности «редукционный» коэффициент осредняет, и, следовательно, в каждом конкретном случае допускается погрешность за счет недоучета какого-либо преобладающего фактора. Возможна ошибка  $\pm 18\%$  от величины «редукционного» коэффициента [2].

Применение формулы Браславского и Викулиной для расчета испарения с водной поверхности дает довольно близкие к действительным результатам. Испарение с поверхности озера Телекей, вычисленное по формуле, незначительно отличается от понижений уровня воды в нем (табл. 1). Согласно исследованиям ГГИ фильтрация из озера отсутствует из-за кольматации ложа водоема, а водозабор в летний период не превышает 1 см слоя воды.

Испарение, определенное по формуле, хорошо согласуется с рекомендациями ГГИ [1] при использовании коэффициентов уменьшения испарения в зависимости от защищенности водоема. Для примера можно сравнить приозерный бассейн и взрывкопань. Над водной поверхностью приозерного бассейна (160 × 200 м) возвышается насыпь высотой 1—1,5 м. Для этих усло-

Таблица 1

Сопоставление величин испарения, измеренных на плавучем испарителе ГГИ—3000 и вычисленных по методу Браславского и Викулиной

Период наблюдений	Испарение, мм				$\frac{H_1}{H_2}$	Понижение уровня воды в оз. Телекей с учетом осадков, мм
	расчитанное по формуле Браславского—Викулиной					
	измеренное на плавучем испарителе ГГИ—3000 с коэффициентом 0,745 ( $H_2$ )	измеренное на плавучем испарителе ГГИ—3000 с коэффициентом 0,745 ( $H_2$ )	измеренное на плавучем испарителе ГГИ—3000 с коэффициентом 0,745 ( $H_2$ )	измеренное на плавучем испарителе ГГИ—3000 с коэффициентом 0,745 ( $H_2$ )		
V—IX—1956 г. . . . .	—	629	597	515	1,22	590
V—IX 1957 г. . . . .	596	700,6	642	595	1,18	654
Среднегодовое испарение с учетом коэффициента уменьшения испарения за период V—IX.	560	666				

вий можно принять  $K_3=0,97$ . Во взрыв-копани ( $25 \times 120$  м) уровень воды ниже гребня дамб на 4—5 м. Соответственно  $K_3=0,84$ . Тогда норма испарения для взрыв-копани с учетом ее глубины (6 м.) за период май—сентябрь на 16% меньше, чем для приозерного бассейна. Согласно данным наблюдений 1957 г., испарение с поверхности приозерного бассейна было на 15% выше, чем на взрыв-копани.

Приведенные примеры подтверждают целесообразность применения рекомендации ГГИ [1] для расчета испарения с водной поверхности искусственных водоемов.

Таблица 2

Водный баланс некоторых искусственных водоемов Акмолинской области  
(период V—IX)

Водоем	Приход, мм			Расход						Половое потери на фильтра- цию, мм
	пони- жение уровня	осад- ки	сумма	подзабор		испарение		фильтрация		
				мм	%	мм	%	мм	%	
1956 г.										
Копань в сов- хозе им. Кали- нина . . . . .	1010	153	1163	400	34,4	570	49	193	16,6	540
Прудокопань в совхозе „Ар- мавир“ . . . . .	960	153	1113	200	18	570	51	343	31	960
Прудокো- пань в совхозе „Буревестник“ . . . . .	1080	153	1233	200	16,2	570	46,2	463	37,6	1296
Пруд в совхо- зе „Степняк“ . . . . .	650	153	803	30	3,7	570	71	203	25,3	564
Пруд в колхо- зе им. Сталина . . . . .	740	153	893	10	1,3	570	63,7	313	35,0	876
Приозерный бассейн в с. Ладыженке . . . . .	810	153	968	80	8	628	65	260	27,0	648
1957 г.										
Приозерный бассейн в с. Ладыженке . . . . .	790	152,7	942,7	91,4	9,7	700,6	74,3	150,7	16,0	360
Взрыв-копань в совхозе „Кра- снознаменс- кий“ . . . . .	678	103,7	781,7	117	15	596	76,3	68,7	8,8	165

Потери на фильтрацию вычислены по разности приходной и расходной частей водного баланса. Эти потери для равнинной части области в условиях повсеместного распространения тяжелых суглинков и глинистых грунтов должны быть невелики. Проектами принимаются нормы потери на фильтрацию для слабоводопроницаемых грунтов 0,5 м/год. Но, как видно из таблицы 2, на фильтрацию теряется слой воды больше указанной нормы. Это связано с тем, что водоемы (за исключением приозерного бассейна) в 1956 г. наполнялись впервые и, конечно, много воды было потеряно на первоначальное напитывание грунта ложа водоемов. Со временем степень фильтрации уменьшится и потери не будут превышать рекомендуемых норм. В подтверждение высказанного наглядным примером, служит приозерный бассейн в с. Ладыженке, на котором наблюдения проводились с I/V—1955 г. по I/X—1957 г. (табл. 3).

Таблица 3

Среднемесячные потери воды на фильтрацию из приозерного бассейна в с. Ладыженке

Потери на фильтрацию	Периоды				
	I/V—I/IX 1955 г.	I/IV 1955 I/IV 1956 гг.	I/V—I/X 1956 г.	I/X 1956 г. 10/IV 1957г.	I/V—I/X 1957 г.
Среднемесячный слой фильтрации, см	5,7	5,6	5,4	3,3	3,0

Приведенные в таблице 2 слагаемые водного баланса характеризуют существующее использование искусственных водоемов. В летний период основными составляющими расходной части водного баланса являются испарение, фильтрация и только в копанях водозабор превышает потери на фильтрацию.

Преобладание непроизводительных потерь в водном балансе водоемов объясняется главным образом отсутствием расчетного количества потребителей и недостаточно обоснованным подбором конструкций водоемов и их параметров.

Как видно из таблицы, непроизводительные потери составляют 47—89% от емкости водоемов. Особенно они велики в прудах и прудокопанях. В этих типах водоемов малая величина средней глубины (1,5—2,5 м) обуславливает большие потери на испарение, фильтрацию и ледообразование. Создание больших глубин затрудняется равнинным рельефом местности и низкой обеспеченностью стока.

Таблица 4

Структура расходной части водного баланса искусственных водоемов Акмолинской области (по проектным данным)

Водоем	Емкость водоема, тыс. м <sup>3</sup>	Глубина водоема, м Глубина воды максимальной, м средняя, м	За год, %				
			водозабор	испарение	фильтрация	ледообразование	мертвый объем
Копань в с-зе им. Калнина	22,6	5	45,0	17,4	5	—*	32
Прудокопань в с-зе „Армавир“	28,0	4,25**	36,6	43,5	5	—*	14,9
Прудокопань в с-зе „Буревестник“	25	2,3	40,0	43,5	5	—*	11,5
Пруд в с-зе „Мариновском“	1797	6**	11,0	27,0	12	31,5	18,5
Пруд в с-зе Сочинском	532	1,65	13,0	27,0	12	46,5	1,5
Приозерный бассейн в с. Ладыженке	103	3,4**	1,15	13,0	27,0	12	46,5
Взрыв-копань в с-зе „Краснознаменском“	11	4	53,0	17,0	4	26,0	—
		10	80,0	6,0	5	9,0	—

Примечания: \* Водоемы служат для водоснабжения в теплый период года.

\*\* Над чертой—показатель максимальной глубины; под чертой—средней глубины.

С этой точки зрения большими возможностями обладают копани и наливные бассейны. На рис. 1 построены графики зависимости  $K_{п.о.} = f(H)$  и  $K_3 = f(H)$ , где:

$K_{п.о.}$  — полезная отдача в долях от полной емкости водоема;

$H$  — глубина водоема при нормально подпорном уровне;

$K_3$  — объем земляных работ в долях от объема земляных работ при сооружении водоема емкостью 100 тыс. м<sup>3</sup> и глубиной 4 м.

Сумма потерь принимается  $h_n + h_f + h_l - h_{л.ос.} = 222$  см,

где:  $h_n$  — норма испарения для равнинной части Акмолинской области, равная 85,0 см;

$h_f$  — потери на фильтрацию для слабоводопроницаемых грунтов — 50,0 см/год;

$h_l$  — слой воды, идущий на ледообразование — 100 см;

$h_{л.ос.}$  — осадки за летний период при обеспеченности 90% — 12,9 см.

Каждый график построен при определенном постоянном

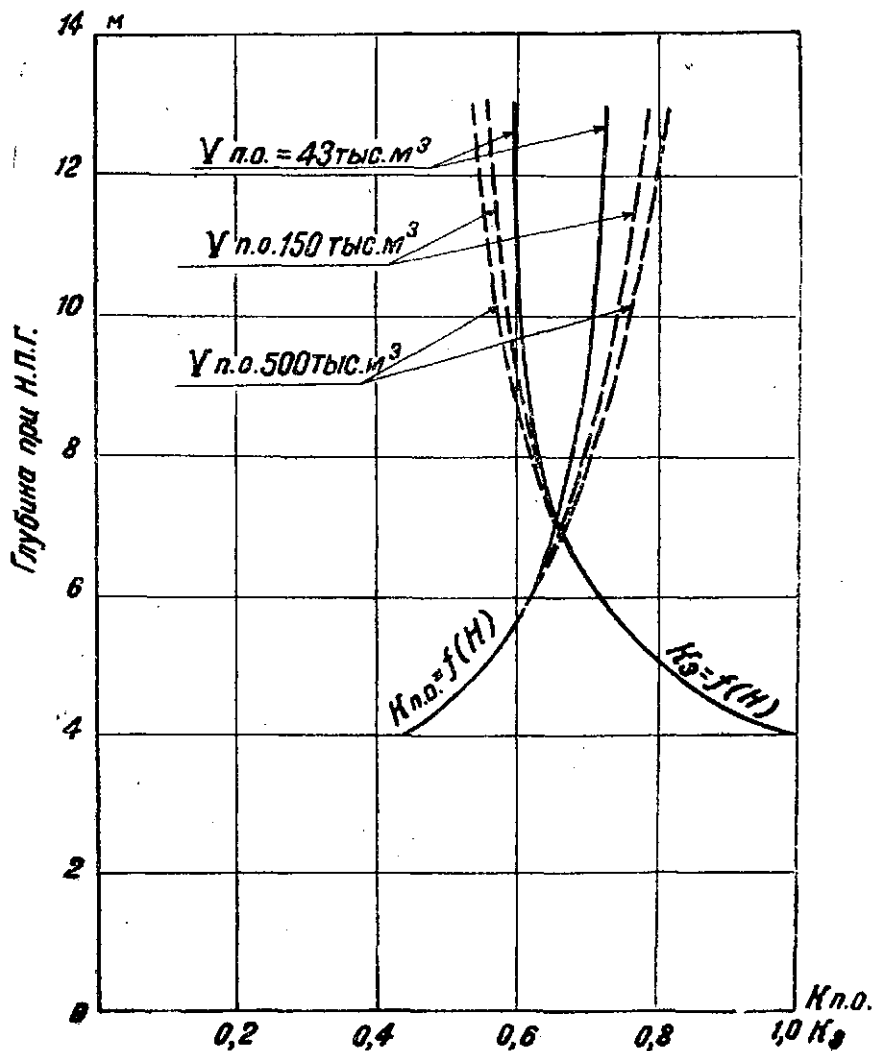


Рис. 1. Графики зависимостей  $K_{п.о.} = f(H)$  и  $K_z = f(H)$

значении полезной водоотдачи и равномерном водозаборе в течение года, Форма копани в плане принята квадратная с откосами 1 : 3.

Эти графики позволяют при проектировании обосновать выбор глубины водоема. Так, при глубине копани 4 м (эта глубина наиболее распространена для существующих копаней, построенных землеройными механизмами) и полезной водоотда-

че 43 тыс. м<sup>3</sup> емкость ее должна быть 100 тыс. м<sup>3</sup>, т. е.  $K_{п.о} = 0,43$ . По мере увеличения глубины  $K_{п.о}$  тоже увеличивается и при  $H=10$  м становится равным 0,71. Одновременно с увеличением  $K_{п.о}$  уменьшается объем земляных работ.

Из зависимости  $K_3=f(H)$  следует, что при одном и том же объеме водозабора для строительства копани глубиной 10 м нужно выполнить на 39—43% меньше земляных работ, чем при сооружении копани с глубиной воды 4 м. Но эффективность данного мероприятия при дальнейшем увеличении глубины быстро снижается. Наиболее выгодная глубина водоема лежит для объемов полезного водозабора до 100 тыс. м<sup>3</sup> в интервале 7—10 м, для  $V_{заб}$ —до 500 тыс. м<sup>3</sup> в пределах 9—14 м.

Таким образом, выбор наивыгоднейшей глубины обуславливает уменьшение непроизводительных потерь из водоема. Существуют и другие меры регулирования элементов водного баланса в нужном направлении.

Для снижения испарения с водной поверхности копани грунт из выемки нужно укладывать в насыпи поближе к ее берегам поперек господствующих ветров. Это даст уменьшение испарения на 6—10% при высоте насыпей 3 м и разгоне ветра над водоемом 100—200 м [1]. Наглядным примером служат приозерный бассейн в с. Ладыженке и взрыв-копань в совхозе «Краснознаменском» (см. табл. 1).

Потери на фильтрацию в водоемах можно уменьшить путем уплотнения ложа после окончания строительства. Как показали наши лабораторные исследования над образцами грунта, отобранными на дне котлована приозерного бассейна в Днепропетровском совхозе, после приложения нагрузки 2 кг/см<sup>2</sup> коэффициент фильтрации грунта уменьшился в 3 раза.

Для наливных бассейнов, в которые вода перекачивается из естественных водоемов, эффективным мероприятием будет служить снегозадержание на поверхности льда. Обычно на водоемах, ширина которых превышает 100 м, не вся поверхность льда покрывается снегом. И чем больше ее размеры, тем больше площадь свободна от снега. Так, например, в 1957 г. на приозерном бассейне в с. Ладыженке максимальные запасы воды в снеге составляли 34,6 мм. В это же время в степи они достигали величины 73 мм, а по данным осадкомера—81 мм. Вследствие частых и сильных ветров снег, выпавший на поверхность льда, сдувается к берегам и часть его выносится за пределы водоема. Правда, в водоем еще заносится снег со степи, но на гладкой поверхности льда он не задерживается. Подобная картина наблюдалась и на копани железнодорожной станции Краснознаменской (диаметр копани поверху 125 м).



В искусственных водоемах с небольшими размерами водной поверхности, например взрыв-копань в Краснознаменском совхозе (25 м × 120 м), с высокими и крутыми берегами (3 м) и благоприятным расположением к направлению господствующего ветра снежный покров достигает внушительных размеров — 1,5—2 м. В 1956—1957 гг. взрыв-копань пополнялась только за счет запасов воды в снеге, отложившемся на ее поверхности. Всякое небольшое препятствие на поверхности льда способствует снегонакоплению.

Использование для снегозадержания переносных деревянных решетчатых щитов, подобных применяемым для защиты железных дорог от заносов, в условиях Северного Казахстана может создать снежный покров высотой 2 м и больше. Если принять плотность снега равной 0,3, то это даст дополнительный слой 0,6 м чистой пресной воды. Стоимость одного кубометра воды, полученной из снега, не выше стоимости воды при перекачивании. Этому мероприятию необходимо уделять особенно большое внимание в маловодные годы. Для этих периодов снегозадержание большую помощь окажет и на других типах водоемов. Кроме того, создание снежного покрова препятствует наращиванию толщины льда в течение зимы до максимальной величины. Толщина льда под снегом на 20—40% меньше.

Осуществление указанных мероприятий повысит эффективность использования местного стока для водоснабжения и снизит затраты на строительство искусственных водоемов.

#### ВЫВОДЫ

1. Непроизводительные потери в расходной части водного баланса поверхностных искусственных водоемов составляют больше 50% от общих потерь, а для прудов — свыше 85%.

2. Фактические потери на фильтрацию из водоемов в условиях распространения тяжелых суглинков и глин соответствуют принятым нормативам для слабоводопроницаемых грунтов.

3. Наиболее эффективным мероприятием по уменьшению непроизводительных потерь из водоемов является выбор наиболее выгоднейшей глубины воды.

4. Снегозадержание на поверхности водоема является мерой улучшения приходной части водного баланса и одновременно уменьшает расход воды на ледообразование.

## ЛИТЕРАТУРА

1. «Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель». Выпуск 1, Акмолинская область, КазССР. Под общей редакцией В. А. Урываева, 1958.
2. Кузнецов В. И. «О переходных коэффициентах наземных испарителей ГГИ-3000». Труды ГГИ, вып. 45(99), 1954.

*Н. С. Горюнов, М. С. Сабиров,*

кандидаты технических наук,

*Ф. Н. Ким,*

инженер-гидротехник

## РЕЖИМ ЗАТОПЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ЛИМАНОВ В КАЗАХСТАНЕ

(КРАТКИЕ ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЙ)

Развитие животноводства в Казахстане и повышение его продуктивности в большой мере зависят от прочной кормовой базы. Серьезным источником получения кормов являются луга, расположенные по поймам больших, средних и малых рек, а также в разных понижениях. По неполным данным в Казахстане имеется около 10 млн га лугов, но в связи с тем, что территория республики расположена в зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения, для повышения продуктивности естественных лугов необходимо проводить увлажнительные и другие работы.

Одним из самых простых способов увлажнения лугов является лиманное орошение. Казахстан по площади лиманного орошения занимает первое место в мире. Ежегодно при помощи постоянных и временных водоудерживающих сооружений затопливается более 1 млн га лугов.

Передовые хозяйства, правильно осуществляющие лиманное орошение, получают на лугах высокие урожаи сена. Обычно урожай естественных трав на лиманах в 5—7 раз больше, чем на суходольных участках. К тому же капитальные затраты на лиманное орошение окупаются очень быстро.

Колхоз им. Джамбула Уильского района Актюбинской области в 1954 году на реке Батпакты построил лиман на площади 810 га. Капитальные затраты составили 122 тыс. руб., т. е. по 150 руб. на га. С 1955 года при средней урожайности трав в 15—16 ц/га колхоз собирает ежегодно до 13 тыс. ц сена. Хозяйство окупило все затраты и получает прибыль, начиная с первого года эксплуатации лимана.

Инициатором широкого развития и применения лиманного орошения для повышения продуктивности естественных лугов является Акмолинская область. В последние годы в об-

ласти ежегодно затопливают более 200 тыс. га лугов при помощи искусственных постоянных и временных сооружений.

В 1952 году колхоз имени Сталина Вишневецкого района в результате реконструкции системы лиманного орошения, расположенной в пойме реки Ишима, довел площадь искусственно заливаемых лугов до 5 000 га. Была построена земляная плотина длиной 220 м и высотой 8 м, перекрывшая русло реки, правобережная дамба высотой до 2,4 м, длиной 1 100 м, а также водосбросное бутобетонное сооружение на пропуск 15,6 м<sup>3</sup>/сек. воды. На строительство колхоз затратил 240,5 тыс. руб.

В 1953 году в результате залива 5 тыс. га лугов колхоз получил в среднем с каждого га по 14 ц высококачественного сена, которого с избытком хватило для скота. Излишки сена были проданы на сумму 250 тыс. руб. Колхоз окупил свои затраты на строительство лимана за первый год эксплуатации. Хозяйство имеет все возможности и в дальнейшем расширять площади лиманного орошения.

Система лиманного орошения колхоза «Кзыл-Жулдуз» обслуживает несколько хозяйств. Построена она по инициативе колхозников в 1951 году. Расположена в пойме реки Колутона и состоит из земляной плотины в русле реки высотой 5,5 м и длиной 135 м. В теле плотины построено водосбросное сооружение на пропуск во время паводка 21 м<sup>3</sup>/сек. воды. Затраты на строительство системы составили 440 тыс. руб.

Строительство существующей плотины, сбросного сооружения и дамбы осуществлялось в 1951—1952 годах без изысканий и проектной документации. Съемки на площади лиманного массива не проводились, но ориентировочно было определено, что при максимальном горизонте воды данная система сооружений обеспечит затопление на менее 8 000 га сенокосных угодий пойм. В последние годы общая площадь затопления колеблется по годам в зависимости от водности года. Например, в 1954 году — 7 тыс. га, в 1955 году — 5 тыс. га, а в 1956 и 1957 годах — 4 тыс. га.

Освобождение лимана от воды до 1954 года проходило двумя путями: естественным путем, по имеющемуся логу, впадающему в реку Баксу, и через существующее сбросное сооружение на правом берегу реки Колутона.

Отсутствие правильной эксплуатации площадей лиманного орошения в колхозе привело к образованию из 5—7 тыс. га орошаемых площадей около 1 500 га заболоченных участков. Ухудшилось качество трав, снизилась урожайность. В 1954—1955 годах колхоз в среднем получил урожай сена 8—10 ц/га.

С 1954 по 1957 год научно-исследовательский институт

водного хозяйства проводил опытные наблюдения на лиманах колхоза «Кзыл-Жулдуз», на основе чего был дан ряд рекомендаций по улучшению эксплуатации лиманной системы.

Согласно рекомендациям были построены на самом лиманном массиве 3 канала для сброса воды с пониженных участков. Была упорядочена продолжительность затопления лимана, производится более раннее сенокосение выборочным методом для получения высокого качества сена и т. д. В результате проведения этих мероприятий в последние годы на лиманном массиве заболоченные площади значительно уменьшились, увеличилась урожайность луга. Колхоз в 1957 году получил средний урожай сена 15—16 ц/га. Значительно улучшилось качество трав. Все это достигнуто в результате улучшения эксплуатации самого лиманного массива путем проведения ряда мероприятий. Таким образом, в 1958 году средний урожай сена составил 18 ц/га, причем на некоторых участках урожай сена доходил до 32 ц/га, а в 1959 году средний урожай сена уже достиг 20 ц/га и колхоз продал излишки сена другим хозяйствам на 450 тыс. руб.

Наиболее ценные ассоциации лимана (пырейно-кострово-лисохвостная) в 1957 году дали урожай в 38 ц/га. Формирование лугового травостоя на лимане еще не окончено, поэтому средние урожаи трав будут возрастать и в дальнейшем.

Продолжительность затопления лимана колхоза «Кзыл-Жулдуз» можно регулировать. Лиман начинает заполняться водой в основном во второй половине апреля. В начале мая начинается сброс воды, который оканчивается к середине месяца. Продолжительность затопления лимана колеблется в среднем около 14—18 суток. В понижениях продолжительность затопления доходит до 30 и более суток, в результате чего начали появляться признаки заболачивания. Колхоз принимает меры к строительству дренажной сети для отвода воды с пониженных участков.

Система лиманного орошения в колхозе имени Калинина Еркеншиликского района Акмолинской области построена в 1951 году. Расположена она в пойме реки Каменки (Кара-Су) и состоит из 8 валов длиной от 400 до 1 000 м, высотой до 1 м. Валы расположены поперек поймы реки на расстоянии 200—300 м друг от друга. Урожай сена в первый год эксплуатации составил в среднем 8 ц/га. В следующие годы урожайность трав поднялась до 11 ц/га, т. е. превысила урожай на суходольном лугу в три раза.

Колхоз «Расцвет» Жарминского района Семипалатинской области имеет несколько лиманов общей площадью 5 600 га. Наибольшие площади занимают лиманы: «Трудовой» — 1 600

га, Карук-Чарский — 1 800 га и Жанаминский — 1 000 га. Лиман Огородный занимает 500 га, Новоканыбский и Никитоновский по 380 га.

Все лиманы заливаются искусственным путем. Характерным является лиман «Трудовой», который построен и эксплуатируется с 1937 года. Система относится к лиманам разделного наполнения. Водозабор в лиман осуществляется из реки Чар при помощи головного шлюза-регулятора без подпорной плотины на реке, т. е. за счет подъема воды во время весеннего паводка. Река Чар питается за счет таяния горных снегов. Из реки Чар вода при помощи шлюза-регулятора поступает в магистральный канал длиной 7 км, пропускная способность которого равна  $2,4 \text{ м}^3/\text{сек}$ . Далее при помощи семи пар оросительных каналов, отходящих под острым углом от магистрального канала, паводковая вода распределяется по лугу. Таким образом, площади залива, заключенные между оросителями, составляют 90—120 га. На системе лиманного орошения имеется также сбросной канал для отвода избыточных паводковых вод.

Почвы лимана представляют собой средние суглинки с признаками солонцеватости. С глубины 60 см залегают суглинки с большой примесью галечника. Травостой на лимане в основном представлен злаковой и разнотравной ассоциациями. Злаковая группировка состоит из пырея ползучего, мятлика лугового, костра безостого, овсяницы луговой, полевицы. Разнотравье включает в себя козлобородник, тысячелистник, конский щавель, подмаренник, кровохлебку, девясил. Встречаются также люцерна желтая, солодка, мышиный горошек, а в понижениях и осока.

Затопление лимана обычно начинается в середине или конце апреля, а заканчивается во второй половине мая. В среднем продолжительность затопления травостоя колеблется от 6 до 8 дней. Паводковая вода затапливает лиман уже при оттаявшей почве. Норма орошения для многолетней растительности на лимане принята в  $2\,500 \text{ м}^3$  на один га. На системе проводятся наблюдения за водным режимом.

В целях повышения продуктивности травостоя колхоз по рекомендации Казахского института кормов и пастбищ внедряет подсев многолетних трав в дернину луга. На всей площади рассматриваемого лимана (1 600 га) средний урожай трав составляет  $12 \text{ ц/га}$  сена, тогда как суходольные участки, расположенные рядом, дают урожай не более  $2 \text{ ц/га}$ . Наибольший урожай сена на лимане равняется: в 1954 году —  $25,9 \text{ ц/га}$  при 7-дневном затоплении, в 1956 году —  $29,3 \text{ ц/га}$  также при 7-дневном затоплении, в 1957 году —  $30,4 \text{ ц/га}$  при 10-дневном затоплении.

Заготовка сена на лиманах значительно дешевле, чем на суходольных участках: 1 ц сена с лиманов обходится хозяйству в 0,51 трудодня и 1,72 руб., тогда как на суходольных участках затрачивается на заготовку 1 ц сена 1,3 трудодня и 4,33 руб. Затраты на техническую эксплуатацию одного гектара лимана в хозяйстве составили 1,6 руб. и 0,24 трудодня.

Для большего повышения продуктивности лиманных лугов хозяйство вводит на них лугопастбищные севообороты. Так, например, на Жанаминском лимане введен 9-польный лугопастбищный севооборот, где поля занимают многолетние травы: одно поле — просо на сено, два поля — кукуруза на силос и зеленый корм и по одному полю — озимая рожь на зеленый корм и овес с подсевом многолетних трав.

Возделывание кормовых культур на лиманах резко повышает их продуктивность. Наиболее эффективными культурами являются кукуруза, подсолнечник и суданка. В 1957 году кукуруза, посеянная на силос, дала урожай в 300 ц зеленой массы с га, а подсолнечник еще больше. На суходольном участке урожай кукурузы был в три раза меньше. На выращивание 1 ц зеленой массы кукурузы было затрачено 0,09 трудодня и 0,31 руб.

Для обеспечения растущего животноводства колхоз намеряет еще шире развить лиманное орошение, чтобы в достатке снабжать скот кормами.

Однако, несмотря на высокую эффективность лиманного орошения, имеются многочисленные случаи неудовлетворительного использования лиманов. В результате многие лиманные луга низкопродуктивны и дают урожай сена в среднем не выше 8—12 ц/га. Резервы и мероприятия по повышению их эффективности используются слабо.

Основная причина низкой продуктивности многих лиманных лугов заключается в отсутствии возможности или неправильном регулировании режима затопления.

Ценные в кормовом отношении травы, произрастающие на лиманах, дают высокие урожаи сена только при определенном режиме затопления. При длительном затоплении естественной растительности в травостое на лиманах начинает преобладать малоценная в кормовом отношении растительность и лиманы начинают заболачиваться. Следовательно, нужно устанавливать оптимальную длительность затопления лиманов. Это позволит хозяйствам обеспечивать кормами скот и создавать страховые запасы. Единого мнения о рекомендациях по установлению продолжительности затопления лиманных лугов сейчас не имеется.

Казахским институтом водного хозяйства в течение ряда лет проводилось изучение режима затопления лиманов в

производственных условиях. В определенные периоды исследования велись совместно с Казахским институтом кормов и пастбищ. В последние годы исследования проводила группа сотрудников института (кандидаты технических наук Н. С. Горюнов, М. С. Сабиров, научные сотрудники К. М. Мухамеджанов, Ф. Н. Ким, В. Г. Складорова, ст. лаборанты А. А. Герман, А. Ф. Тарасова, Г. Б. Соколов, Н. Липовецкая). Для исследований были выбраны лиманы, расположенные в Акмолинской, Семипалатинской и Актюбинской областях.

В Акмолинской области исследования проводились на лимане колхоза «Кзыл-Жулдуз» Новочеркасского района. Лиман расположен в пойме реки Колутона в 1,5 км от хозяйственного центра колхоза села Жарсуат и в 18 км от железнодорожной станции Джалтыр. В Актюбинской области исследования проводились на межколхозной системе лиманного орошения «Тамды-Куль», расположенный в пойме реки Уил, в 30 км от райцентра села Уила. В Семипалатинской области исследовался лиман «Трудовой» колхоза «Расцвет» Жарминского района, расположенного около села Георгиевки, в 25 км от ближайшей железнодорожной станции Жангиз-Тобе.

Объекты исследований находятся в сухостепной и полупустынной зонах. Климат этих районов характеризуется резкой континентальностью, с большими колебаниями температуры воздуха и малым количеством осадков. Осадки выпадают в течение года неравномерно. Среднегодовое количество их составляет: в южных районах — 250 мм, в северных — 300—330 мм. Основным фактором, влияющим на увлажнение почвы, являются осадки, выпадающие в холодный период года, так как в теплое время величина испарения преобладает над осадками. Высота снега колеблется от 4 до 30 см. Промерзание почвы доходит до 1,5—2 м и более, в среднем же равняется 1,2 м. Все это влияет на режим затопления лиманов.

Среднегодовое температура воздуха составляет 15° мороза (январь) и 20—25° тепла (июль). Летом большая сухость воздуха вызывает усиленное испарение. Таяние снега начинается обычно в конце марта и происходит в течение 7—10 дней. По этой причине в большинстве случаев лиманы затопляются паводковой водой уже при частично оттаявшей почве. В отдельных случаях талая вода затопливает лиманы при полностью оттаявшей почве.

Процесс затопления лиманов изменяется в зависимости от конструкций лимана и климатических условий. В условиях Акмолинской области в большинстве случаев паводковая вода затопливает лиманы еще по замерзшей почве, а на юге



Актюбинской и в Семипалатинской области при частично или полностью оттаявшей почве. Во всех случаях затопление лиманов приурочивается к началу весеннего половодья, колеблющегося по годам.

Стационарные исследования на системах лиманного орошения проводились на специально закрепленных экологических створах. Они разбивались таким образом, чтобы исследованиями были охвачены все характерные места лимана по рельефу, глубине затопления, почвам и виду травостоя. Экологические створы, в свою очередь, разбивались на опытные участки, расположенные друг от друга в 0,2—1,5 км, с учетом вышеназванных условий.

На опытных участках велись наблюдения за изменением ботанического состава растительности под влиянием затопления, водно-физическими свойствами почвы, за солевым режимом почвы, режимом грунтовых вод, режимом затопления лиманов, температурой воды и воздуха, скоростью воздуха, водопотреблением растений, глубиной промерзания и скоростью оттаивания почв и др. Исследования проводились по специально разработанным, а также общепринятым методическим указаниям.

Водно-физические и другие свойства почво-грунтов наиболее подробно изучены на лимане «Тамдыкуль» и «Кзыл-Жулдуз». Почвы первого лимана по своему механическому составу легкие и средние суглинки, порозность их колеблется от 35 до 50%. Почво-грунты лимана колхоза «Кзыл-Жулдуз» представляют тяжелые суглинки и глины, что вызывает медленное оттаивание их.

До затопления влажность почвы в основном зависит от осеннего увлажнения, таяния снега и времени прохождения паводка. Например, весной 1955 года средняя влажность 50 см слоя почвы на лимане колхоза «Кзыл-Жулдуз» составляла 16—19% (по отношению к сухому весу). На следующий год она уже равнялась 22—25%. После освобождения лиманов от воды, в зависимости от почв, влажность колеблется в пределах 40%, несмотря на резкое различие в глубинах затопления.

В конце вегетационного периода многолетней растительности, произрастающей на лиманах, влажность почвы затопляемых участков опускается до 10—15%. На незатапливаемых (контрольных) участках влажность почвы в конце вегетационного периода составляет только 2—5%.

О динамике солевого состава почво-грунтов исследуемых лиманов можно сделать только предварительное суждение. Грунтовые воды на лимане «Кзыл-Жулдуз» являются сильно минерализованными, горько-солеными на вкус, содержание

плотного остатка колеблется от 5 до 15%. Засоление грунтовых вод сульфатное, но имеется и хлоридное. Грунтовые воды в летнее время залегают в среднем на глубине 1,5—2,0 м (рис. 1). Во время затопления лимана они смыкаются с паводковой водой.

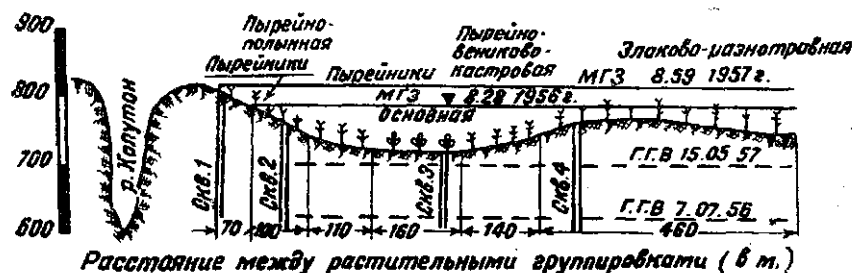


Рис. 1. Схема экологического профиля ств. № 1 (правый берег р. Колутон). Лиман колхоза «Кзыл-Жулдуз»

Почвы лиманов засолены различно. Имеются участки засоленные, слабозасоленные и незасоленные. Вообще же почвы лимана склонны к засолению, т. к. имеется опасность поднятия минерализованных грунтовых вод. Паводковая вода рассоляет почво-грунты, но к концу вегетационного периода начинается реставрация засоления.

Анализ почвообразовательного процесса на лимане «Тамдыкуль» показывает, что бурые и светло-каштановые почвы лимана под влиянием длительного затопления полыми водами в течение 4—5 лет перешли в лугово-дерновые, а структура ее из пылеватой (до регулярного орошения) перешла в комковатую и комковато-зернистую. Развитие луговой растительности с мощной корневой системой способствует обогащению почвы органическими веществами и созданию водопрочной структуры почвы.

Есть основания полагать, что правильное лиманное орошение способствует созданию искусственным путем зернистой поймы (по В. Р. Вильямсу), а также окультуриванию отрицательных типов почв.

Травостой исследуемых лиманов в основном сложен многолетними травами. Наиболее детально изучено изменение ботанического состава травостоя и продуктивность последнего под влиянием затопления паводковыми водами на лимане колхоза «Кзыл-Жулдуз» Акмолинской области и «Тамдыкуль» Актюбинской области. Затопление лиманов осуществляется уже 5—6 лет подряд. Травостой еще полностью не сформировался и представлен в основном следующими тра-

вами: пыреем ползучим, лисохвостом луговым, костром безостым, вейником наземным, бекманией обыкновенной, полынью белой, овсяницей луговой и др. На площади лиманов встречаются такие хозяйственные группы луговых трав: злаковые, разнотравье и осоковые. Из всех хозяйственных групп наибольшее распространение (около 70—80%) имеют злаковые травы с высокими кормовыми качествами.

Схематический план (рис. 2) отображает распределение травостоя на лимане колхоза «Кзыл-Жулдуз».

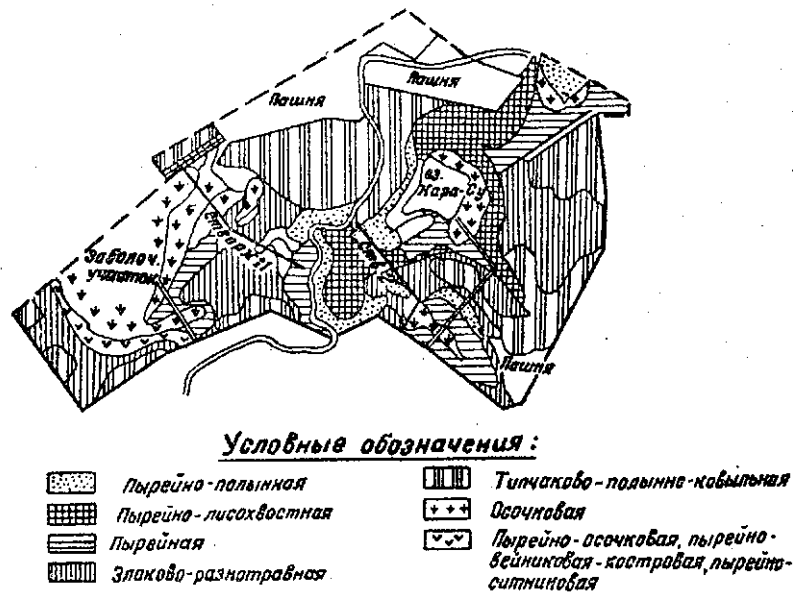


Рис. 2. Схематический план лиманного массива колхоза «Кзыл-Жулдуз».

Примерно 500 га территории лимана занято степью, только начинающей превращаться в луг, где в травостое преобладают типчак и полынь. Ежегодно, начиная с 1952 года, затапливается водой около 1 000 га площади лимана, относящейся к сформировавшемуся лугу. Грунтовые воды здесь залегают близко к поверхности. На данной части лимана идет дерново-луговая стадия почвообразования. Там, где паводковая вода задерживается ежегодно на длительное время (около 500 га), распространена типичная болотная растительность (ситник и осока).

Наблюдается резкая зависимость распространения растительности по отношению к рельефу лимана, т. к. последний

Таблица 1

Продуктивность травостоя на лимане «Кзыл-Жулдуз» в зависимости от продолжительности затопления

Название ассоциаций	Режим орошения лиманов по годам									Средний урожай по годам ц/га			
	продолжительность затопл. в сутках			Сроки затопления			максимальная глубина затопл., м						
	1955	1956	1957	1955	1956	1957	1955	1956	1957	1955	1956	1957	
Овсяничево-полынная (контроль—незатапливаемая)	нет	нет	нет	—	—	—	—	—	—	—	3,0	6,0	4,8
Вейниково-кострово-разнотравная	25	17	13	4/IV 29/IV	17/IV 4/V	18/VI 30/IV	0,31	0,25	0,56	13,0	12,1	12,6	
Разнотравно-злаковая	22	1	12	5/IV 27/IV	24/IV	18/IV 28/IV	0,14	0,04	0,49	9,5	13,6	17,4	
Пырейно-полынная	—	17	28	—	17/IV 4/V	18/IV 15/V	—	0,30	0,60	—	18,9	18,2	
Разнотравно-пырейно-овсяническая	—	—	5	—	—	18/IV 23/IV	—	—	0,11	—	19,2	22,4	
Злаково-разнотравная	24	19	15	5/IV 19/IV	15/IV 4/V	18/IV 2/V	0,26	0,15	0,66	14,0	15,8	25,0	
Пырейно-вейниково-костровая	28	17	25	7/IV 5/V	22/IV 9/V	18/IV 12/VI	0,34	0,08	0,60	26,2	18,3	31,9	
Пырейно-кострово-лисохвостная	50	27	46	5/IV 25/VI	15/IV 12/V	18/IV 2/VI	0,38	0,28	0,79	18,5	25,7	38,2	

определяет разную степень увлажнения. Смена растительности в зависимости от рельефа изображена на схематическом экологическом профиле (рис. 1). Экологический профиль № 1 (рис. 1) начинается от береговой полосы, которая в некоторые годы подвергается затоплению. Она характеризуется разнотравно-пырейно-овсяницевым травостоем. С понижением рельефа начинает преобладать пырейно-полынная группировка. Переход к дальнейшему понижению вызывает выпадение полыни, которая заменяется бекманией. Следующие затем повышенные участки заняты пырейно-вейниково-костровой ассоциацией, переходящей в злаково-разнотравный луг. На других экологических профилях происходит аналогичная смена растительности.

Многолетняя растительность на исследуемых лиманах замещается в зависимости от уменьшения увлажнения по следующему экологическому ряду: осока стройная, бекмания

Таблица 2

Продуктивность травостоя на лимане „Тамдыкуль“ по годам в зависимости от глубины и продолжительности затопления

Растительные ассоциации	Режим затопления по годам						Средний урожай, ц/га	
	продолжительность затопл. в сутках		сроки затопления		максимальная глубина затопл., м			
	1957	1958	1957	1958	1957	1958	1957	1958
Полынно-типчково-пырейная (контроль)	—	—					6,3	7,4
Полынно-типчково-пырейная	10	—	13/IV	не затоплялся	—	—	8,7	7,3
Пырейная	19	19	23/IV	не затоплялся	0,08	—	28,7	42,6
			14/IV	22/IV—	0,18	0,18	17,6	19,5
			2/V	11/V				
Пырейно-полынная	21	23	13/IV	22/IV—	0,67	0,46	11,5	22,9
			4/V	12/V				
Чиевниково-пырейно-полынная*	22	18	3/IV	22/IV—	0,26	0,20	22,6	нет учета
Разнотравно-пырейная	22	34	13/IV	20/IV—	1,60	1,40	23,4	20,0
			4/V	24/V				
Пырейно-ситниковая	33	25	11/IV	16/IV—	0,68	0,52	15,1	18,9
			13/V	11/V				
Ситниково-пырейная	43	29	11/IV	13/IV—	0,98	0,79		
			23/V	12/V				

\*) При учете урожая чиевники не принимались в расчет.

обыкновенная, пырей ползучий, лисохвост, костер безостый, полевица белая, типчак.

Изменение ботанического состава травостоя на лиманах позволяет заключить, что замещение степных трав луговыми под влиянием регулярного затопления происходит в течение 4—5 и более лет.

Продуктивность травостоя в зависимости от продолжительности затопления на лимане колхоза «Кзыл-Жулдуз» представлена в таблице 1, а на лимане «Тамды-Куль» — в таблице 2.

Данные таблиц 1 и 2 показывают, что растительные группировки для получения их максимальной продуктивности требуют различной продолжительности затопления. Наиболее эффективной продолжительностью затопления для злаково-разнотравной группировки является 10-дневный срок, для пырейно-вейниково-костровой — 20-дневный срок, для пырейно-кострово-лисохвостной — 20—25-дневный срок.

Формирование лугового травостоя на исследуемых лиманах еще не окончено, поэтому можно ожидать, что при благо-

приятных условиях продуктивность трав будет повышаться.

Наибольший прирост растительной массы у большинства растений происходит сразу же, начиная с момента освобождения лимана от воды и до середины июня. В начальную фазу развития растений (кущение) наблюдается наибольшая величина транспирации. У пырея ползучего такой закономерности не наблюдается.

Нормы лиманного орошения зависят от ряда условий. Необходимо, чтобы полезный запас влаги в почве обеспечивал растения возможно длительный срок. Нельзя допускать такого положения, чтобы паводковые воды пополняли грунтовые воды за счет фильтрации. Надо иметь в виду неравномерность затопления, глубину промачивания и др. Если же не учитывать эти условия, то норму лиманного орошения можно определять как норму влагозарядочных поливов, т. е. подсчитать количество воды, необходимое для увлажнения корнеобитаемого слоя почвы до передельно-полевой влагоемкости. Последняя зависит от механического состава почвы, величины активного слоя и начальной влажности. При таком подсчете будут получаться заниженные нормы лиманного орошения.

По данным исследований института, норму орошения лиманных лугов лучше подсчитывать по зависимости кандидата технических наук В. Я. Поповой, но с увеличенным коэффициентом «К», а именно:

$$M = KAH (V - V_0), \text{ м}^3/\text{га},$$

где: К — коэффициент, учитывающий неравномерность затопления, глубину промачивания и потери воды на испарение и утечки, в зависимости от местных условий равен 1,5—2,0;

А — скважность почвы, в процентах;

Н — глубина увлажняемого слоя почвы, в м;

В — влажность почвы (в слое Н), соответствующая передельно-полевой влагоемкости, в процентах от скважности;

$V_0$  — фактическая влажность почвы перед началом снеготаяния, в процентах от скважности.

Норму лиманного орошения можно также достаточно точно и наиболее просто подсчитывать по рекомендации академика А. Н. Костякова. Принимая расчетные величины для наших условий и глубину увлажняемого слоя почвы в 1,5 м, зависимость академика А. Н. Костякова будет иметь вид:

$$h = 0,0105 \cdot A \text{ м},$$

где: А — скважность почвы лимана в процентах.

Отсюда, зная только скважность почвы лимана, можно подсчитать необходимый слой затопления, а значит и норму лиманного орошения.

Продолжительность затопления лиманных лугов зависит от ряда факторов: типа почв, степени их промерзания и оттаивания, времени наступления таяния снега, биологических особенностей растений. Каждый из этих факторов надо учитывать во взаимодействии друг с другом. Единого мнения по рекомендации для установления продолжительности затопления лиманных лугов сейчас не имеется.

В настоящее время многочисленные рекомендации по установлению режима затопления лиманов можно разбить на три вида предложений.

Первое предложение заключается в том, что продолжительность затопления лиманов следует устанавливать, исходя только из почвенных условий. Авторы этого предложения рекомендуют держать воду на лиманах в среднем 7—10 дней, а при глубоком затоплении на тяжелых почвах или при глубоком промерзании почвы не более 10—12 дней, т. е. длительность затопления лиманов устанавливается по продолжительности насыщения водой корнеобитаемого слоя почвы.

Второе предложение сводится к тому, что при установлении длительности затопления лиманов необходимо учитывать не только почвенные условия, но и биологические особенности растений. Его поддерживают преимущественно луговоды. Обобщая их рекомендации, можно заключить, что основные виды естественной растительности лиманов (лисохвост, костер безостый, пырей ползучий, бекмания и др.) дают высокие урожаи сена только при длительном затоплении (20—30 дней), хотя по почвенным условиям воду бы следовало держать только 5—10 дней.

Третий вид предложений состоит в том, что при назначении продолжительности затопления в целях получения максимального эффекта от лиманного орошения нужно учитывать не только характер растительности и почвенные условия, но и скорость замены степной растительности луговой. Следовательно, режим затопления лиманов нужно устанавливать такой, чтобы формирование луговой растительности шло в нужном нам направлении и с достаточной быстротой.

Результаты исследований института позволяют рекомендовать следующий режим орошения для пойменных лиманов Северного и Центрального Казахстана (табл. 3).

При неглубоком залегании грунтовых вод от поверхности (1,5 м) продолжительность затопления лимана уменьшается.

Приведенный режим орошения лиманов разработан на основании эмпирических данных. Известно, что такие результаты исследований можно распространять только на ограниченную территорию. Получить аналогичным путем режим затопления для всех районов Казахстана является весьма

Таблица 3

Название почв	Продолжительность затопления, в сутках		Средняя норма орошения, м <sup>3</sup> /га
	при оттаявшей почве	при неоттаявшей почве	
Легкие . . . . .	4—6	6—10	3 000
Средние . . . . .	6—7	10—15	3 500
Тяжелые . . . . .	7—10	15—20	4 500

трудоемким и долгим делом. Следовательно, необходимо наметить достаточно простые и доступные пути или способы определения продолжительности затопления лиманов, учитывающие все факторы.

Разберем ряд способов определения продолжительности затопления лиманов, которые можно сейчас наметить.

При первом способе продолжительность затопления лиманов назначается только в зависимости от биологических особенностей преобладающих растительных группировок. В этом случае, как показано выше, длительность затопления лиманов будет весьма большой. В Казахстане имеются примеры, когда ежегодное длительное затопление лиманов на срок более 20—25 дней приводит, в конце концов, к отрицательным последствиям и лиманные луга начинают терять свою высокую продуктивность (система лиманного орошения «Кенкияк» Темирского района Актюбинской области и др.). По этой же причине ряд систем лиманного орошения начал заболачиваться. Этот метод, по нашему мнению, является неприемлемым для широкого распространения.

Второй способ определения продолжительности затопления искусственных лиманов состоит в использовании эмпирических данных. Известно, что эмпирические данные распространять на большие территории можно с большой осторожностью. В силу этого эмпирические данные имеют хотя и достаточно точное, но ограниченное применение. Получение же этих данных для всех районов потребует много времени и средств.

Рассмотрим третий способ. Он заключается в том, что продолжительность затопления искусственных лиманов можно назначать, исходя только из почвенных условий. Здесь может быть два случая: а) лиман затопляется по оттаявшей почве и б) по замерзшей или частично оттаявшей почве. В первом случае продолжительность затопления определяется путем деления нормы лиманного орошения на установивший-



ся коэффициент впитывания воды в почву. Обе эти величины служба эксплуатации может определить, проводя заранее соответствующие исследования. Норма орошения колеблется по годам, в зависимости от увлажнения почвы. Поэтому ее надо определять ежегодно. Средний коэффициент впитывания может быть найден по уравнению акад. А. Н. Костякова. Если же лиман заполняется водой по замерзшей или частично оттаявшей почве, то определять продолжительность затопления еще сложнее. Здесь можно пользоваться предложением акад. А. Н. Костякова (1), где надо заранее знать норму лиманного орошения, время оттаивания почвы и коэффициенты проницаемости почвы до промерзания и мерзлой.

При этом же случае можно применять предложение Н. А. Мосиенко (2), где встречаются также трудно определяемые величины, особенно в зимних условиях. Как видим, третий способ определения продолжительности затопления лиманов имеет известные затруднения для эксплуатационной службы.

В условиях Акмолинской области, где наиболее развито лиманное орошение, в большинстве случаев паводковая вода затапливает лиманы по замерзшей или частично оттаявшей почве. В этом случае по А. Н. Костякову (1) продолжительность затопления лимана зависит от времени оттаивания почвы под водой и времени впитывания воды в оттаявшую почву. Обе эти величины определить весьма трудно.

До сего времени оттаивание почв под водой изучено слабо, хотя этот вопрос и является важным. Решение его позволило бы заблаговременно рассчитывать продолжительность затопления лиманов в конкретных условиях, когда последний затапливается по замерзшей почве.

Результаты исследований позволяют сделать соответствующие выводы по рассматриваемому вопросу. Основные исследования по изучению глубины промерзания почвы лимана и скорости ее оттаивания под водой производились в условиях Акмолинской области на лимане колхоза «Кзыл-Жулдуз» Новочеркасского района.

Для исследований на лимане разбивались экологические створы, на которых, в свою очередь, в характерных местах по глубине затопления, виду травостоя и почвам устанавливались опытные участки. Для определения глубины промерзания почвы и скорости ее оттаивания до затопления и во время затопления лимана, на опытных участках пробуривались специальные скважины. Часть скважин пробуривалась до уровня грунтовых вод, а остальные — на глубину промерзания.

Одновременно с изучением оттаивания почвы лиманов под водой проводились ежедневные наблюдения (7, 13 и 19

часов) за температурой воздуха и воды на тех же участках. Температура воды определялась по слоям. В тексте она приводится средняя по слою.

Наблюдения за оттаиванием почвы лимана под водой в начале затопления велись через три дня, а во время сброса воды через день. Техника проведения таких наблюдений была следующей.

Железная труба диаметром 80 мм и длиной около 1,5 м нижним заточенным концом опускалась в воду в точке замера. Нижний конец трубы изнутри плотно затыкался деревянной или металлической пробкой, густо смазанной солидолом. У пробки имелся тросик, выходящий наружу трубы. Затем на трубу надавливали так, чтобы ее нижний конец вошел в почву на 5—10 см. После этого пробка вытягивается за тросик наружу, а в трубу опускается почвенный бур для взятия проб почвы. Мерзлость почвы определялась на глаз — по сцементированности грунта и наличию кристалликов льда согласно методике Государственного гидрологического института. Разумеется, скважины для определения глубины оттаивания и наблюдений за уровнем грунтовых вод закладывались каждый раз новые, распределяясь равномерно по площади опытного участка.

Почво-грунты исследуемого лимана отличаются тяжелым механическим составом (тяжелые суглинки и глины), глинистых частиц в корнеобитаемом слое содержится от 40 до 70%. Почвы лимана ко времени затопления водой успевали оттаять на глубину 20—40 см за все годы исследований.

Общая глубина промерзания почв лимана колебалась по годам исследований: в 1955 году она составляла не более 80 см, в 1956 году — от 120 до 180 см, а в 1957 году — от 145 до 205 см. На незатопленных контрольных участках глубина промерзания равнялась: в 1956 году — 190 и в 1957 году — 210 см. Среднегодовое значение глубины промерзания почвы в данной зоне, по данным И. И. Прохорова (3), колеблется от 151 до 175 см. Режим затопления лимана и скорость оттаивания почвы под водой представлены в таблицах 4 и 5.

В 1957 году почва лимана ко времени затопления успела оттаять почти на 60 см при общей глубине промерзания от 145 до 205 см. В 1956 и 1957 годах после сброса воды почва лимана еще оставалась замерзшей в среднем с глубины 1 м и ниже, т. к. за время затопления она успевала оттаять только на 40 см.

Обработка материалов наблюдений показала, что имеется прямая зависимость скорости оттаивания почвы от суммарной температуры воды. Осредненные зависимости, показывающие связь между нарастанием суммы положи-



тельной температуры воды и глубиной оттаивания, построенные по данным таблицы 5, показали, что на один градус среднесуточных температур полой воды почва лимана под водой оттаивает в среднем на 0,5 см.

Разница между температурами полой воды и воздуха при небольшой глубине затопления лиманов совершенно незначительная. Это подтверждается исследованиями В. Д. Зайкова (4) на озерах. Проверка показала, что если при расчете величины оттаивания почвы лиманов под водой принимать не температуру полой воды, а температуру воздуха (в то же время), то ошибка составляет менее 1%, а коэффициент корреляции равен почти единице.

Замена температуры полой воды температурой воздуха значительно упрощает расчеты глубины оттаивания.

Зная величину оттаивания на 1° среднесуточных положительных температур воздуха, нетрудно перейти к определению продолжительности затопления лиманов в конкретных случаях.

Корневая система многолетней луговой растительности, произрастающей на лиманах, располагается в основном в слое до 1,5 м. Поэтому, чтобы достаточно увлажнить корнеобитаемый слой, воду в лимане желательно держать или до полного оттаивания почвы, или до оттаивания на глубину распространения корневой системы. По вышеизложенному выводу почвы лимана оттаят на глубину корнеобитаемого слоя или полностью (с учетом оттаявшего слоя до затопления) при наборе суммы среднесуточных положительных температур воздуха в 90—100°С.

Из исследований (5) видно, что ценные в кормовом отношении многолетние травы, произрастающие на пойменных лугах, для прохождения первой фазы своего развития требуют набора суммы температур полой воды в 80—120°С. Обработка данных по всем метеорологическим станциям Акмолинской области за все годы наблюдений показала, что нарастание суммы среднесуточных положительных температур воздуха весной до 100—120°С в основном происходит за 15—20 суток.

Вышеприведенные результаты исследований говорят о том, что 1,0—1,5-метровый слой почвы на лиманах в среднем оттаивает за 10—15 суток.

В рассматриваемых условиях начинать сброс воды из лиманов следует тогда, когда сумма среднесуточных положительных температур воздуха достигает 50—80°С, с учетом того, что сброс воды будет продолжаться до 5—6 дней. К концу сброса воды из лиманов сумма положительных среднесуточных температур воздуха достигнет примерно 90—120°С.

Все это создаст благоприятные условия для прохождения первой фазы развития растений, а продолжительность затопления лиманов не будет превышать 10—15 суток.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костяков А. Н., Основы мелиорации. Сельхозгиз, 1951.
2. Мосиенко Н. А., Лиманное орошение сенокосов и пастбищ в Кулундинской степи. Журнал «Вестник сельскохозяйственной науки», № 2, 1958.
3. Прохоров И. И., Сезонное промерзание почвы в Казахстане. Труды КазНИГМИ, выпуск 10, М., Гидрометиздат, 1956.
4. Зайков В. Д., Очерки по озераведению, Л., 1955.
5. Хитрово О. В., Влияние затопления весенними водами на повышение продуктивности пойменных лугов. ВНИИГИМ, т. 29, М., 1957.

*Г. М. Агапова*

### ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ ОЗЕР КУСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ

На территории Кустанайской области находятся многочисленные озера с самым разнообразным характером и степенью минерализации. Питание их осуществляется за счет поверхностных и грунтовых вод, основная масса которых стекает со склонов водосборов в период весеннего половодья. Площадь озер колеблется в зависимости от водности года или нескольких лет подряд.

Минерализация и химический состав вод, поступающих в период весеннего половодья и летне-осенних дождей в водотоки и водоемы, зависят, главным образом, от степени засоленности почвенного покрова водосбора растворимыми солями, среди которых преобладающее значение имеют хлориды, а в некоторых случаях — сульфаты.

Незасоленные и малозасоленные почвы находятся в виде отдельных вкраплений в северной части области. Средне- и сильнозасоленные почвы преобладают в ее южной части и сосредоточены преимущественно в долинах рек и бессточных впадинах. В некоторых районах имеются карбонатные солонцеватые почвы, богатые растворенными солями. Весенние воды застаиваются на поверхности таких почв вследствие слабой их водопроницаемости, задерживаются в верхних горизонтах, а затем фильтруются в озерные впадины.

В засушливые и маловодные годы как поверхностный, так и грунтовый стоки незначительны и водные массы озер более или менее осолоняются. В полноводные годы, наоборот, поступает большое количество воды и происходит опреснение даже при большой водной массе, находящейся в озере.

Озера Кустанайской области чаще всего небольшие по размерам, глубиной не свыше 3—5 м, с пресной, соленой, но чаще солоноватой водой, сильно зарастают камышом, рогозом и другой водной растительностью, которая, ежегодно

отмирая, является обильным источником гниющего органического вещества. В силу этого зимой подо льдом (в не промерзающих до дна озерах) происходит сильное разложение органических остатков и интенсивное потребление растворенного в воде кислорода. Зачастую кислород полностью исчезает и появляется сероводород. Это ведет к частичным или полным заморам рыбы.

Все озера отличаются сильно щелочной водой. Это находится в тесной связи с характером большинства грунтовых вод Кустанайской области, которые большей частью засолены и отличаются весьма большой жесткостью.

Минерализация и ионный состав вод озер весьма разнообразны. Наряду с пресными, встречаются озера с очень соленой водой. В основном это озера хлоридного класса, группы натрия (по Алекину), реже — с преобладанием сульфатных солей (озеро Бошаколь). Встречаются и гидрокарбонатные, «содовые» озера (озеро Жаксы-Жарколь). Но чаще воды этих озер становятся к концу вегетационного периода снова хлоридными. Есть озера и гидрокарбонатно-хлоридные, с преобладанием магния (озеро Кайбагар). На территории области обнаружены и такие озера, воды которых, наряду с натрием, содержат много кальция (озеро Тенгиз).

Материалом для написания статьи послужили проведенные автором химические анализы воды десяти озер и данные гидрохимических характеристик этих же озер, приведенные в книге «Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель» II Кустанайская область (9).

Пробы воды отбирались при рекогносцировочном обследовании озер ихтиологической экспедицией Института зоологии АН КазССР и обрабатывались автором статьи в лаборатории гидрохимии при отделе ихтиологии и гидробиологии того же института. В объем химических анализов проб воды входили определения главных ионов ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  +  $\text{K}^+$ ), и ионов Н, т. е. активной реакции воды — рН. Полезные анализы на растворенный кислород, свободную углекислоту и окисляемость выполнялись членами экспедиции.

Все химические определения проводились методами, принятыми в гидрохимической практике. В основном пользовались методами, описанными в книге О. А. Алекина «Химический анализ вод суши» и «Краткое руководство по химическому анализу воды в экспедиционных условиях» под редакцией П. А. Кашинского.

Все данные химических анализов воды сведены в таблицу 1. Ниже даются характеристики некоторых озер Кустанайской области.

### ОЗЕРО АИЖАН

Озеро Айжан (Неклюдово) расположено в 30 км северо-восточнее села Демьяновки Пресногорьковского района и представляет собой бессточный водоем с пологими глинисто-песчаными берегами. Дно озера ровное, покрыто песчаным илом желтоватого цвета с большим количеством растительных остатков. Площадь зеркала озера 12,6 км<sup>2</sup>. Глубины в прибрежных участках — 0,5—0,6 м, максимальные — не превышают 1,5 м. Озеро у берегов заросло тростником. Летом в водоеме бурно развивается мягкая водная растительность. Питание озера происходит за счет грунтовых вод.

Вода в озере солоноватая на вкус, зеленовато-сероватого цвета. Прозрачность достигала 0,8—0,9 м по белому диску. Растворенного кислорода в середине озера было 7,3 мг/л, а у тростников, над глубиной 1,2 м — 6,9 мг/л. Свободной углекислоты в воде обнаружено не было.

Вода озера щелочная (рН — 8,4), жесткая, с повышенной минерализацией (сумма ионов 2,4 г/кг), хлоридная (Cl<sup>-</sup> — 39,1% экв.), с преобладанием натрия (Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> — 38,9% экв.). По классификации Лисицына она принадлежит к четвертой категории, допустимой для питья в случае нужды. После весеннего паводка вода должна обладать более благоприятными вкусовыми качествами.

### ОЗЕРО АЛАКОЛЬ

Озеро Алаколь (Мокрое) находится у поселка Аксуат Мендыгаринского района. Состоит озеро из центрального плеса, расположенного между поселками Аксуат и Мокрое, и трех заливов. Дно основного плеса ровное, илистое. Глубина у берегов — 1,0—1,5 м, в центре — 2,0—3,5 м. Питание озера происходит за счет воды временных водотоков рек Карангалык, Аксуат, Курсай и ряда ручьев, текущих весной по дну балок. По словам старожил, озеро никогда не пересыхало. Озеро Алаколь — водоем бессточный, с площадью 16,2 км<sup>2</sup>.

По данным химического анализа, вода озера слабощелочная, умеренно-жесткая, гидрокарбонатная (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> — 23,7% экв.), с преобладанием натрия (Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> — 23,7% экв.) среди катионов. Воду озера можно отнести к водам пресным, «содовым».

Из таблицы 2 видно, что в последние годы минерализация воды озера возросла за счет увеличения гидрокарбонатных солей, что в свою очередь привело к увеличению жесткости (с 8,9 до 11,5 мг-экв).

Воду озера можно отнести к водам очень жестким, но



Таблица 2

Жесткость и содержание ионов  $\text{HCO}'_3$  и  $\text{Cl}'$  в озере Алаколь в разные годы

Дата отбора пробы	$\text{HCO}'_3$	$\text{Cl}'$	Жесткость мг-экв
	мг/л		
27/IX—1939 . . . .	112,0	132,1	8,9
4/VII—1955 . . . .	317,2	64,0	11,5

допустимым к водоснабжению. Местным населением вода употребляется как питьевая и хозяйственная круглый год.

#### ОЗЕРО БОЩАКОЛЬ

Озеро Бошаколь расположено в 35 км юго-восточнее районного центра села Урицкое, у поселка Вишневка. Оно представляет собою бессточный чашеобразной формы водоем с очень низкими, весной затапливаемыми берегами. Дно покрыто легким черным илом зернистой структуры. В зарослях тростника на поверхности грунта лежит слой детрита до 0,4 м толщиной. В вегетационный период озеро сильно зарастает мягкой водной растительностью. Площадь озера составляет примерно 30 км<sup>2</sup>. Средние глубины в годы высокого стояния воды — 2,5 м, максимальные доходят до 5 м. В июне 1956 года максимальные глубины составляли всего 1,75 м.

Озеро питается атмосферными водами, основная масса которых поступает по балке с западной стороны. Вода пресная на вкус, без какого-либо привкуса и запаха, цвет зеленоватый. За счет постоянного взмучивания донных отложений прозрачность воды 10—15 см по белому диску.

Содержание кислорода в озере в летнее время высокое, доходит до 167% насыщения. Окисляемость воды (перманганатная) значительная и составляет 22,4 мг  $\text{O}_2/\text{л}$ . В весеннее время окисляемость характеризуется меньшими величинами, а именно: 9,0—10,6 мг  $\text{O}_2/\text{л}$ .

Вода озера Бошаколь щелочная (рН — 8,2), сульфатная

Таблица 3

Химический состав воды озера Бошаколь, г/кг

Дата отбора пробы	$\text{HCO}'_3$	$\text{SO}'_4$	$\text{Cl}'$	$\text{Ca}''$	$\text{Mg}''$	Жесткость мг-экв
6/VI—1956 . . . .	0,265	0,735	0,024	0,028	0,017	2,8
26/VI—1958 . . . .	0,317	0,530	0,010	0,056	0,021	4,5

( $\text{SO}_4^{2-}$  — 37,5% экв.), с преобладанием натрия ( $\text{Na} + \text{K}$  — 43,2% экв.) среди катионов.

Судя по данным таблицы 3, вода озера в 1958 году содержала более повышенное количество гидрокарбонатов и несколько меньше сульфатов, но все же оставалась сульфатной (табл. 1).

По жесткости воду озера лета 1956 года можно отнести к мягким (жесткость — 2,8 мг-экв), но воду 1958 года никак нельзя считать мягкой (жесткость — 4,5 мг-экв), скорее ее нужно отнести к водам с умеренной жесткостью. Увеличение жесткости произошло за счет поступления гидрокарбонатов кальция и частично магния.

Вода озера, по Лисицыну, относится к категории третьей, пресной, питьевой (сумма ионов 1,2—1,5 г/кг). Вода используется местным населением для поения скота и других хозяйственных нужд, но никогда не используется как питьевая.

#### ОЗЕРО ЖАКСЫ-АЛАКОЛЬ

Озеро Жаксы-Алаколь расположено в Тарановском районе у станции Баталы Карагандинской железной дороги. Оно представляет собой бессточный овальной формы водоем с круглыми и обрывистыми берегами с северной и восточной сторон и пологими — с других сторон. Дно ровное, с постепенно нарастающими глубинами. Максимальные глубины в 1956 году были в 2,5 м. В прибрежной части дно песчаное, а начиная с глубины 0,5—1,0 м оно покрыто серым песчаным илом, который постепенно сменяется темно-серым вязким илом с резким запахом сероводорода. Площадь озера около 20 км<sup>2</sup>. Питается оно рекой Ащи-Озексай и рядом мелких временных водотоков.

Вода реки Ащи-Озексай солоноватая, с неприятным болотным привкусом, ил имеет запах сероводорода. Растворенного кислорода в воде реки достаточное количество (до 156% насыщения), свободной углекислоты содержит даже в летние месяцы до 1,02 мг/л. Это говорит об активных процессах окисления, происходящих на дне русла реки.

В тихую погоду вода озера имеет зеленоватый с бирюзовым отливом цвет, прозрачность по белому диску доходит до 1,2 м. На вкус вода солоноватая, без особого запаха. Растворенного кислорода в конце весны содержится значительное количество — от 150 до 170% насыщения. Окисляемость воды колебалась в пределах от 9,0 до 11,0 мг  $\text{O}_2$ /л. Эти данные говорят о том, что процессы, происходящие в толще воды озера по продуцированию кислорода, преобладают над процессами его потребления, так как водоем этот имеет умеренное количество растворенных органических веществ.

Таблица 4

Содержание кальция и магния в воде озера Жаксы-Алаколь, г/кг

Дата отбора пробы	Ca	Mg	Жесткость, мг-экв
12/V—1956	0,142	0,04	10,3
28/VII—1956	0,130	0,130	17,35

В мае—июле 1956 года вода озера Жаксы-Алаколь была щелочной (рН 7,0—9,2), очень жесткой (жесткость 10,0—17,35 мг-экв), хлоридной (Cl<sup>-</sup>—35—38% экв), с преобладанием ионов натрия (Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup>—33,0—40,5% экв) среди катионов. В мае солей кальция в озере было значительно больше, чем магния, в конце июля количество магния резко возросло (табл. 4).

Минерализация воды озера характеризуется величиной в 3,404 г/кг. и относится к водам солоноватым, к пятой категории (по Лисицыну), объединяющей воды, которые можно использовать для питья в случае большой нужды.

В летнее и зимнее время питьевые качества воды еще больше ухудшаются и вода становится допустимой к употреблению лишь в крайнем случае. Озеро используется для поения скота. Вода его идет также для снабжения станции Баталы.

#### ОЗЕРО ЖАКСЫ-ЖАРКОЛЬ

Озеро Жаксы-Жарколь расположено у сел Анновки, Чеховки и Старой Дубовки Урицкого района. Оно представляет собой бессточный, округлой формы водоем с пологими берегами с запада, крутыми и обрывистыми — с других сторон. Дно ровное, илистое. Площадь озера в 1956 году составляла около 8,0 км<sup>2</sup>, средняя глубина — 1,6 м, наибольшая — 2,3 м. Заросли тростника тянутся вдоль берегов шириной от 50 до 100 м. Питание озера, главным образом, атмосферное, основная масса воды поступает весной в период таяния снега.

Окраска воды желтоватая, прозрачность в тихие дни 50—60 см по белому диску, в ветреные дни — не более 10 см. Вода на вкус пресная, без особого запаха.

По данным полевого анализа, проведенного в июне 1956 года, вода озера в дневные часы содержала растворенного кислорода достаточное количество в поверхностных слоях (до 150% насыщения) и несколько пониженное в придонных слоях (от 50 до 68% насыщения). Окисляемость составляла величину от 7,0 до 19,8 мг O<sub>2</sub>/л. Большой показатель окисляе-

мости воды придонных слоев характеризует интенсивность процессов разложения отмерших организмов.

Ввиду интенсивного фотосинтеза летом почти не наблюдается дефицита кислорода, хотя по мере прогрева воды и усиливаются процессы окисления органических веществ, находящихся в толще воды. Другое дело зимой, когда водоем покрыт льдом и снегом. Дневной свет почти не проникает в толщу воды и процессы фотосинтеза почти прекращаются. В такой период могут возникать опасные кислородные дефициты, которые приводят к частичной гибели рыбы. Озеро Жаксы-Жарколь может переживать такие опасные моменты, так как окисляемость его воды даже в летнее время снижает запасы кислорода в придонных слоях.

Химические анализы воды (табл. 1) позволяют сказать, что вода в озере на протяжении всего года является щелочной (рН — 7,7—8,54). Весной вода умеренно жесткая (3,0—3,6 мг-экв), к осени и зимой она становится жесткой (4,7—5,0 мг-экв). Весною и в первые летние месяцы, когда еще сказывается влияние поступивших в озеро талых вод, вода озера Жаксы-Жарколь преимущественно гидрокарбонатная ( $\text{HCO}_3^-$  — 28,6—37,1% экв), но к осени, по мере испарения воды и интенсификации биохимических процессов в водоеме, гидрокарбонатный ион уступает свое место хлоридам (табл. 5).

Таблица 5

Содержание ионов  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Cl}^-$  в воде озера Жаксы-Жарколь, % экв.

Дата отбора пробы	$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$
Август 1955	11,8	5,0	33,2
16/V—1956	37,1	5,1	7,8
3/VI—1956	28,6	16,6	4,8
21/IX—1956	18,7	2,5	28,8

В течение всего года из катионов преобладает натрий ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  — 28,1—35,5% экв). Кальция в весенние месяцы было немного больше, чем осенью, а количество магния к осени увеличивалось с 19,9 до 50 мг/л. Минерализация воды тоже возрастает с весны к осени от 545 мг/л до 1,19 г/кг.

По своим питьевым качествам вода озера Жаксы-Жарколь отличная весной, хорошая летом и удовлетворительная осенью и зимой. Озеро используется для водоснабжения и удовлетворения хозяйственных нужд населения.

### ОЗЕРО КАЙБАГАР

Озеро Кайбагар расположено в 2 км восточнее центральной усадьбы Карасуского совхоза. Представляет оно собой бессточный, вытянутый в меридиональном направлении водоем с ровными пологими берегами. Дно озера илистое. Заросли макрофитов сильно развиты, особенно мощно представлены заросли тростника, которые размещены не только вдоль берегов, но и отдельными купками встречаются в центральной части озера. Площадь озера в 1956 году была равна 112 км<sup>2</sup>. Глубины в северной части составляют 1,5 м, к южной же стороне возрастают до 2,3 м. Питание озера осуществляется водами реки Карасу и атмосферными водами, стекающими по склонам водосборной площади и по временному водотоку Шигенсай.

Основная окраска воды зеленовато-серая. Вода пресная на вкус, без запаха и какого-либо привкуса. Прозрачность доходит до 1,0 м по белому диску. Содержание кислорода не очень высокое и составляет 86—103% насыщения в поверхностных слоях и 57,3—69% — в придонных. Такая картина распределения кислорода наблюдается по всей акватории озера и объясняется, по-видимому, интенсивным поглощением кислорода в поверхностных слоях и особенно в придонных на окисление органических веществ. Высокое содержание органических веществ подтверждает и величина плотного остатка. Она равна 565 мг/л, а сумма ионов — 300,0 мг/л. Таким образом, на долю органических веществ, растворенных в воде, приходится 264,0 мг/л.

Вода озера Кайбагар щелочная (рН — 8,41), гидрокарбонатно-хлоридная ( $\text{HCO}_3^-$  — 18,0% экв,  $\text{Cl}^-$  — 17,7% экв), с преобладанием магния ( $\text{Mg}^{++}$  — 27,3% экв.) среди катионов. Общая жесткость характеризуется величиной в 4,2 мг-экв, вода умеренно жесткая.

Сумма ионов составляет 300,9 мг/л, что ставит озеро Кайбагар в ряд водоемов с пресными водами. По питьевым качествам вода хорошая.

### ОЗЕРО КУШМУРУН

Озеро Кушмурун (Убаган) принадлежит к типу больших озер Казахстана. Находится оно в 9 км к северу от поселка Кушмуруна Семиозерного района. Озеро представляет собой вытянутый почти в меридиональном направлении водоем. Правый берег высокий, к нему подходят Кушмурунские горы, левый берег низкий, без заливов, но прорезан логами, по которым происходит сток воды. Озеро питается в основном

за счет весенних вод, приносимых рекой Убаганом и многочисленными ручьями и речушками. В летнее время в озере преобладает грунтовое питание.

Размеры озера меняются в зависимости от его наполнения. В период экспедиционных исследований озеро имело площадь примерно в 210—230 км<sup>2</sup>, со средней глубиной в 0,4 м. По длинной оси озера была обнаружена глубина в 0,8 м, идущая полоской около 15—20 м шириной. Река Убаган не доходила до озера 5—6 км и не вытекала из него. По краям озеро обсохло, открытая часть дна его была покрыта слоем солей.

Дно озера покрыто слоем темно-серого и черного ила. Вдоль левого берега озеро зарастает тростником.

Вода озера Кушмурун во все сезоны года щелочная, хлоридная (Cl<sup>-</sup> 43,8% экв), с преобладанием натрия (Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> — от 21 до 41% экв) среди катионов. В мае 1940 года, наряду с натрием (Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> — 20,8% экв), было отмечено большое количество магния (Mg<sup>++</sup> — 20,1 экв.). Жесткость воды очень высокая и доходит до 150 мг-экв.

В полноводные годы вода опресняется в 5—6 раз, но в маловодные годы влияние весенних вод оказывается незначительным. Так, в полноводный 1940 год величина минерализации с мая по сентябрь возросла с 1,9 г/кг до 10,21 г/кг, а в маловодный 1955 год в июне составляла 30,1 г/кг. Минерализация воды озера в 1930 году, по-видимому, была самой высокой, так как даже в конце мая, когда влияние на минерализацию весенних талых вод сказывается еще значительно, хлоридов было 9 740 мг/л, сульфатов — 5 000 мг/л, кальция — 1 711 мг/л, магния — 4 071 мг/л (из материалов Кустанайского облводхоза).

В периоды обильного паводка, когда вода в озере опресняется, ее можно использовать как питьевую (в крайних случаях) и для водопоя скота.

#### ОЗЕРО САСЫККОЛЬ

Озеро Сасыкколь расположено в северо-восточном углу Карабалыкского района, в 27 км к западу от поселка Веселый Кут. Оно представляет собой бессточный округлой формы водоем, заросший рогозом и тростником, с ровными, почти со всех сторон низкими берегами.

Площадь озера 18 км<sup>2</sup>. Глубины озера незначительны: средние — 1,0—1,8 м, максимальные — 2,5 м. Дно покрыто черным илом с большим количеством органических остатков. Питание озера главным образом происходит за счет весенних талых вод, которые поступают в него по логам и оврагам. Цвет воды зеленовато-желтоватый, на вкус вода пресная,

без осязательного запаха. Прозрачность 0,5—0,8 м по белому диску.

В вегетационный период благодаря процессу фотосинтеза, идущему наиболее интенсивно в слое 0,3 м, с одной стороны, и окислительным процессам, происходящим в донных отложениях, с другой — все время наблюдается увеличение кислорода и уменьшение свободной углекислоты в верхних слоях, а наряду с этим уменьшение кислорода и увеличение свободной  $\text{CO}_2$  — в нижних. (табл. 6).

Таблица 6

Окисляемость, содержание кислорода и свободной углекислоты в различных горизонтах воды озера Сасыкколь

Слой воды	Кислород, % насыщения	Свободная углекислота, мг/л	Окисляемость, мг $\text{O}_2$ /л
Поверхностный . . . . .	102—127	0,8—1,05	9,0
Придонный . . . . .	91,0—112,7	0,98—1,64	19,5

Как видно из приведенных в таблице 6 данных, вода озера содержит значительное количество растворенных органических веществ.

Вода в озере щелочная (рН — 8,64), умеренно-жесткая (5,0 мг-экв), хлоридная ( $\text{Cl}'$  — 30,1% экв), с преобладанием натрия ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  — 33,0% экв) среди катионов; на долю гидрокарбонатов приходится 13,8% экв. По-видимому, в период половодья вода все же может быть гидрокарбонатной.

По своим питьевым качествам вода озера Сасыкколь хорошая (минерализация в июне составляла 956,4 мг/л). Для водоснабжения вода озера пригодна круглый год.

#### ОЗЕРО ТЕНГИЗ

Озеро Тенгиз расположено в 3 км северо-восточнее поселка Аяк-Мол дабай и в 3,5 км восточнее поселка Кактумар Мендыгаринского района в долине реки Убаган. Оно представляет собой неправильной формы водоем, вытянутый в меридиональном направлении и сильно заросший тростником. Дно озера покрыто тонким черным илом с большим количеством растительных остатков, с отчетливым запахом сероводорода. Площадь зеркала озера — 70,1 км<sup>2</sup>, глубина в среднем — 1,0—1,2 м, но нигде не превышает 2,0 м.

Вода в озеро поступает преимущественно паводковая, по временным водотокам, подходящим к озеру с юго-запада и запада. Иногда в озеро попадают избыточные воды реки Убаган.

Цвет воды в июле был зеленовато-серый, на вкус она соленая, с болотистым привкусом. Вода из придонных слоев имела ощутимый запах сероводорода. Растворенного кислорода в воде озера Тенгиз содержалось не так много, как в других озерах области. Насыщение его доходило только до 70—90% в поверхностных слоях и до 40—60% — в придонных.

Низкое содержание в воде кислорода, по-видимому, объясняется тем, что кислород интенсивно потребляется на окисление разлагающихся органических веществ, а также на окисление сероводорода, выделяющегося со дна водоема. Вода озера Тенгиз щелочная (рН — 8,08), очень жесткая (51,1 мг-экв), хлоридная (Cl<sup>-</sup> — 38,1% экв), с преобладанием ионов натрия (Na<sup>+</sup> + K<sup>+</sup> — 20,5% экв) и кальция (Ca<sup>++</sup> — 18,3% экв) среди катионов.

В зависимости от количества поступающей соленой воды реки Убаган в озеро Тенгиз минерализация последнего изменяется. В многоводные годы, когда уровень озера Тенгиз выше реки Убагана, вода в озере бывает более пресная, с содержанием хлоридов не более 200 мг/л. В годы поступления в озеро воды реки Убаган, а также в засушливые годы концентрация воды увеличивается и она становится непригодной для питья, но для водопоя скота используется ежегодно.

В июле 1955 года минерализация воды была 4,85 г/кг. По классификации Лисицына она относится к пятой категории, которая объединяет воды, допустимые для питья в случае большой нужды.

#### ОЗЕРО УЛЬКЕНКОЛЬ

Озеро Улькенколь (Улькенбурли) расположено у села Бурли, Карабалыкского района. Максимальная площадь — 90 км<sup>2</sup> — была в 1928 году. Площадь озера в мае 1956 года равнялась приблизительно 13,0 км<sup>2</sup>. По словам местных жителей, озеро никогда не пересыхало.

Озеро Улькенколь — бессточный, вытянутый в меридиональном направлении водоем с ровными заболоченными берегами. В современном состоянии озеро переживает стадию обмеления и почти полного зарастания. Глубины в прибрежных плесах — 1,0—1,5 м, в центральном плесе — около 2,0 м. Дно озера покрыто черным илом с большим количеством растительных остатков, в зарослях ил имеет запах сероводорода. Питание водоема осуществляется за счет атмосферных осадков, основная масса которых поступает во время весеннего паводка по небольшим балкам.

Вода темно-зеленого цвета, солоноватая, с болотным при-



вкусом, прозрачность доходит до 1,3 м по белому диску. Она слабощелочная и в течение всех сезонов очень жесткая. Жесткость ее, составляющая в весенние месяцы 14—15 мг-экв, к концу лета возрастает до 23,0 мг-экв и в подледный период достигает максимальных величин — 53,3 мг-экв.

Минерализация воды так же, как и жесткость, постепенно возрастает с 2,5 г/кг (весною) до 4,0 г/кг (конец лета). В подледный период она составляет величину почти в 8,0 г/кг. В течение всего года вода имеет резко выраженный хлоридный характер ( $Cl^-$  38,0—40,0% экв), при преобладании ионов натрия ( $Na^+ + K^+$  24,5—34,4% экв) в составе катионов.

Весенние талые воды, бурно вступая в водоем, смешиваются с зимними, более минерализованными. Это приводит к разбавлению воды и уменьшению степени ее минерализации, о чем наглядно свидетельствуют данные таблицы 7.

Таблица 7

Химический состав воды озера Улькенколь, г/кг

Дата отбора пробы	$HCO_3^-$	$SO_4^{2-}$	$Cl^-$	$Ca^{++}$	$Mg^{++}$	$Na^+ + K^+$	Сумма ионов
5/ II—1956	0,96	0,48	3,63	0,22	0,38	2,06	7,73
4/V—1956	0,34	0,16	1,14	0,08	0,13	0,63	2,48

В дальнейшем наблюдается постепенное увеличение минерализации (табл. 1), что обуславливается гидрологическими и метеорологическими факторами. В летнее время усиливается испарение с поверхности воды, а также усиливаются процессы минерализации отмерших водных организмов. К началу осени минерализация воды озера Улькенколь достигает величины 4,04 г/кг.

В конце мая 1956 года были отобраны пробы воды с разных горизонтов. Результаты анализа этих проб приведены в таблице 8.

Данные этой таблицы показывают, что толща воды не в одинаковой степени минерализована. В поверхностных горизонтах более эффективно сказывается влияние талых вод на степень минерализации, в придонных же слоях этот процесс протекает медленнее.

По степени минерализации и ионному соотношению воду озера Улькенколь можно отнести к водам солоноватым. В весенние месяцы, когда вода в озере обладает минерализацией 2,5—3,0 г/кг, воду можно использовать для питья только в случае большой нужды (категория пятая по Лисицыну), летом же и зимою вода для питья совершенно не пригодна. Использовать ее можно для водопоя скота.

Таблица 8

Химический состав воды из разных горизонтов озера Улькенколь, г/кг

Горизонт	Сумма ионов	HCO <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>
Поверхностный . . . . .	2,64	0,344	0,2	1,18	0,115	0,143	0,655
Придонный . . . . .	3,4	0,329	0,32	1,58	0,127	0,205	0,833

Из изложенного выше вытекает, что озера Кустанайской области имеют весьма разнообразные гидрохимические характеристики и объединить их в общие группы весьма трудно. Но если руководствоваться в основном величиной минерализации и преобладанием главнейших ионов, то можно результатами наших исследований подтвердить выводы П. П. Воронкова (5) о закономерности формирования озерных вод.

Озера области П. П. Воронковым разбиты на две группы. К первой группе он относит озера, воды которых имеют минерализацию до 1 000 мг/г, преимущественно гидрокарбонатные с преобладанием натрия в составе катионов. Озера, воды которых обладают минерализацией 1—5 г/кг и выше, относятся ко второй группе и характеризуются резко выраженными хлоридными свойствами при соответствующем преобладании ионов натрия.

Исключением из первой группы озер может служить озеро Сасыкколь ( $Cl_{I}^{Na} \frac{5}{1,95}$ ), вода которого носит ярко выраженный хлоридный характер, а также озеро Кайбагар ( $CCl_{III}^{Mg} \frac{4,2}{0,3}$ ), где вода имеет почти равное содержание гидрокарбонатов и хлоридов и преобладание магния в составе катионов. На долю натрия в составе воды озера Кайбагар приходится всего 3,1% экв.

Исключением из второй группы озер может служить озеро Тенгиз ( $Cl_{III}^{Na, Ca} \frac{51,5}{4,7}$ ), вода которого в составе катионов имеет почти равное количество натрия и кальция. Среди озер этой группы обнаружено озеро с сульфатными водами (озеро Боцаколь  $S_{I}^{Na} \frac{2,8}{1,5}$ ).

При оценке питьевых качеств воды весьма существенное значение имеет ее химический состав. При преобладании ионов Cl<sup>-</sup> и Na<sup>+</sup> для питья и приготовления пищи может применяться более минерализованная вода (озера Улькенколь), чем при преобладании ионов SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> и Na<sup>+</sup> или Mg<sup>++</sup> (озеро Боцаколь), поскольку последними обуславливаются болезненные физиологические явления.

В оценке воды немалую роль играют общая жесткость воды и ее окисляемость. Общую жесткость воды принято изме-

рять содержанием ионов  $\text{Ca}^{++}$  и  $\text{Mg}^{++}$ , выраженных в мг-экв/л. В преобладающем большинстве природные воды имеют преимущественно кальциевую жесткость. Характерной особенностью озерных вод Кустанайской области является преобладание магния над кальцием. Общая жесткость воды, как правило, возрастает по мере увеличения ее минерализации, но процентное содержание магния в жесткости не зависит от этого увеличения.

В общем озерные воды Кустанайской области умеренно жесткие, чаще жесткие и очень жесткие. Этим объясняется ограниченное их применение для удовлетворения хозяйственных нужд населения.

Окисляемость вод Кустанайской области, судя по результатам исследований, приведенных в таблице 9, в течение вегетационного периода возрастает по мере прогрева воды и больших величин достигает в придонных слоях водоема.

Таблица 9

Окисляемость некоторых озер Кустанайской области, мг  $\text{O}_2/\text{л}$ 

Озера	Дата отбора пробы	Окисляемость перманганатная	
		поверхностный слой воды	придонный слой воды
Бошаколь . . . . .	6/VI—1955	10—14	22,4
“ . . . . .	5/V—1958	9—10,5	28,2
“ . . . . .	9/VII—1958	11—13,0	31,4
Жаксы-Алаколь . . . . .	12/V—1956	9,0	11,0
Жаксы-Жарколь . . . . .	3/VI—1956	7,0	8,4
Сасыкколь . . . . .	28/VI—1956	9,0	19,5

Так как малое окисление органических соединений перманганатом особенно характерно для озерных вод, в которых сравнительно быстро происходит окисление легкоокисляющихся гумусовых веществ и накопление трудноокисляющихся, то можно сказать, что фактически растворенных органических веществ в толще озерных вод намного больше, чем нам удалось учесть перманганатной окисляемостью.

В конце описания каждого озера нами дана характеристика воды как питьевой по категориям Лисицына (8). В результате этого выяснилось, что среди описанных озер есть только три: Алаколь, Кайбагар, Сасыкколь, вода которых может быть использована для питья круглый год. Воду остальных озер или невозможно использовать совсем (озеро Бошаколь) или можно употреблять только в весенние месяцы.

Решающее значение в засолонености вод области имеет инфильтрационная способность котловины, которая может быть весьма различной даже при очень близком расположении котловин отдельных озер. Этим определяется все то разнообразие минерализации и до некоторой степени химического состава озерных вод, которое в настоящее время наблюдается на территории Кустанайской области.

Минерализация озерных вод области и их химический состав весьма существенно изменяется не только по территории, но и во времени — в течение года и ряда лет. Отсюда очевидна необходимость систематического изучения гидрохимического режима озер, которые могут быть использованы как источники водоснабжения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алекин О. А., К вопросу о химической классификации природных вод. Труды НИЦ ГУГМС, серия IV, вып. 32, Л., Гидрометеиздат, 1946.
2. Алекин О. А., Общая гидрохимия. Л., Гидрометеиздат, 1948.
3. Алекин О. А., Основы гидрохимии. Л., Гидрометеиздат, 1953.
4. Алекин О. А., Химический анализ вод суши. Л., Гидрометеиздат, 1954.
5. Воронков П. П., Гидрохимическая характеристика поверхностных вод Кустанайской области. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель, II, Кустанайская область. Л., Гидрометеиздат, 1959, стр. 278.
6. Горюнова А. И., Рыбные ресурсы некоторых степных озер Кустанайской области (в настоящем сборнике).
7. Краткое руководство по химическому анализу воды в экспедиционных условиях. Под ред. Кашинского П. А., М.-Л., Издательство Академии наук СССР, 1946.
8. Лисицын К. И., Об оценке питьевых вод в сухих районах. Труды второго Всесоюзного гидрогеологического съезда в Ленинграде 20—27/IV 1928 г., часть 2. Л., 1929.
9. Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель, III, Кустанайская область. Л., Гидрометеиздат, 1959.
10. Справочник по водным ресурсам СССР, под общей ред. Капылова Н. А., том XIII, Северный Казахстан. Л., Издание Государственного гидрологического института, 1933.

*А. И. Горюнова*

**РЫБНЫЕ РЕСУРСЫ НЕКОТОРЫХ СТЕПНЫХ  
ОЗЕР КУСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ**

Казахстан богат пресноводными водоемами, разнообразнейшими по гидрогеологическим и физико-географическим особенностям. Расположение многих из них вблизи крупных промышленных центров, железнодорожных магистралей и автомобильных дорог определяет ценность этих водоемов как источников снабжения населения свежей рыбой.

В докладе на XXI съезде Коммунистической партии Советского Союза Н. С. Хрущев отметил, что «наряду с дальнейшим развитием рыболовства в открытых морях и океанах, надо по-хозяйски использовать внутренние водоемы, в которых можно было бы ежегодно получать не менее 6—8 миллионов центнеров рыбы».

Выполнение этой задачи в Казахской ССР предполагает рациональное рыбохозяйственное использование многочисленных степных озер. В связи с этим несомненный практический интерес имеют результаты рекогносцировочного ихтиолого-гидробиологического обследования озер Кустанайской области, проводившегося в 1955, 1956 и частично в 1957 и 1958 годах.

Изучению подверглись озера Жаксы-Жарколь, Ток-Тас, Косколь и Жулжирган Федоровского района, Тенгиз и Алаколь Мендыгаринского района, Речное, Узункольского района, Бабье и Айжан Пресногорьковского района, Жаксы-Жарколь, Талы, Сарыколь и Бошакколь Урицкого района, Тюнтюгур и Койбагар Карасусского района, Жаксы-Алаколь, находящееся на границе Тарановского и Орджоникидзевского районов, Улькун-Бурли и Сасыкколь Карабалыкского района.

Сборы материала, их предварительная полевая обработка, визуальные наблюдения и последующая камеральная обработка ихтиологических проб проводились по стандартной методике. В экспедиционных работах кроме автора при-

нимали участие В. Я. Пильгук, М. В. Обухова и В. С. Савинов.] Лабораторное определение видового состава фитопланктона произведено В. М. Обуховой, зоопланктона — А. С. Малиновской и И. К. Ивановым, бентоса и питания — С. К. Тютеньковым и В. Я. Пильгук. Всем этим лицам я приношу глубокую благодарность.

Обилие мелководных степных озер является отличительной чертой ландшафта Кустанайской области. Плоский слаборасчлененный рельеф способствует концентрации поверхностного стока в многочисленных озерах и западинах, относительная доля площади зеркала которых достигает в среднем для Кустанайской степи 20%.

Основными источниками питания озер области являются: приток талых снеговых вод с поверхности водосбора и осадки, выпадающие на поверхность озера в теплое время года в виде дождя, а зимой — снега. Приток воды происходит преимущественно в течение кратковременного весеннего половодья. Поэтому в многоводные весны в озера поступает большое количество воды, в результате чего их уровень повышается иногда на 2—3 м. В маловодные годы объем притока воды резко снижается, прекращаясь иногда полностью. Ежегодное понижение уровня озер в летне-осенний период почти на одну и ту же величину в сочетании с резким их наполнением в отдельные многоводные годы создает типичную картину многолетнего хода их уровней — резкий, в течение 1—3 лет подъем и длительное постепенное понижение, иногда вплоть до полного пересыхания. На общем фоне понижения уровня озер в промежутках между группами многоводных лет отмечаются кратковременные весенние подъемы, замедляющие его общее падение.

Озера, обладающие притоком не только поверхностных, но и подземных вод, имеют более плавный ход уровня в многолетней перспективе. Такие озера не пересыхают даже в конце наиболее маловодных периодов и имеют амплитуду многолетних колебаний уровня нередко равную всего 1—2 м (озера Речное, Алаколь, Улькун-Бурли, Сасыкколь).

Колебания уровней как многолетние, так и сезонные представляют характерную особенность степных озер Кустанайской области, накладывающую отпечаток на гидрологический и гидробиологический режимы этих водоемов.

Площади озер весьма разнообразны. Из числа исследованных наименьшим было озеро Бабье, площадью около 200 га, наибольшим — озеро Тенгиз, площадью 7 010 га.

Чаши большей части озер представлены блюдцеобразными впадинами, с глубинами, не превышающими 4—5 м даже

в годы наиболее высоких уровней. В 1955 году среднюю глубину озер можно было определить величиной 1—1,5 м. Многие озера были еще более мелки, находясь на стадии, предшествующей полному высыханию (Айжан, Бошаколь, Тенгиз). В 1956 году вследствие затяжного характера весны и медленного таяния снега пополнения озер паводковыми водами не произошло и уровень в некоторых озерах резко упал. В 1957 году произошло наполнение примерно до уровня 1955 года, в 1958 году — вновь снижение, но менее значительное, чем в 1956 году. В связи с колебаниями уровней происходило изменение глубин в пределах 0,5—1 м.

Колебания уровней воды стимулируют ряд сопровождающих их явлений, в частности накопление продуктов континентальной дифференциации. В периоды максимального обводнения в озерах накапливаются механические осадки, обуславливающие интенсивное заиление озер, в периоды среднего обводнения — продукты жизнедеятельности растений, способствующие торфообразованию и, наконец, в периоды минимального обводнения — продукты химического выноса, различные легкорастворимые соединения, вызывающие иногда сильное засоление водоемов.

В зависимости от рельефа берегов и дна котловины озера Кустанайской области весьма разнообразны по обводненности, а следовательно, по степени заиленности и зарастаемости. На территории области расположено много озер, находящихся в стадии превращения в торфяное болото. Поверхность этих водоемов, называемых местным населением «паршевики», густо зарастает тростником и осокой, оставляющими лишь небольшие «окна» коричневой воды с отчетливым запахом сероводорода. Ежегодно отмирая, обильная растительность подвергается оторфенению, частично или целиком заполняет озерную чашу. Однако при неустойчивом водном режиме и периодическом высыхании (или сильном усыхании) озер накопившаяся масса минерализуется, превращаясь в слаборазложившийся ослизненный детрит. После многоснежных зим такие «паршевики» вновь существуют, как евтрофные озера с богатой растительностью, высокой биомассой бентоса и рыболопродуктивностью около 100 кг/га.

Характер зарастаемости жесткой и мягкой водной растительностью различен в озерах, отличающихся друг от друга по гидрологическим особенностям.

В озерах со средней глубиной 2,5—2,7 м (максимальной 3,5 м) жесткая водная растительность, представленная в основном тростником и камышом, лишь окаймляет водоем (Жаксы-Жарколь Федоровского района и Жаксы-Алаколь). Полоса растительности имеет ширину 25—30 м и только в

некоторых участках побережья достигает величин 100—120 м. Мягкая водная растительность (главным образом, блестящий и пронзеннолистный рдесты) захватывает литоральную зону, простираясь до глубин 2—2,5 м. Центральная, более глубоководная часть, свободна от растительности.

В мелководных, блюдцеобразных озерах зарастаемость идет двумя путями: или водоем сплошь зарастает мягкой водной растительностью, а жесткая лишь покрывает прибрежную полосу (Бошаколь), или жесткая растительность также «наступает» на озеро, разделяя его на отдельные плесы различной величины (Тюнтюгур, Сасык-Коль, Улькун-Бурли).

Мелководность, высокая степень зарастаемости и заиленности обуславливают напряженность кислородпоглощающих реакций в грунте и в придонных слоях воды. Экспедиционными исследованиями, проводившимися в июне и июле, установлено, что на глубинах всего лишь 1,5 м содержание кислорода иногда равно 5,31 мг/л, падая в некоторых озерах до 3,5 мг/л (озеро Токтас). Причинами снижения кислорода в придонных слоях воды в летнее время служат поглощающая деятельность дна и увеличение освещения и фотосинтеза к поверхности. Нет сомнения, что низкое содержание кислорода летом перейдет в дефицит его зимой, причем, кроме придонных слоев, по всей вероятности будет захвачен и поверхностный горизонт воды. Неблагоприятный газовый режим в зимний период можно предполагать также на основании анализа окисляемости. Величина этого показателя колеблется в пределах 10—11 мгО<sub>2</sub>/л в слабозаросших озерах (Жаксы-Алаколь) и 20—22,4 мгО<sub>2</sub>/л в сильнозаросших озерах (Бошаколь). Поглощающая способность дна отчетливо проявляется в резком повышении окисляемости после интенсивного взмучивания. Так, в озере Жаксы-Жарколь (Урицкого района), сравнительно мало заросшем, величина окисляемости составила 7,4 мгО<sub>2</sub>/л в тихую погоду (май, 1956 год) и 29,6 мгО<sub>2</sub>/л после двухдневного ураганного ветра (июнь, 1955 год).

В соответствии с разнообразными условиями обитания микрофауна и микрофлора озер также различны. Невозможно найти не только два озера, идентичных по видовому составу планктонов, но и наметить какую-либо закономерность в соотношении зоо- и фитопланктона. Создается лишь впечатление повышения биомассы планктона по мере увеличения зарастаемости водоема. Так, в глубоком и мало заросшем озере Жаксы-Алаколь биомасса планктона в различных участках колеблется от 800 до 2 200 мг/м<sup>3</sup>. Зоопланктон богат количественно, но в качественном отношении представлен в



основном тремя видами веслоногих ракообразных на различных стадиях развития: *Diaptomus salinus*, *Paradiaptomus* sp., *Hemidiaptomus* sp.

В числе реже встречающихся планктеров отмечены: *Daphnia hyalina*, *D. carinata*, *Keratella quadrata*, *Cyclops* sp., *Notholca acuminata*, *Nauplii*. Кроме перечисленных истинно планктонных организмов, в толще воды обитают гаммарусы, попадающие в планктонную сеть при взятии проб и в огромном количестве прикрепляющиеся к орудиям лова.

Фитопланктон в отличие от зоопланктона довольно разнообразен в качественном отношении, но беден по количеству составляющих форм. Чаще других встречались диатомовые и зеленые водоросли *Surirella ovalis*, *Nitzschia sigmoidea*, *N. recta*, *Pediastrum Boryanum*, *P. duplex*, *P. tetras*.

В более мелководном, сплошь заросшем мягкой водной растительностью озере Талы количество планктона значительно больше, чем в озере Жаксы-Алаколь и составляет в среднем  $2\ 390\ \text{мг/м}^3$ . Основную массу зоопланктона, более обильного по сравнению с фитопланктоном, составляют ракообразные в открытой части озера и коловратки в зарослях. Из ракообразных наибольшего развития достигает *Diaptomus salinus*. Очень часто встречаются *Chydorus sphaericus*, *Nauplii*, несколько реже *Ceriodaphnia* sp., *Daphnia hyalina*, *Cyclops* sp.. Коловратки в открытых плесах представлены лишь двумя видами: *Filinia longiseta* и *Keratella quadrata*. В зарослях эти виды не обнаружены вообще, как бы замещаясь следующими формами: *Alona rectangularis*, *Monostyla lunaris*, *Secane luna*, *Rattulus rattus*. Ракообразные, уступающие по числу особей коловраткам, отмечены в количестве трех видов: *Polyphemus pediculus*, *Chydorus sphaericus*, *Cyclops* sp.

В мелководном, заросшем как мягкой, так и жесткой водной растительностью, озере Сасыкколь, планктон еще более богат количественно (биомасса планктона в различных плесах колеблется от  $3\ 190\ \text{мг/м}^3$  до  $4\ 890\ \text{мг/м}^3$ ), хотя в качественном отношении довольно однообразен. В фитопланктоне, преобладающем над зоопланктоном, массового развития достигает золотистая водоросль *Dinobryon divergens*. Другие представители его встречаются в незначительном количестве. Таковы: *Dinobryon sertularia*, *Lyngbia* sp., *Hieronymusii* L. Birgsei, *Closterium Kützingii* Breb., *Pleurotaenium Ehrenbergii* (Breb), *De Bary*, *Scenedesmus quadricauda*, *Epithemia turgida* (Ehr.) Kütz.

Среди животных организмов планктона в большом количестве встречались коловратки: *Synchaetae* sp., *Keratella quadrata*, *Notholca acuminata*. Ракообразные попадают значительно реже: *Nauplii*, *Diaptomus*, *Chydorus sphaericus*.

Кроме фитопланктона, взвешенного в толще воды, массовые скопления водорослей зарегистрированы в придонных слоях, на различных подводных предметах. Поднимаемые ветром со дна озера пленки, состоящие из остатков водных растений и детрита, обычно густо заселены осцилляториями и диатомовыми водорослями: *Oscillatoria simplicissima* Gom., *O. geminata* (Menegh) Gom., *O. irrigna* (Kütz) Gom., *O. proboscidea* Gom., *Rhopalodia gibba*, *Navicula rhynchocephala*, *N. radiosa*, *Amphora* sp., *A. ovalis*, *Epithemia sorex*, *Cocconeis placentula*, *Nitzschia frustulum*, *N. sigmoidea*, *N. hungarica*, *Surirella striatula*, *Cymbella ventricosa*, *Cumatopleura solea*, *Caloneis silicula*, *Campylodiscus clupens* var. *bicostatus*. Из других групп водорослей в таких обрастаниях отмечены: *Spirulina Jenneri*, *Tetraedron triangulare* Korsh., *Euglena acus* Ehr.

Животные организмы дна представлены в основном личинками тендипедид и олигохетами. Численность олигохет составляет в некоторых озерах 29 760 на 1 м<sup>2</sup>, личинок тендипедид — до 1 960 на 1 м<sup>2</sup>. Видовое разнообразие колеблется в пределах 1 (Сарыколь) — 22 (Сасыкколь). Преобладающим почти во всех озерах является *Tendipes* f. l. *semireductus*. Величина остаточной биомассы бентоса колеблется в очень больших пределах (0,4—767 кг/га), причем создается впечатление обратной зависимости ее показаний с видовым разнообразием бентических организмов и в особенности личинок тендипедид. Так, в озере Талы, бентос которого характеризуется наличием 16 видов тендипедид, 5 видов стрекоз, личинок гелеид, двукрылых, жуков, олигохет, гаммарусов, пиявок, клопов и моллюсков, остаточная биомасса в среднем равна 102 кг/га, а в озере Алаколь с гелеидами, олигохетами и лишь четырьмя видами тендипедид — в среднем 461 кг/га. Намечающаяся закономерность может быть прослежена также в масштабах одного водоема на фоне грунтов различного качественного состава. Например, в озере Жулжирган по мере увеличения примеси песка в черном илистом грунте возрастает видовое разнообразие личинок тендипедид, но резко падает остаточная биомасса бентоса: на черном илистом грунте зернистой структуры в дночерпательной пробе зарегистрировано четыре вида тендипедид (*Tendipes* f. l. *semireductus* Lenz., *Microchironomus laccophilus* Kieff., *Procladius* Skuze, *Peleoria punctipennis* Mg). Остаточная биомасса равна 203,4 кг/га. На илисто-песчаном грунте личинки тендипедид представлены следующими пятью видами: (*Tendipes* f. l. *semireductus* Lenz., *Glyptotendipes* gr. *gripecoveni* Kieff., *Tanytarsus* gr. *mancus* v. d. Wulp, *Procladius* Skuze, *Cryptochironomus* gr. *defectus*, Kieff), но биомасса бентоса падает

до 27,6 кг/га. Наконец в тех участках, где илистые отложения незначительны и основную фракцию составляет песок, иногда с включениями мелкого галечника, количество видов возрастает до семи: *Glyptotendipes polytomus* Kieff, *Cryptochironopus* gr. *defectus* Kieff, *Tanytarsus* gr. *manicus* v. d. Wuip., *Cricotopus* gr. *silvestris* F., *Psectrocladius psilopterus* Kieff., *Glyptotendipes* gr. *gripescoveni* Kieff., *Pelopia punctipennis* Mg., а остаточная биомасса бентоса падает до 22,6 кг/га.

Наиболее продуктивным является черный илистый грунт зернистой структуры, биомасса бентоса на котором колеблется от 60,71 кг/га (Тенгиз) до 425 кг/га (Бабье), наименее продуктивным — илесто-песчаный (в зависимости от удельного веса песка) с биомассой от 105,4 кг/га (Айжан) до 4,94 кг/га (Ток-Тас).

Величина биомассы бентоса изменяется также в соответствии со степенью зарастаемости водоема высшей водной растительностью и видовым составом последней. Максимальные значения биомассы почти во всех озерах зарегистрированы около зарослей тростника. Биомасса бентоса возрастает по мере приближения к тростникам, независимо от того, расположены они у берега или на середине открытого плеса. Так, в озере Жаксы-Жарколь (Урицкого района) биомасса бентоса в центре на открытом глинисто-песчаном грунте равна 48,38 кг/га, на расстоянии 1,5 км от берега на таком же грунте с примесью растительных остатков — 57,20 кг/га и около прибрежной тростниковой полосы — 463,5 кг/га. В озере Алаколь на темно-сером зернистом пле мощностью 50—80 см в открытых частях плеса биомасса равна 156,1 кг/га, около «островков» тростника, расположенных вдали от берега, она возрастает до 767 кг/га.

Отмеченная закономерность нарушается при сопоставлении величины биомассы и степени зарастаемости в более широком масштабе, то есть при сравнении ее показателей в целом по заросшим и незаросшим озерам. Биомасса бентоса заросших озер в ряде случаев не выше, а даже ниже, чем в незаросших озерах. Это происходит, вероятно, потому, что с увеличением зарастаемости и величины органических накоплений на дне водоема нарушается газовый режим в грунте и придонных слоях воды, что приводит к снижению плотности бентического населения. При этом в озерах, которые зарастают как мягкой, так и жесткой растительностью, снижение биомассы бентоса менее значительное, чем в озерах, открытая часть которых зарастает лишь мягкой водной растительностью. В качестве примера можно вновь привести озера: Жаксы-Алаколь, Талы, Сасыколь.

В озере Жаксы-Алаколь личинки тендипедид представле-

ны 18-ю видами: *Procladius* Skuze, *Polypedilum aberrans* Tsch., *Cryptochironomus* gr. *defectus* Kieff., *C. fridmanae* Tsch., *C. sp.*, *Corynoneura celeripes*, *Endochironomus* gr. *tendens* F., *E. gr. dispar*, *Tendens* f. l. *salinarius* Kieff., *T. f. l. semireductus*, *Lenz.*, *T. f. l. bathophilus* Kieff., *T. f. l. reductus* Lip., *Psectrocladius medius* Tsch., *Glyptotendipes* gr. *gripecoveni*, *Limnochironomus* gr. *tritonus* Kieff. Помимо тендипедид, встречаются пиявки *Batracobdella* sp., *Glossosiphonia* sp., личинки двукрылых, стрекоз, гелеид, ручейников и моллюсков *Pisidium* sp. и др. Биомасса бентоса колеблется от 58 кг/га до 620 кг/га (в среднем 277 кг/га).

В озере Талы зарегистрировано 16 видов личинок тендипедид: *Corynoneura celeripes* Winn., *Tanytarsus* gr. *lauterborni* Kieff., *Psectrocladius* gr. *psilopterus* Kieff., *P. brabimanus*, Edw., *Glyptotendipes* gr. *gripecoveni* Kieff., *Tendipes* f. l. *reductus* Lip., *T. f. l. plumosus* L., *T. f. l. salinarius* Kieff., *Endochironomus* gr. *tendens* F., *Cricotopus* gr. *silvestris* F., *Pelopia punctipennis* Mg., *Procladius* Skuze, *Cryptochironomus* gr. *anomalis* Kieff., *Polypedilum brevia antennatum* Tsch., *P. gr. scalaenum* Schr. Кроме того, обнаружены личинки стрекоз *Coenagrion armatum* Charp., *C. vernale* Hagen., *C. hastulatum* Charp., *C. puella* L., *Ischnura pumilio* Charp., личинки гелеид *Culicoides* sp., двукрылых *Chaoborus* sp., жуков *Dytiscus* sp., олигохеты, гаммарусы, пиявки *Helobdella stagnalis*, клопы *Notonecta* sp., моллюски *Sphaerium* sp. Основу бентоса в открытых частях озера составляют личинки тендипедид и олигохеты, в зарослях пузырчатки — личинки стрекоз. Остаточная биомасса колеблется от 50,8 кг/га до 179,2 кг/га, составляя в среднем 102 кг/га.

В заросшем мягкой и жесткой водной растительностью озере Сасыкколь личинки тендипедид представлены 22-я видами: *Tendipes* f. l. *plumosus* L., *T. f. l. plumosus-reductus* Lip., *T. biappendiculatus* Krug., *T. f. l. thummi* Kieff., *T. f. l. semireductus* Lenz., *T. salinarius* Kieff., *Einfeldia* f. l. *pagana* Mg., *E. gr. carbonaria* Mg., *Glyptotendipes* gr. *gripecoveni* Kieff., *G. polytomus* Kieff., *Tanytarsus* gr. *lobatifrons* Kieff., *T. gr. lauterborni* Kieff., *Cricotopus* gr. *silvestris* F., *Ablabesmyia* gr. *monitus* L., *A. gr. tetrasticta* Kieff., *Limnochironomus* gr. *tritonus* Kieff., *Pelopia villipennis*, *P. punctipennis*, *P. kraatzi* Kieff., *Cryptochironomus* gr. *viridulus* F., *Polypedilum brevia antennatum* Tsch., *Procladius* Skuze.

Кроме личинок тендипедид, отмечены личинки двукрылых родов *Chaoborus*, *Sayomyia*, личинки поденок *Ordella* sp. и *Caenis* sp., личинки ручейников *Limnophilus* sp., пиявки *Helobdella stagnalis* L., *Herpobdella octoculata* L., *Batra-*

*cobdella* sp. Остаточная биомасса бентоса колеблется от 9,8 кг до 442 кг/га, в среднем — 226 кг/га.

Зарастаемость озер обуславливает, таким образом, повышение биомассы бентоса на первых стадиях этого процесса и снижение ее на последних, когда озеро находится на грани превращения в болото.

Как фактор, непосредственно определяющий плотность населения животных организмов на дне и в придонных слоях воды, водная растительность является, кроме того, биотопом разнообразнейших бентонтов, поселяющихся на стеблях и листьях растений. Это в основном личинки тендипедид, а также стрекоз, поденок, ручейников, клопов. Довольно многочисленны клещи, пиявки, пауки и моллюски. Характерно, что видовое разнообразие и количество животных организмов на растениях особенно велико в тех озерах, где плотность бентического населения на единицу площади низка. Так, в озере Тенгиз, остаточная биомасса бентоса которого колеблется в пределах 24,92—60,71 кг/га, смыв с десяти побегов рдеста дал 10 личинок *Endochironomus* gr. *tendens* и 8 личинок *Cricotopus* gr. *silvestris*. Еще более богатым оказался смыв с корневищ тростника в плавающем купаке (сплавине с вегетирующим тростником), где обнаружено очень много живых организмов и, в частности, живые моллюски. Однако вследствие отсутствия соответствующей методики для перечисления их количества на площадь водоема приходится ограничиться визуальной градацией отдельных видов в пробе:

#### 1. Личинки тендипедид

<i>Cryptochironomus</i> gr. <i>defectus</i> Kieff., много.	
С. gr. <i>parastrostratus</i>	«
<i>Tanytarsus</i> gr. <i>lauterborni</i>	«
<i>Glyptotendipes</i> gr. <i>gripecoveni</i>	«
С. <i>polytomus</i>	«
<i>Psectrocladius</i> gr. <i>psilopterus</i>	«
<i>Einfeldia</i> gr. <i>carbonaria</i>	«
<i>Cricotopus</i> gr. <i>silvestris</i>	«
<i>Endochironomus</i> gr. <i>tendens</i>	«
<i>Ablabesmyia</i> gr. <i>monilis</i>	«
<i>Tendipes</i> f. l. <i>plumosus</i>	«
<i>Procladius</i> Skuze	«
<i>Pelopia</i> <i>punctipennis</i>	«

#### Моллюски

Пустые раковины из р. <i>Planorbis</i>	— много
Живые <i>Valvata</i>	— 7 шт.
« <i>Limnaea</i>	— 1 шт.

«	<i>Radix ovata</i>	— 5 шт.
	Бокоплавы — <i>Gammarus lacustris</i> G. O. Sars.	много
	Малощетинковые черви	мало
	Личинки ручейников — <i>Cyrrnus flavidus</i> Mc. L.	«
«	жука из р. <i>Dopacia</i>	много
«	стрекозы <i>Coenagrion puella</i> L.	мало

Обилие животных организмов в зоне растительности как бы компенсирует их исключительную бедность на открытых грунтах, обеспечивая условия более или менее нормального нагула рыб.

В озерах с богатой биомассой бентоса на открытых грунтах зарослевая фауна, наоборот, довольно бедна и однообразна в качественном отношении. Как пример можно привести озеро Алаколь. По количеству и весу бентонтов на единицу площади темного грунта (156,1 кг/га) озеро является сравнительно кормным, а по показателям остаточной биомассы вблизи зарослей тростника (767 кг/га) ему нет равных среди озер Кустанайской области.

Зарослевая фауна, обитающая на стеблях и листьях водных растений этого озера, небогата. Смыв с нескольких побегов блестящего рдеста, занимавших площадь около 12 м<sup>2</sup> по поверхности воды, дал 5 личинок тендипедид (4 экз. *Cricotopus* gr. *silvestris* и 1 экз. *Psectrocladius* gr. *psilopterus* Kieff., личинку стрекозы *Sympyga fusca* v. a. L., 6 личинок поденок из р. *Baetis*, клопа *Lyocoris cimicoides* (L) и 10 личинок *Coixidae*. В ряде случаев личинки насекомых вообще не встречаются на растениях и, наряду с многочисленными колониями водорослей, на листьях рдестов прикреплены лишь кладки моллюсков.

Создается впечатление, что обилие и распределение зарослевой и донной фауны находится в связи с кислородным режимом водоема. В озерах, благоприятных по зимнему кислородному режиму, не подвергавшихся заморам хотя бы в течение 3—4 последних лет, животные организмы в зависимости от их потребностей распределяются в основном на грунте дна, а на листьях и стеблях водных растений обитают, по-видимому, лишь представители специфической зарослевой фауны. Наоборот, зарослевая фауна богата там, где часты зимние заморы, а следовательно, нет условий для нормального развития бентических организмов на дне водоема.

Неблагоприятный кислородный режим в зимнее время года представляет одну из наиболее характерных особенностей большинства озер Кустанайской области.

По словам местных жителей, зимние заморы в последние 10 лет наблюдались в озерах Алаколь (1950 год), Тенгиз

(почти ежегодно), Тюнтюгур (1952 и 1953 годы). Койбагар (1953 год). Перечисленные озера или имеют периодическую связь с рекой Убаган или питаются водой рек, в состав ихтиофауны которых (так же, как и реки Убаган) входят щука, окунь и другие оксифильные рыбы, погибающие от заморозов даже при сравнительно высоком уровне воды. Заморы с гибелью не только оксифильных рыб, но и карасей наблюдаются лишь в сильно заросших озерах перед их полным высыханием или значительным усыханием (Улькун-Бурли, 1956).

Таким образом, в исследованных нами озерах Кустанайской области, преимущественно бессточных, с периодически повторяющимися зимними заморами (полными или частичными, длительными или краткосрочными), могут жить только караси, которые составляют основу ихтиофауны и являются в большинстве озер единственными представителями рыбного населения.

Количественно преобладающим (по результатам опытных и некоторых промысловых уловов) почти во всех озерах является серебряный карась. В некоторых из них, как, например, в озере Айжан, Жаксы-Жарколь Федоровского района, такое соотношение существует в течение 12—13 лет, т. е. после последнего, наиболее полного усыхания, в других (Тенгиз) серебряный карась, прежде здесь не обитавший, занял первое место в уловах в последние 4—5 лет. В озерах совершенно безрыбных после полного высыхания (Сарыколь, Жаксы-Алаколь) преобладание серебряного карася над золотым создается искусственно, в результате зарыбления их человеком. Наконец, по невыясненным в настоящее время причинам золотой карась в некоторых озерах (Бошаколь и, по-видимому, Косколь) совершенно исчезает и ихтиофауна последних представлена только одним видом — серебряным карасем.

**Серебряный карась** степных озер Кустанайской области широко варьирует по окраске и экстерьеру в зависимости от условий обитания. В глубоководных открытых слабо заросших водоемах (Жаксы-Алаколь) серебряный карась по внешнему виду почти неотличим от золотого. Он такой же высокотелый и ярко окрашенный.

В заросших мелководных озерах серебряный карась низкотелый и имеет все переходы окраски от очень светлой, иногда с голубоватым оттенком (Бошаколь) до темной, почти черной, с металлическим отблеском (Улькун-Бурли).

Размерный и весовой составы серебряного карася в опытных уловах (при использовании сетей размером ячей 14 мм, 24 мм, 38 мм и 48 мм) в большинстве озер довольно однообразны (табл. 1).

Таблица 1

## Пределы колебаний длин и весов серебряного карася в опытных уловах

Название озера	Длина рыбы, см	Вес рыбы, г	Колич-во экземпляров
Жаксы-Жарколь (Федоровского района)	11—19	36—156	42
Ток-Тас	11—20	50—120	16
Косколь	9—18	—	597
Жулжирган	10—18	92—140	51
Тенгиз	10—22	20—260	62
Алаколь	16—21	116—220	6
Речное	9—18	20—204	45
Бабье	10—19	28—204	30
Айжан	14—19	100—204	149
	(промысл. улов)		
Жаксы-Жарколь (Урицкого района)	7—18	92—148	221
Сарыколь	9—18	38—143	180
Тюнтюгур	18—28	200—600	43
Жаксы-Алаколь	13—21	98—395	212
Улькун-Бурли	7—16	11—122	120
Сысыкколь	9—12	32—68	10
Талы	9—19	32—209	120
Боцаколь	7—16	10—360	1858

Легко заметить, что крайние значения размеров карасей из различных озер близки. Исключение представляют караси озер Алаколь, Тюнтюгур и Жаксы-Алаколь, где в мелкоячейные (14 мм и 24 мм) сети рыба вообще не попадалась и из озера Айжан, где материалы получены из промысловых уловов рыбаков. Обобщая данные по всем остальным озерам, можно вывести минимальную среднюю длину 9 см и максимальную среднюю длину — 18,4 см. Амплитуда колебаний составляет, таким образом, всего 9 см. Еще более мала она в промысловых уловах, если мы будем рассматривать в качестве таковых результаты уловов в четырех указанных озерах. В озерах Алаколь и Айжан разность между крайними значениями длин равна 5 см, в озере Жаксы-Алаколь — 8 см, в озере Тюнтюгур — 10 см. Следовательно, с известной долей допущения можно считать, что серебряные караси в уловах из степных озер Кустанайской области являются «одноразмерными», то есть мало различающимися по длине. Действительно, иногда бывает трудно выбрать более крупных или более мелких рыб даже из уловов различных по размеру ячеек ставных сетей: рыбы почти одинаковой длины попадают как в 38-миллиметровую, так и в более крупноячейные (до 48 мм) сети.

Аналогичного однообразия в весовом составе отметить не удастся: минимальные показатели веса карасей колеблются



Таблица 2

Возрастной состав уловов серебряного карася (в %)

Название озера	Возраст										Колич. экземп.
	2	2+	3	3+	4	4+	5	5+	6	6+	
Жаксы-Жарколь (Федоровского района) . . . . .		2,4	11,9		33,3	2,4	42,8	2,4	2,4	2,4	42
Ток-Тас . . . . .						53,5					16
Косколь . . . . .		1,6		48		30		19,6		0,8	117
Жулжирган . . . . .		1,5		60		38,5					51
Тенгиз . . . . .		45,7		39		15,3					59
Речное . . . . .		42		35		20,8		2,2			43
Бабье . . . . .		26,7		13,3		50		10			30
Айжан . . . . .				1,7		3,3		59		36	146
Сарыколь . . . . .		44		37		10		7,2		1,8	179
Тюнтюгур . . . . .		7		88		5					41
Жаксы-Алаколь . . . . .	5,64	35,4	25,5	24	9,42						212
Улькун-Бурли . . . . .		7,51		50,8		28,34		13,35			120
Талы . . . . .		22,5		37,5		33,4		6,6			120
Жаксы-Жарколь, Урицкого р-на . . . . .				5,5		55		37,5		2	112
1956 г. . . . .											
„ 1957 г. . . . .	12,7		20,8	41,6	9,95	14,95		—			221
Боцаколь 1956 г. . . . .		11,5	17,8		67,5		3,2				191
„ 1957 г. . . . .		11,8	18,9	42,1	24,0	2,8	0,4				535

в пределах 10—98 г, максимальные — 120—260 г. По озерам Алаколь, Айжан, Тюнтюгур и Жаксы-Алаколь, не включенным в эту группу, соответственно 98—200 г и 204—600 г.

Возрастной состав уловов серебряного карася характеризуется наличием пяти возрастных групп (табл. 2).

Так как время сбора материала (май, июнь и июль) в ряде случаев предшествовало или совпадало с временем закладки очередного годового кольца, то расположение склеритов по краю чешуи было неодинаковым у различных особей: у одних сближенными склеритами было уже завершено образование годового кольца, у других прирост был настолько велик, что без сомнения мог быть принят за целый годовой, хотя сближенных склеритов еще не образовалось, у третьих был отчетливо виден прирост текущего года. В соответствии с указанным характером годовых наслоений в момент сбора экспедиционного материала возраст карасей с завершившимся годовым приростом и карасей с широким приростом, по величине равным годовому, обозначался полным числом лет без знака +. Возраст особей с начавшимся приростом обозначался числом лет со знаком +.

В преобладающем большинстве озер закладка годового кольца на чешуе серебряного карася уже произошла ко времени сбора материала, и возрастной состав уловов был представлен тремя, четырьмя или пятью (в редких случаях) возрастными группами.

Как видно из таблицы, наиболее полным по возрастному составу оказался улов в озере Жаксы-Жарколь (Федоровского района), затем Косколь и Сарыколь, где зарегистрированы все пять возрастных групп от 2+ до 6+, наименее полными — уловы из озер Жулжирган, Тенгиз, Тюнтюгур с тремя возрастными группами. В двух последних озерах, помимо опытных, анализировались также промысловые уловы рыбаков, использующих только крупноячейные (40 мм и выше) сети, вследствие этого отсутствие рыб старше четырех полных лет (4+), по-видимому, в известной степени верно отражает их крайнюю немногочисленность в популяции. Еще более убедительным является этот вывод в отношении таких озер, как Жаксы-Алаколь, Жаксы-Жарколь (Урицкого района) и Боцаколь, выводы по возрастному составу уловов которых базируются на довольно большом материале.

Преобладающей возрастной группой карасей в уловах в большинстве озер является 3+, в некоторых 2+ и 4+ и только в одном (Айжан) — 5+.

Таким образом, основу опытных уловов, а с некоторым допущением также и промысловых уловов (потому что крупноячейные, 48 мм сети, в порядках опытных сетей как пра-

Таблица 3

Темп роста серебряного караса из различных озер

Наименование озера	Длина (см) по годам							Автор, примечания
	1	2	3	4	5	6	7	
Ханка (басс. Амура)	4,18	10,1	14,9	19,8	22,5	25	—	Милулич, 1939
Голодовка (Омской области)	3,7	7,8	10,2	12,9	14,9	18,1	22,8	Меньшиков и Ревнивых, 1937
Белое (Свердловской области)	6	10	12,5	15	17,3	19,2	21	Ревнивых, 1949
Янычково (Зауралье)	3,3	7	10,6	13,5	17,7	22,2	24,6	Красновская, 1949
Грязное (ТАССР)	3,5	6,1	8,6	11,7	13,3	14	—	Аристовская и др. 1951
Судочье (басс. Арала)	6,6	11,4	15,2	18,3	20,4	—	—	Никольский и Панкратова, 1934
Су-Жарган (басс. Тургая)	6,2	12,3	18	23,9	27	30	31,6	Сидорова, 1955
Жаксы-Жарколь Федоровский район	3,7	7	10,3	13,2	16,3	17,9	—	Наши данные (обратные расчисления)
Қосколь	4	8,4	11,9	13,7	15,6	16,2	—	
Жулжирган	3,5	7,3	10,9	14,6	—	—	—	
Тенгиз	3,6	8	13,3	14,7	—	—	—	
Алаколь	4,7	7,4	11,3	14,6	17,2	—	—	
Речное	3,4	7,1	10,9	13,3	15,3	—	—	
Бабье	3,3	6,4	9,5	12,5	15,5	—	—	
Айжан	3,5	6,3	9	11,8	14	15,5	—	
Жаксы-Жарколь Урицкого р-н	3,4	6,2	9,2	12,4	14,1	15,8	—	
Сарыколь	3,6	6,8	9,1	11	13,8	15,2	—	
Тюнтюгур	3,7	8,3	15,1	18,5	—	—	—	
Жаксы-Алаколь	—	16,5	16,7	18,4	—	—	—	
Улькун-Бурли	—	8,9	9,3	11,3	11,9	—	—	
Талы	—	10,5	11,8	15,5	17,1	—	—	
Бошаколь (медленнорастущ.)	—	6,9	8,1	8,1	—	—	—	
„ быстрорастущ.	—	13,2	13,4	14,4	—	—	—	
Средняя по 10 озерам	3,7	7,1	10,5	13,2	15,2	16,1	—	

« (эмпирич. наблюдения)

вило были пустыми) составляют четырехлетки. Отсутствие в уловах семигодовиков и рыб более старших возрастных групп может быть объяснено видовыми особенностями, а именно: естественной смертностью серебряного карася после шести полных лет, особенно в тех степных озерах, где промысел развит очень слабо.

**Темпы роста** серебряного карася в среднем очень низкие в степных озерах Кустанайской области (табл. 3).

Рассматривая приведенные в таблице данные, можно сделать вывод о весьма замедленном росте серебряного карася. Очевидным исключением является лишь карась из озер Тюнтюгур и Жаксы-Алаколь. Темп роста карасей из всех других озер низкий и, кроме того, довольно однообразный по величине годовых приростов. На основании этого, в целях удобства сравнения можно вывести среднюю темпа роста для карасей десяти озер (исключаются Тюнтюгур, Жаксы-Алаколь и те озера, темп роста карасей из которых расчислен по эмпирическим данным). Сравнивая полученные средние показатели длин тела с длиной тела серебряного карася из того или иного озера, можно заметить, что караси степных озер Кустанайской области занимают промежуточное положение между карасями Дальнего Востока и Сибири и карасями Европейской части Советского Союза. При анализе таблицы в целом можно заметить тенденцию к уменьшению темпа роста карася в направлении с востока на запад и увеличению его на юг.

Однако только указанной закономерностью нельзя объяснить высокий темп роста карася из озера Су-Жарган (бассейн Тургая), тем более, что озера этого бассейна по географическому положению являются более северными, чем, например, озера бассейна Аральского моря, где карась растет медленнее. Очевидно, что в каждом отдельном случае нужно учитывать местные условия среды, способствующие ускорению или замедлению темпа роста. В пойменных озерах Тургая таким благоприятствующим фактором является, по-видимому, сезонная проточность и обусловленные ею хороший кислородный режим зимой и высокая кормность водоема в теплое время года. Последние два фактора, по всей вероятности, определяют высокий темп роста и в озере Жаксы-Алаколь, большие глубины которого и слабая зарастаемость обеспечивают хороший кислородный режим и высокую кормность водоема. В мелководном, сильно заросшем озере Тюнтюгур, с периодически повторяющимися зимними заморами, высокий темп роста обусловлен, по-видимому, низкой численностью карася в условиях совместного обитания последнего с окунем и щукой.

Помимо кислородного режима, на темп роста карася ока-

Таблица 4

## Темп весового роста серебряного караса из различных озер

Наименование озер	Вес по возрастным группам, г						Колич. экз.	Автор
	2	3	4	5	6	7		
Сартлан (Зап. Сибирь) . . . . .	70,0	138,0	178,0	—	—	—		Кривошеков, 1953
Лягушье (Алтай) . . . . .	19,0	27,0	42,0	134,0	—	—		«
Озера басс. Симан (Зап. Сибирь) . . . . .	128,0	303,0	407,0	785,0	—	—		«
Белое (Свердловск. области) . . . . .	42,0	64,0	110,0	166,0	235,0	375,0		Ревнивых, 1949
Су-Жарган (Тургай) . . . . .	125,0	220,0	667,5	859,0	1098,5	—		Сидорова, 1956
Жаксы-Жарколь Федоровского района . . . . .	—	—	103,0	118,0	125,0	—	28	Наши данные
Ток-Тас . . . . .	—	65,0	103,0	—	—	—	16	«
Косколь . . . . .	—	110,0	—	137,0	—	—	77	«
Жулжирган . . . . .	39,0	104,0	116,0	—	—	—	49	«
Речное . . . . .	35,0	107,0	137,0	200,0	—	—	43	«
Бабье . . . . .	44,0	100,0	132,0	159,0	—	—	29	«
Жаксы-Жарколь Урицкого района . . . . .	—	107,0	117,0	133,0	144,0	—	41	«
Сарыколь . . . . .	36,0	58,0	115,0	132,0	156,0	—	50	«
Боцаколь . . . . .	46,3	49,5	72,1	—	—	—	498	«
Улькун-Бурли . . . . .	35,5	25,5	45,6	40,3	—	—	120	«
Тюнтюгур . . . . .	267,0	346,0	470,0	—	—	—	30	«
Жаксы-Алаколь . . . . .	176,0	183,0	—	—	—	—	155	«
<b>В среднем по 9 озерам . . . . .</b>	<b>40,0</b>	<b>87,5</b>	<b>111,9</b>	<b>146,5</b>	<b>141,7</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>.</b>

зывают косвенное влияние также общие климатические условия, как, например, короткий вегетационный период. В озерах северных районов Кустанайской области караси с ноября по апрель находятся в неактивном состоянии зимовки. Весной после вскрытия льда и восстановления нормального газового режима начинается активный период биологического цикла, завершающийся нерестом. После окончания нереста наступает очередное снижение активности, продолжающееся до августа. Таким образом, период нагула ограничивается всего лишь тремя месяцами, в течение которых происходит не столько наращение пластических веществ, сколько накопление жировых элементов для следующей зимовки. Незначительные годовые приросты, закрепляемые наследственностью, приобретают уже характер видовой особенности, свойственной карасю в аналогичных по гидрологическим условиям водоемах.

Весовой рост серебряного карася в степных озерах Кустанайской области также низок (табл. 4).

Особенно низок темп весового роста серебряного карася из озера Улькун-Бурли, имеющего в возрасте четырех полных лет вес 45,6 г. Наиболее быстрорастущий в группе анализируемых особей карась из озера Тюнтюгур имеет в этом возрасте вес в 10 раз больший — 470 г. Так же как и по темпу линейного роста, по данному признаку караси из большинства озер, приведенных в таблице, не имеют резких различий. Средние показатели веса по возрастным группам для девяти озер (исключая Улькун-Бурли, Тюнтюгур, Жаксы-Алаколь), приведенные в сравнении с весовым ростом карася из других озер, иллюстрируют очень медленное наращение веса, хотя и не ставят исследуемых карасей в исключительное положение. Действительно, даже у серебряного карася из озера Улькун-Бурли, имеющего самый замедленный весовой рост, есть аналог по данному признаку — карась из озера Лягушьего. С другой стороны, весовые показатели наиболее быстрорастущего карася из озера Тюнтюгур даже превышают показатели карася из озера Су-Жарган. Таким образом, можно говорить об исключительной пластичности серебряного карася, позволяющей ему в зависимости от условий среды изменять темп весового роста в очень широких пределах.

Анализируя темпы роста (линейного и весового) в целом, следует остановиться на существовании в ряде озер биологических морф карася, различающихся по этим признакам. Наличие тугорослой части популяции в том или ином озере устанавливалось нами очень легко: в мелкочейную сеть размером ячеей 14 мм попадались преимущественно караси медленнорастущей морфы. Имея длину 10,9 и даже 7 см, они уже

половозрелы, вследствие чего не могут быть приняты за ювенальных после предварительного вскрытия. Обилие их в данном водоеме косвенно устанавливалось также величиной улова мелкочейной сети. Наиболее высокими были уловы мелкочейной сети в озерах Бошаколь, Косколь, затем в озере Жаксы-Жарколь (Урицкого района). Совершенно пустыми эти сети были в озерах Жаксы-Алаколь и Тюнтюгур. В том и другом случае караси медленнорастущей морфы действительно отсутствовали в популяциях вида данного озера, так как иначе они непременно попались бы в мелкочейную сеть. Причина отсутствия их в озере Тюнтюгур объясняется наличием хищных рыб — щуки и окуня. Отсутствие же тугорослых карасей в озере Жаксы-Алаколь представляет, по-видимому, закономерное явление, связанное с рядом факторов среды, определяющих темп роста. Как показали результаты экспедиционно-маршрутного обследования озер области, относительное количество особей медленнорастущей морфы возрастает по мере увеличивающегося обмеления и зарастания водоема. В озере Жаксы-Алаколь — глубоководном, малозаросшем с высокой кормовой базой — условия обитания вполне благоприятны для карася, и тугорослая морфа не возникает. В мелководных, полностью заросших озерах с неудовлетворительным кислородным режимом и низкой кормовой базой (Улькун-Бурли, Бошаколь, Косколь), как «ответ на неблагоприятные условия среды» возникает медленнорастущая морфа, тем более обильная, чем хуже условия существования. Караси этой морфы в течение всего вегетационного периода года обитают на мелководьях прибрежной зоны и поэтому легко попадают во все орудия лова, устанавливаемые в этой полосе.

Темп роста медленнорастущих карасей на первых стадиях формирования морфы еще не дает возможности выделить ее как обособленную часть популяции.

Особи с начинающимся уклонением анализируются совместно с нормально растущими как представители однородной популяции, вследствие чего общий ряд изменения длины (или веса) с возрастом дает иногда картину резкой неравномерности роста и, как правило, снижения темпа роста в целом.

Оформившаяся в обособленную (по данному признаку) морфу, медленнорастущая часть популяции резко отличается по темпу роста от нормально растущей ее части. Так, в озере Бошаколь медленнорастущие трехлетки имеют длину 69,2 мм и вес 11,7 г, нормально растущие — соответственно 132,4 мм и 64,5 г, медленнорастущие четырехгодовики — 81 мм и 14,2 г, нормально растущие — 144 мм и 92 г. Следовательно,

медленнорастущие караси уступают нормально растущим в линейном росте в два раза, а в весовом — в 5—6 раз. Замедление темпов роста у отдельной части популяции служит единственным показателем начинающегося обособления в морфу, тогда как резко выраженное различие по данному признаку, характеризующее уже обособившуюся морфу, сопровождается еще рядом других биологических признаков.

Питание серебряного карася находится в полном соответствии с обилием и видовым разнообразием корма в различных озерах. В тех из них, где биомасса бентоса высока и в качественном отношении последний представлен преимущественно личинками тендипедид, пища серебряного карася довольно однообразна: в пищевом комке основную массу составляют личинки и куколки тендипедид. Так, например, в озере Косколь с биомассой бентоса 310 кг/га личинки тендипедид составляли у четырехлетних карасей 47,8% и у пятилеток — 79,53% от общего веса содержимого кишечника.

Аналогичное явление отмечено в озере Сарыколь и Жаксы-Жарколь (Урицкого района). В озерах же, где донная фауна бедна и кормовую ценность представляют компоненты фауны зарослей, в пище серебряного карася первое место занимают различные личинки водных насекомых, обитающие на стеблях и листьях мягкой и жесткой водной растительности. Личинки тендипедид имеют подчиненное значение, а в некоторых случаях не отмечаются вообще. В качестве примера можно привести озеро Айжан (Неклюдово). Биомасса бентоса на открытых грунтах его равна 105,4 кг/га, видовое разнообразие донной фауны ограничивается олигохетами и четырьмя видами личинок тендипедид (*Tendipes* f. 1. *semireductus* Lenz., *Procladius* Skuze, *Einfeldia* gr. *carbonaria* Mg., *Tendipedini* gen? 1. *macrophthalma*).

Фауна зарослей, как бы компенсируя бедность и однообразие животных организмов дна, очень разнообразна и обильна. Серебряный карась, довольно полно использующий эту кормовую базу, питается личинками водных насекомых, ветвистоусыми ракообразными и гусеницами бабочек. Личинки тендипедид занимают второе и третье место или отсутствуют совершенно.

Таким образом, создается впечатление полного отсутствия избирательности в питании серебряного карася. Некоторым отклонением от намечающегося вывода могут послужить наблюдения над питанием карася в озерах с обильной и разнообразной донной фауной. Так, в озере Жаксы-Алаколь, где средняя биомасса бентоса равна 277 кг/га и качественное разнообразие его включает 18 видов личинок тендипедид, два вида пиявок, личинок двукрылых, стрекоз, гелеид, ручейни-



ков, олигохет и моллюсков, серебряный карась питается в основном гаммарусами и моллюсками, составляющими по весу до 95% от общего веса пищевого комка. Личинки тендипедид, имеющие такую же частоту встречаемости как и гаммарусы, по количеству (и несомненно по весу) уступают гаммарусам и, следовательно, не имеют большого значения в питании.

Вполне вероятно, что в питании серебряного карася немалую роль играют олигохеты, так как количество их почти во всех озерах сравнительно велико. Однако по материалам из сетных уловов установить степень использования этих организмов трудно вследствие быстрой их перевариваемости.

Определенное затруднение в объяснении причин использования представляют водоросли. Небольшое количество их (по весу) можно объяснить попутным заглатыванием с животной пищей, большое же количество (52,89% в озере Улькун-Бурли) предполагает специальное водорослевое питание. По своему положению в биоценозах озера водоросли из кишечников являются в основном придонными, образующими обрастания подводных предметов: *Oscillatoria tenuis* Ag.—обычный обитатель стоячих и полупроточных водоемов, многочисленные диатомовые родов *Navicula*, *Rhopalodia*, *Epithemia*, *Cymbella*, *Gomphosphaeria* и зеленые *Oedogonium* и *Sceenedsmus quadricauda*.

Заслуживает внимания увеличение в пище относительного количества детрита и грунта с возрастом. По всей вероятности караси старших возрастов чаще извлекают корм из грунта, тогда как молодые берут его с поверхности.

Наконец в связи с предпринятой попыткой изучения образа жизни карасей по двум биологическим группам представляет несомненный интерес выяснение питания медленно растущих и нормально растущих карасей в пределах одной популяции. Как показали результаты анализа содержимого кишечников серебряного карася в озере Боцаколь, эти две группы различаются по характеру питания.

У медленно растущих трехлеток наибольший процент по весу занимает растительный детрит; из животных организмов первое место принадлежит ракообразным, встречающимся в каждом кишечнике, но по сравнению с другими компонентами питания, составляющим лишь 7,90%. У нормально растущих особей этой же возрастной группы кишечник в основном заполнен также растительным детритом, но в отличие от медленно растущих ракообразные имеют наименьшее значение, уступая свое место (после детрита) жукам имаго и водорослям.

В пище медленнорастущих четырехлеток появляются личинки водных жуков, занимающие главное место в группе кормовых объектов после детрита и илистого грунта. Ракообразные и личинки тендипедид имеют почти равное значение, статобласты мшанок встречаются также во всех кишечниках, но удельный вес их в питании незначителен. Нормально растущие четырехлетки характеризуются большим разнообразием пищи. Кроме ракообразных, мшанок и личинок тендипедид, в пищу используются жуки, личинки гелеид, перепончатокрылых, а из растительных организмов — водоросли, семена водных растений, растительные остатки (детрит и илистый грунт являются неизменными компонентами пищи у обеих групп). По сравнению с медленнорастущими четырехлетками наибольший процент по весу после детрита имеют личинки тендипедид и жуки имаго, следующее место занимают водоросли, затем семена водных растений (преимущественно гребенчатого рдеста), статобласты мшанок, ракообразные и т. д.

На пятом году жизни характер питания медленно растущих и нормально растущих карасей различается еще более. У первых основная роль в пище принадлежит ракообразным, у вторых — жукам имаго, сильно измельченные остатки которых составляют 94% по весу.

Таким образом, пища медленнорастущих карасей менее разнообразна, чем нормально растущих: если в пищевом комке первых максимальное количество кормовых объектов не превышает 8, то у вторых оно равно 13. Основное значение в пище медленнорастущих особей всех возрастных групп и нормально растущих до четырехлетнего возраста имеет растительный детрит, кормовая ценность которого не выяснена. Илистый грунт, занимающий у многих медленнорастущих карасей второе место после детрита, чаще всего служит показателем бентофагии вида и наличие его следует считать попутным при питании бентических организмами. Однако большой процент илистого грунта в тех кишечниках, где животные организмы представлены в основном планктонными организмами (ракообразными), говорит о возможности использования его в качестве кормового объекта. Окончательное разрешение вопроса о целесообразности питания илистым грунтом требует постановки специальных исследований и, в частности, бактериологических анализов проб грунта.

**Половой состав** серебряного карася в степных озерах Кустанайской области неодинаков. В большинстве водоемов популяции его можно назвать однополыми, так как в уловах опытных и промысловых самцы не регистрируются. Однако не является исключением факт наличия самцов в тех озерах,

где популяция карася неоднородна по темпам роста и некоторым другим биологическим признакам (озера Жаксы-Жарколь Федоровского и Урицкого районов, Жулжирган, Косколь, Бошаколь). При этом самцы наблюдаются, главным образом, в медленнорастущей части популяции, тогда как среди нормальных по темпу роста карасей они встречаются очень редко. Относительное количество самцов в озере Жаксы-Жарколь Урицкого района невелико. Оно колебалось от 2% по наблюдениям 1955 года до 3,41% 1956 года к общему числу особей обеих групп и 7,76% к числу медленнорастущих карасей. В озере Бошаколь количество самцов по отношению к общему числу медленнорастущих карасей по наблюдениям 1958 года колебалось от 2 до 20% в отдельных пробах. Наибольшее число их фиксируется во время нерестового подхода карася к берегам и само появление самцов в уловах служит свидетельством наступающего нереста в широком смысле слова. Так как самцы дольше задерживаются на нерестилищах, чем самки, то удельный вес их к концу нерестового периода возрастает до максимальных значений (20%). После окончания нереста самцы встречаются в уловах очень редко, иногда в течение нескольких дней не удается выловить ни одного экземпляра.

**Возраст половозрелости** серебряного карася очень ранний. В большинстве обследованных озер половозрелость его наступает на третьем году жизни (2+). Несомненно, что некоторая часть популяции (по всей вероятности очень незначительная) созревает позднее, однако это не меняет вывода о ранней половозрелости серебряного карася в озерах Кустанайской области. Характерно, что на третьем году жизни созревает как карась из озера Улькун-Бурли, имеющий исключительно низкий темп роста, так и карась из озера Жаксы-Алаколь, показатели линейного роста которого ставят его в ряд наиболее быстрорастущих карасей, обитающих в водоемах нашей страны. Следовательно, темп роста не оказывает влияния на скорость гаметогенеза серебряного карася в данных условиях.

Поздний возраст половозрелости установить очень трудно, так как ювенальные особи среди рыб старших возрастов встречаются сравнительно редко. Кроме того, в определении относительного числа неполовозрелых особей могут иметь место и методические погрешности: недифференцировавшие гонады иногда совершенно невозможно отличить от перерождающихся. Поэтому рыбы старших возрастных групп, определяемые на основании макроскопического анализа как ювенальные, в действительности возможно уже нерестовали один или два раза в своей жизни и в настоящее время перешли

или переходят в яловую «стадию». Окончательное разрешение этого вопроса может дать лишь гистологический анализ гонад ювенальной стадии.

**Нерест** серебряного карася в описываемых озерах начинается в середине или в конце мая, в зависимости от характера весны данного года, и заканчивается в июле. Откладывание и созревание икры порционное, количество порций не превышает четырех и чаще всего равно трем. Отклонение от указанной закономерности наблюдается опять-таки в тех озерах, где популяция карася неоднородна. В результате многочисленных анализов состояния гонад в течение нерестового периода в озере Бошаколь можно сделать вывод такого содержания.

Наиболее медленно растущая часть популяции является одновременно нерестующей, так как в яичниках особей этой группы чаще всего удается отметить лишь одну (редко две) порцию икры.

Откладывание постепенно созревающих порций икры происходит примерно с 7—10-дневными промежутками. Так, например, в озере Бошаколь в 1957 году первые текущие самки, составившие в среднем 3,5% от общего числа выловленных особей, были отмечены 17 мая. После недельного перерыва, 24 мая началось массовое икрометание, проходившее в течение трех дней при утренних температурах 15,5° и дневных около 25°. Следующий массовый подход карася к берегу и попадание его в орудия лова отмечены 4 июня при утренних температурах 14,8° и дневных около 30°. В последующие дни, примерно до конца июня и начала июля откладывают икру единичные особи, вследствие чего нерест не носит массового характера и почти не регистрируется рыбаками.

Макроскопический анализ яичников карася в этот период дает весьма разнообразную картину: у одних особей почти вся полость яичника заполнена крупными яйцеклетками серовато-палевого цвета и только по отсутствию яйцеклеток второй порции и наличию остатков рассасывающейся первой порции его можно отличить от яичника в стадии IV или IV—V перед откладыванием первой порции. Такие особи, несомненно, еще будут нерестовать в данном году. Далее, в яичниках некоторых карасей сравнительно крупные по размеру яйцеклетки занимают примерно такую же часть (около  $\frac{2}{3}$ ) полости яичника. Однако красноватые или ярко-оранжевые по окраске, они являются, по всей вероятности, резорбирующимися и вряд ли будут откладываться. Наконец, по мере снижения активности нереста и приближения его к концу преобладающее положение занимают самки карася, яичники которых заполнены овоцитами генерации следующего года.

От резорбировавшихся, невыметанных по каким-либо причинам яйцеклеток остаются лишь следы в виде красновато-оранжевых пятен — «точек».

Характерной особенностью развития половых желез серебряного карася являются различные отклонения от нормы и, в частности, асимметрия в расположении гонад. С одной стороны тела лежит функционирующий яичник, с другой стороны беловатый, непрозрачный тяж, несколько напоминающий семенник. На начальных стадиях развития караси с такими гонадами обнаружены в озерах Жаксы-Жарколь Федоровского района, Жулжирган, Тенгиз, Жаксы-Алаколь, Косколь и Бошакколь. Особенно многочисленными они были в озере Бошакколь: из общего количества 1 574 нормальнорастущих карасей у 31 был развит только левый яичник, у 24-х — правый; на противоположной стороне в том и другом случае располагался тяж. Из 1 893 медленно растущих карасей у девяти яичник был лишь на правой стороне, у 19 — на левой. Какова дальнейшая судьба такого «непарного» яичника, неизвестно. Может быть тяж преобразуется в семенник, возможно также аналогичное превращение в тяж оставшегося яичника. Основанием для таких предположений служит наличие в уловах гермафродитных особей и особей без гонад вообще. Последние могут быть названы, следовательно, «яловыми».

Плодовитость серебряного карася в благоприятных условиях обитания довольно высока. Так, в озере Жаксы-Алаколь у двух четырехлеток длиной 190 и 194 мм и весом соответственно 176 г и 185 г абсолютная плодовитость равна 77 517 и 64 554 икринок. У одного четырехгодовика длиной 197 мм и весом 258 г она составила 126 245 икринок.

**Золотой карась.** По сравнению с серебряным золотой карась встречается в значительно меньшем количестве, а в некоторых озерах отсутствует совершенно. Преобладающим в уловах он был лишь в тех случаях, когда время сбора материала совпало с нерестовым подходом золотого карася к берегам и увеличением его активности.

Размерный и весовой составы золотого карася в уловах (так же как и серебряного) не дают резких различий по отдельным озерам (табл. 5).

Преобладающее большинство золотых карасей в уловах имеет длину в пределах от 8 до 18 см и вес от 30 до 200 г. Наиболее часто встречаются караси размером 12—14 см и весом от 60 до 80 г. Карасей, резко уклоняющихся от общей средней по этим признакам, не обнаружено. Можно лишь отметить карасей из озера Сасыкколь, амплитуда крайних показателей которых как по длине, так и по весу шире, чем в

Таблица 5

## Размерный и весовой составы золотого карася

Название озера	Длина, см		Вес, г		Количество эк-земпляров
	пределы колебаний	наибольшая частота	пределы колебаний	наибольшая частота	
Жаксы-Жарколь (Федоровского района) самцы самки	4—14	10—11	—	—	4
	6—18	10—11	10—120	60—70	22
Кок-Тас самцы самки	4—17	15—16	30—110	40—50	34
	10—18	16—17	30—150	90—100	36
Тенгиз самцы самки	10—18	—	40—150	—	11
	10—20	—	20—250	—	15
Алаколь в общ.				самцы 110—150	31
	10—17	14—17	37—168	самки 140—170	23
Речное самцы самки	9—17	10—11	20—150	40—50	38
	9—19	14—15	20—200	110—120	55
Бабье самцы самки	9—17	14—15	30—160	40—50	33
	9—18	14—15	30—180	40—50	37
Жаксы-Алаколь	13—18	—	89—211	—	32
Улькун-Бурли	7—16	12—14	15—125	35—40	120
Сасыкколь	7—24	7—11	11—529	10—30	260
Талы	9—17	—	—	—	21
Жаксы-Жарколь (Урицкого района)	7—16	11—12	—	—	62



других озерах. Самки в некоторых озерах (Ток-Тас, Алаколь, Речное) крупнее самцов.

Возрастной состав уловов золотого карася характеризуется наличием семи возрастных групп (табл. 6).

Основную массу составляют четырех- и пятилетки. Лишь в озере Речном, где уловы золотого карася представлены наибольшим количеством возрастных групп, преобладающими являются шестилетки (самки). Отмеченный выше факт наличия в уловах более крупных самок объясняется, по-видимому, разницей возрастного состава: самки представлены в этих озерах (Ток-Тас, Алаколь, Речное) более старшими возрастными группами, чем самцы (имеется в виду преобладающая возрастная группа).

**Темп линейного роста** золотого карася в степных озерах Кустанайской области сравнительно низок (табл. 7).

Наиболее замедленный темп роста имеют золотые караси из озер Речное и Жаксы-Жарколь (Урицкого района) и в особенности последний. Несмотря на то, что определение темпа роста золотого карася из озера Жаксы-Жарколь сделано на основании сопоставления возраста с наблюдаемыми (а не расчисленными) длинами показатели размеров карасей из этих двух озер в возрасте 4-х полных лет почти совпадают, а в возрасте 5 лет длина карасей из озера Речного даже больше, чем из озера Жаксы-Жарколь.

Высоким темпом роста характеризуется золотой карась (так же как и серебряный) в озере Жаксы-Алаколь, показатели линейных размеров которого на первых годах жизни имеют наибольшие значения в сравнении не только с карасями Кустанайской области, но и с карасями из других озер Советского Союза.

Половая дифференциация не накладывает заметного отпечатка на темп роста: в озерах Жаксы-Жарколь (Федоровского района) и Алаколь, самки золотого карася растут несколько интенсивнее самцов, в озере Речном с возрастом темп роста самок даже становится медленнее. Во всех других озерах различий в росте между самцами и самками не замечено.

Характеризуя темп линейного роста золотого карася из озер Кустанайской области в целом и сравнивая его по этому качеству с карасями Западной Сибири, Якутии и Зауралья, можно сделать вывод такого содержания: темп роста карася в различных озерах области варьирует не в очень широких пределах и по сравнению с карасями из других озер Советского Союза карась степных озер Кустанайской области, хотя и растет довольно медленно, но не занимает последнего места.





Таблица 8

## Темп весового роста золотого карася из различных озер

Названия озера	Вес по годам, г								Автор
	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	
Янычково (Зауралье) . . . . .	8	21	63	119	238	517	637	—	Красновская, 1949
Убинское (Западная Сибирь) . . . . .	—	58	133	192	—	—	—	—	Дулькейт и Башма- ковы, 1935
Сартлан (Западная Сибирь) . . . . .	31	57	96	130	186	327	—	—	«
Су-Жарган (басс. Тургая) . . . . .	—	—	150	270	430	590	770	1050	Сидорова, 1956
Ток-тас самцы . . . . .	—	44	64	84	85	—	—	—	Наши данные
самки . . . . .	—	59	69	90	110	—	—	—	«
Тенгиз самцы . . . . .	—	—	41	120	135	—	—	—	«
самки . . . . .	—	41	40	126	135	225	—	—	«
Речное самцы . . . . .	—	28	38	96	124	140	—	—	«
самки . . . . .	—	27	44	125	124	141	—	—	«
Бабье самцы . . . . .	—	34	60	84	127	147	—	—	«
самки . . . . .	—	—	52	122	131	147	165	—	«
Алаколь . . . . .	—	—	104	135	141	155	—	—	«
Жаксы-Алаколь . . . . .	—	127	135	165	—	—	—	—	«
Улькун-Бурли . . . . .	—	—	44	40	40	—	—	—	«
Сасыкколь . . . . .	—	17	114	114	251	—	—	—	«
Жаксы-Жарколь (Урицкого района) . . . . .	—	—	41	45	48	—	—	—	«

В отличие от линейного роста темп весового роста золотого карася из описываемых озер настолько низок, что ему нет равных среди карасей из других озер Советского Союза (табл. 8).

Даже наиболее быстрорастущий на первых годах жизни золотой карась озера Жаксы-Алаколь в возрасте четырех полных лет уже уступает по весу карасям из озера Убинского и озера Су-Жарган. Исключительно низок темп весового роста золотого карася в озере Улькун-Бурли. Годовые показатели веса предельно малы и в среднем одинаковы для всех возрастных групп. Указанное явление можно объяснить неоднородностью материала по признаку весового роста, а следовательно, и наличием в популяции еще более тугорослых особей.

Самцы и самки не различаются по весовому росту: более высокий вес у самок в озере Ток-Тас объясняется тем, что время сбора материала здесь совпало с нерестом золотого карася, когда самки, естественно, имеют больший вес, чем самцы.

Питание золотого карася, так же как и серебряного, зависит в первую очередь от величины биомассы и качественного разнообразия кормовых объектов водоема. В озере Тенгиз с его очень низкой биомассой бентоса на открытых грунтах и довольно богатой и разнообразной фауной зарослей золотой карась питается преимущественно объектами последней. В пище его 85,8% по весу составляют личинки тендипедид, из которых преобладающими являются *Einfeldia* gr. *carbonaria*, не обнаруженные в дночерпательных пробах, но многочисленные в пробах смыва с корневищ тростника. Из других объектов 9,6% составляют личинки стрекоз (*Sympetrum*) и лишь 4,6% — детрит. У карася, питавшегося, по-видимому, на открытом грунте среди личинок тендипедид, составивших 36,4% от веса содержимого кишечника, личинки *Einfeldia* не занимали ведущего положения, будучи равными по весу с личинками *Peloria*. Детрит и грунт, захваченные, по-видимому, с личинками тендипедид, составили 35% и 27,6% от веса содержимого кишечника.

В некоторых случаях наблюдаются факты, необъяснимые с точки зрения простого сопоставления компонентов пищи с животными организмами бентоса или придонного планктона. Так, в озере Речном с богатой фауной тендипедид грунта в кишечниках золотых карасей преобладающими по весу (от 90,4% до 97,7%) были пиявки. Личинки тендипедид составляли 2,3—3,8%, личинки ручейников — 5,7%. В озере Сасыкколь в пище золотого карася преобладали как по весу, так и по частоте встречаемости) личинки стрекоз,

совершенно не обнаруженные в дночерпательных пробах. Личинки тендипедид, насчитывающие 18 видов и составляющие биомассу  $87,6 \text{ г/м}^2$  на площади озера, в кишечниках карасей занимали лишь 7,1% от веса содержимого кишечника.

Возрастные изменения в образе питания сводятся к уменьшению разнообразия корма и увеличению относительного количества тендипедид. В озере Бабьем, например, у четырехлеток тендипедиды составляли 65,8% по весу, у семилеток — 92,17%. Значительно сокращается (с 25,42% у четырехлеток до 4,57% у семилеток) масса детрита и совершенно выпадает илисто-песчаный грунт. Падает также значение ветвистоусых ракообразных (с 5,12 до 0,47%), но остается на одном уровне и даже несколько возрастает (с 1,65 до 2,79%) потребление остракод.

**Возраст половозрелости** золотого карася, так же как и серебряного, ранний. В ряде озер (Жаксы-Жарколь Федоровского района, Ток-Тас, Тенгиз) он становится половозрелым на третьем году жизни (2+), в других исследованных озерах все половозрелые особи были не моложе трех полных лет (3+). Так как в опытных орудиях лова отсутствовали неполовозрелые караси, то определить границы раннего и позднего наступления половозрелости затруднительно.

**Соотношение полов** близко 1:1. Относительное количество самцов в озере Алаколь было равно 58%, в озере Речном — 56%, в озере Бабьем — 47%. Сборы материала производились преимущественно во время массового нереста золотого карася или в конце его, до момента полного окончания, поэтому указанные соотношения следует считать уклоняющимися в сторону завышения относительного числа самцов, обычно задерживающихся на нерестилищах. Так в озере Ток-Тас, где опытные уловы производились во время нереста, самцы составляли в общем 51%, причем в отдельных возрастных группах намечалась тенденция к нарушению этого равновесия: среди трехлеток и четырехлеток, начинающих нерест несколько раньше, чем пяти- и шестилетки преобладали самцы, составлявшие 79%, у пятилеток наоборот — самки — 79,9%.

В озере Жаксы-Жарколь Федоровского района, где сбор материала совпал с началом нереста, самцы составляли 12,5% среди трехлеток, 28,5% среди четырехлеток и 20% среди пятилеток. В озере Жаксы-Жарколь Урицкого района после окончания нереста самцы занимали по количеству также подчиненное значение (37%).

**Нерест** у золотого карася начинается почти в то же вре-

мя, что и у серебряного, с отставанием не более недели. Соответственно позднее происходит и окончание нереста. Созревание икры и икрометание порционное, отклонений от нормы в смысле намечающегося перехода на единовременное икрометание (как это наблюдается у некоторых особей медленно-растущей формы серебряного карася) не замечено.

\* \* \*

Сырьевые ресурсы озер Кустанайской области очень велики. Самый приблизительный расчет на основании анализа опытных уловов позволяет определить среднюю рыбопродуктивность озер в 100 кг/га. Таким образом, с водной площади исследованных озер можно выловить 40—50 тыс. ц рыбы. Если даже уменьшить указанную цифру вдвое, то и в этом случае использование озер области даст большой экономический эффект.

Однако существующее в настоящее время использование рыбных запасов совершенно не отвечает требованиям рационального их освоения. Ряд крупных озер, таких, как Айжан, Бабье, Речное, площадью 1,5—2 тыс. га, не говоря уже о сотнях более мелких, даже не зарегистрированы как эксплуатируемые в Кустанайском облплане. Лов рыбы носит неорганизованный характер. В районных исполкомах не имеется самых элементарных сведений об озерах, их эксплуатации, нет данных и по добыче рыбы.

Характерной особенностью промысла на озерах области является сезонность лова. Рыболовецкие бригады в большинстве случаев облавливают по нескольку озер и в несколько приемов одно и то же озеро за сезон. После активного периода лова, соответствующего нерестовому подходу больших масс карася к берегу, наступает пассивный период, когда лов совершенно неэффективен в условиях данного водоема. В зависимости от комплекса биотических и абиотических условий в различных озерах, а также от их географического положения основные моменты биологического цикла карасей не совпадают, а вследствие этого не совпадают по срокам наступления и продолжительности периоды пассивного состояния карасей. Используя эти расхождения, рыбаки облавливают в течение сезона несколько озер, оставляя озеро, где уловы резко сокращаются и переезжая на озеро, где результаты предварительного рекогносцировочного облова более благоприятны. Насколько резким бывает падение уловов, можно судить по статистическим данным артели «Красный партизан». Рыбаками этой артели в течение мая 1955 года выловлено 400 ц рыбы. С июня лов прекратился, бригада в поисках водоемов с хорошим уловом объехала в течение месяца

весь Узункольский и часть Пресногорьковского районов и выловила всего 180 ц. Следующее, но менее значительное увеличение уловов наблюдается поздней осенью перед ледоставом. Таким образом, интенсивный промысел возможен два раза в год: весной — в мае—июне и осенью — в октябре. В связи с этим описанный характер лова (типа поискового) в условиях низкой летней активности карася оправдывает себя и может быть введен в практику рыбного промысла на озерах Кустанайской области.

Однако указанный «метод» требует строгого контроля и учета во избежание полной анархии в использовании рыбных ресурсов. При существующей в настоящее время бесконтрольной эксплуатации озер отсутствуют даже приблизительные сведения по годовым уловам на том или ином озере. Рыболовецкие бригады различных организаций и административных районов передвигаются с озера на озеро без какой-либо согласованности, а результаты облова регистрируются суммарно и зачастую в организации, расположенной в пределах другого района. Постоянные рыболовецкие артели, как, например, артель «Красный партизан» и артель им. Урицкого, не обеспечены необходимым снаряжением и, в частности, машинами-холодильниками. В результате весь улов в большинстве случаев идет в посол, отчего качество продукции, особенно в жаркие летние дни, снижается до предела.

Организация промысла на озерах Кустанайской области требует некоторого пересмотра контингента используемых сетей. На всех озерах рыбаки эксплуатируют только крупноячейные ставные сети, размером ячей 40 мм и выше. Сети с меньшими размерами ячей применяются очень редко.

Опытные уловы показали целесообразность использования сетей с 38 и 36 мм и даже более мелкой ячеей, так как при замедленном темпе роста карась становится половозрелым, имея длину всего лишь 12—15 см. Применение этих сетей даст возможность уменьшить пассивный период добычи рыбы в летнее время, когда крупноячейные сети почти совершенно не дают рыбы.

Помимо сетного лова, на всех крупных озерах производится подледный лов, эффективность которого дает право рекомендовать введение его в практику рыболовства на всех озерах. Так, подледный лов, производящийся в юго-восточном углу озера Тенгиз, дает до 80—100 ц за одно притонение. В марте 1954 года рыбаками артели «Красный партизан» за одно притонение было выловлено 300 ц рыбы. Такой высокий разовый улов может быть следствием замора, тем более что озеро Тенгиз очень мелководно. Однако при таких небольших

глубинах озеро подвергается лишь частичным заморам. Дефицит кислорода, достигающий границ кислородного порога для карася, не распространяется на большую площадь, а поражает лишь отдельные участки озера. Рыба, лежащая на дне и хорошо видимая сквозь незначительный слой воды, даже не реагирует на свет, попадающий через лунку, пробитую в толще льда. Навстречу диффузно поступающему из воздуха кислороду рыба не идет и подледный лов не носит характера «духового». Следовательно, высокие уловы не связаны непосредственно с явлениями замора и отражают действительно существующее состояние запасов.

По сравнению с сетным неводный лов охватывает большее число возрастных групп (так как отстойка невода обычно не производится). Это имеет немаловажное значение как компенсация искусственного исключения из уловов мелких, но уже половозрелых карасей и в особенности карасей медленно-растущей морфы, крупнейшими ставными сетями, постоянно эксплуатируемыми на озерах области.

Наконец, подледный лов имеет исключительно большое значение как единственное мероприятие, предотвращающее гибель огромного количества рыбы в мелководных озерах или даже в крупных водоемах в годы сильной засухи, когда неизбежен зимний замор. Поэтому, как только после вырубки льда начинает ощущаться сильный запах сероводорода, необходимо предпринять все меры для того, чтобы обловить озеро в различных его участках в возможно короткий срок.

Периодические колебания уровня воды в озерах, сопровождающиеся иногда полным высыханием последних, обуславливают изменение величины сырьевых ресурсов и диктуют необходимость регулирования промысла в соответствии с этими изменениями. Первые 3—4 года после максимального наполнения озера запасы рыб постепенно возрастают, достигая к концу четвертого года промыслового значения. В течение последующих 5—6 лет они находятся на высоком, примерно одинаковом уровне, затем в годы небольших зимних заморов начинают сокращаться и, наконец, исчезают при полном высыхании озера. Ясно, что регулирование промысла, а в связи с ним и планирование рыбодобычи должно соотноситься с колебанием уровня в озерах. Снижение уровня воды и вызванное этим сокращение запасов рыб должно находить отражение в годовых планах рыбодобычи. В наиболее маловодные годы необходимо проводить систематическое наблюдение за зимним режимом озер и в случае регистрации заморных явлений осуществлять полный облов всего водоема.

Задача максимально эффективного использования сырьевых ресурсов степных озер не может быть выполнена только

извлечением имеющегося природного запаса, хотя бы планомерным и систематическим. Рациональное использование имеющихся рыбных богатств предполагает создание условий для постоянного воспроизводства рыбных запасов.

Последнее заключает в себе, наряду с многими другими мероприятиями, обязательное требование регулярной борьбы с зарастанием озер. Зарастание озер мягкой и жесткой водной растительностью является косвенной причиной расслоения популяции карася по биологическим признакам и в первую очередь по темпу роста. Замедление роста и снижение качественных особенностей захватывает все большую часть популяции и, наконец, нормальнорастущие караси вообще «исчезают» из состава ихтиофауны. Происходит так называемое вырождение стада. Одним из наиболее эффективных средств предотвращения указанного вырождения является уничтожение растительности, особенно в годы понижения уровня, предшествующие засухе.

Систематическое уничтожение растительности и улучшение кислородного режима открывает возможность пополнения ихтиофауны степных озер оксифильными видами рыб, такими, как щука, окунь, язь и др. Карась не обеспечивает равномерного планового промысла, так как при всем своем изобилии очень плохо ловится в некоторые летние месяцы. Обычно такими малоуловистыми месяцами бывают май, июнь и июль, то есть самый теплый и удобный для рыбной ловли сезон года.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Степные озера Кустанайской области, имеющие преимущественно атмосферное питание, характеризуются наличием биотических условий, определяющих специфические особенности фауны.

Растительный и животный планктон по качеству и количеству составляющих его организмов зависит от конкретных условий каждого водоема в отдельности. Общим является исключительное обилие его в поздние весенние месяцы, когда наблюдается пик волны размножения зоопланктона и фитопланктона.

Животные организмы дна представлены главным образом личинками тендипедид и олигохетами. Остаточная биомасса бентоса колеблется в широких пределах (0,4—767 кг/га), но большинство озер по данному признаку следует считать сравнительно бедными. Зарослевая фауна, качественно очень разнообразная, достигает высоких значений по количеству особей в тех озерах, где биомасса животных организмов на грунте дна низка.



Ихтиофауна озер исключительно бедна в качественном отношении. В озерах обитают преимущественно два вида рыб — золотой и серебряный караси. Попадающие из реки Убаган в многоводные годы щука, окунь, язь, линь и сибирская плотва, по мере понижения уровня воды и ухудшения условий кислородного режима, снижают свою численность и, наконец, совсем исчезают из состава рыбного населения.

Биологической особенностью карасей Кустанайских озер являются низкие темпы линейного и весового роста. В мелководных заросших озерах популяции карасей (главным образом, серебряного) неоднородны по данному признаку. Некоторую часть, постепенно все увеличивающуюся и затем преобладающую, составляют медленно растущие особи с исключительно низкими линейными и весовыми приростами, примерно в два раза меньшими, чем у нормальнорастущих (хотя также очень тугорослых) карасей.

По характеру питания золотой и серебряный караси мало различаются. В пище как того, так и другого преобладают те животные организмы, которые имеют наибольшую значимость в количественном отношении. Наиболее часто встречаются личинки тендипедид, придонные ракообразные, а также личинки стрекоз и других водных насекомых, поселяющихся на стеблях и листьях водных растений (в тех случаях, когда рыба питается не на открытом грунте).

Соотношение полов у золотого карася близко 1:1 с наметавшимся уклоном в сторону преобладания самок. Серебряный карась в глубоководных, слабозаросших озерах с благоприятными условиями обитания может быть назван однополым, в мелководных, сильно заросших озерах, в медленно растущей части популяции имеются свои самцы, составляющие иногда (в конце нерестового периода) до 20% от общего числа особей в улове.

Созревание половых продуктов и откладывание их порционное. Нерест серебряного карася начинается примерно на 7—10 дней раньше золотого, в середине или в конце мая (в зависимости от метеорологических условий весны данного года) и заканчивается в середине или конце июня.

Сырьевые ресурсы озер области велики: рыбопродуктивность их в среднем колеблется около 100 кг/га.

Использование существующих запасов совершенно неудовлетворительное: отсутствуют планы добычи, регулирование промысла на отдельных озерах и строгий учет вылова. Оснащенность артелей, занимающихся добычей рыбы, предельно низка. Мелиоративные работы, даже самые элементарные, не проводятся.

В целях рационального использования сырьевых ресурсов

необходимы строгое планирование и учет вылова рыбы, регулирование добычи в пределах группы обычно облавливаемых озер (в масштабах того или иного района) или одного озера, в зависимости от колебаний уровня воды и связанных с этим изменений биологического режима.

Эффективное воспроизводство естественных запасов и реконструкция ихтиофауны с необходимостью предполагают изменение контингента эксплуатируемых сетей в сторону уменьшения размера ячей до 24 мм, повсеместное введение в практику подледного неводного лова и, самое главное, проведение мелиоративных мероприятий по борьбе с зарастанием озер и пополнение ихтиофауны такими видами, как щука, окунь, язь, линь, а возможно и другими более ценными видами рыб.

#### ЛИТЕРАТУРА

Аристовская Г. В. и Лукин А. В. Рыбное хозяйство реки Суры в пределах Чувашской АССР. Тр. Татарск. Отд. ВНИОРХ, в. 4, 1948.

Берг Л. С. Об «однополем» размножении у карасей. Вестник ЛГУ, № 7, 1947.

Воронов А. Г. О колебании уровня озер Кустанайской области Северного Казахстана. Изв. Всесоюз. Геогр. Об-ва, т. 79, вып. 5, 1947.

Головинская К. А. и Ромашев Д. Д. Исследования по гинтогенезу у серебряного карася. Тр. Всеросс. н.-иссл. инст. пруд. и рыбн. хоз., т. IV, 1947.

Дрягин П. А. Порционное икротетание у карповых рыб. Изв. ВНИОРХ, т. XXI, 1939.

Дулькейт Г. Д., Башмаков В. Н., Башмакова А. Н., Барабинские озера и их рыбное хозяйство. Тр. Зап.-Сиб., отд. ВНИОРХ, т. II, 1935.

Красновская М. П. Карась оз. Янычково и его значение как основного объекта хозяйства В.Тавдинских озер Свердловской области. Тр. Уральск, отд. ВНИОРХ, т. IV, 1949.

Кривошеков Г. М. Караси Зап. Сибири. Тр. Бабаринск, отд. ВНИОРХ, т. VI, в. 2, 1953.

Кузнецов Н. Т. Пути использования местных вод на целинных землях Казахстана. Журн. «Природа», № 8, 1955.

Ревнивых А. И. Условия естественного формирования ихтиофауны озера Белого и возможности ее реконструкции. Тр. Уральск, отд. ВНИОРХ, т. IV, 1949.

Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель, вып. 2, Кустанайская область Казахской ССР. Гидрометиздат, 1959.

Сидорова А. Ф. Караси водоемов Иргиз-Тургайского бассейна. Сборник работ по ихтиологии и гидробиологии, вып. 1, 1956.

Суховерхов Ф. М. Размножение и развитие серебряного карася. Агробиология, № 4, 1950.

Шнитников А. В. Внутривековые колебания уровня степных озер Западной Сибири и Северного Казахстана и их зависимость от климата. Тр. лаб. озеровед., т. I, 1950.

*И. Н. Тепляков,*

кандидат технических наук

### О МЕТОДИКЕ СОПОСТАВЛЕНИЯ ВАРИАНТОВ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Советский Союз по потенциальным запасам гидроэнергетических ресурсов занимает первое место в мире. Использование этих ресурсов путем строительства гидроэлектростанций приняло огромный размах. В нашей стране работают десятки крупных и средних ГЭС, а некоторые энергосистемы, как Узбекская, Алтайская, Армянская и другие, являются в основном гидроэнергетическими.

Повышение удельного веса гидроэлектростанций в балансе энергосистем вызывает неравномерность выработки электроэнергии, связанную с изменчивостью режима стока рек. Даже при зарегулировании стока гидроэлектростанции в маловодные периоды не могут отдавать полную проектную мощность. Это приводит к необходимости иметь в системе дополнительные заменяющие (дублирующие) мощности тепловых электростанций. Однако такие ТЭС будут работать только в маловодные периоды, общая продолжительность их работы будет незначительной, что в конечном счете приведет к удорожанию энергии.

Неравномерность режима работы гидроэлектростанций, вызываемая изменчивостью гидрологических явлений водотока, придает особый характер энергоэкономическим расчетам при проектировании ГЭС. Сейчас при энергоэкономических расчетах сопоставления вариантов гидроэлектростанций или энергосистем со значительным удельным весом ГЭС широко применяется учет только двух видов затрат: издержек производства  $I_{э}$  и капиталовложений  $P, K$ . Но учет только указанных видов затрат может удовлетворять лишь в частных случаях энергоэкономических расчетов, когда сравниваются одинаковые по производственным показателям (по мощности и выработке) варианты энергоснабжения. Чаще всего приходится сравнивать или гидравлические станции с

тепловыми или варианты ГЭС с разными режимами их работы. В таких случаях определение так называемой народнохозяйственной себестоимости энергии ( $S_{нх}$ ) по двучленной формуле будет принципиально не верно.

Принятие варианта ГЭС или энергосистем со значительным удельным весом гидроэлектростанций взамен тепловых приведет к тому, что в маловодные периоды в результате снижения производственной возможности ГЭС будет иметь место не полное удовлетворение потребностей в энергии. Снижение выработки энергии на ГЭС обуславливает соответствующее повышение издержек как в самом электроэнергетическом производстве (в связи с дополнительной выработкой энергии на ТЭС), так и у потребителей энергии (в связи с недовыработкой продукции). Эти дополнительные издержки производства в условиях социалистического хозяйства следует рассматривать как ущерб для народного хозяйства страны.

Такие ущербы могут выражаться в виде дополнительных издержек производства энергии на ГЭС в маловодные периоды, в виде дополнительных издержек на предприятиях, производственная деятельность которых ограничивается из-за дефицита энергии.

Для получения сопоставимых результатов по вариантам энергоснабжения с разными производственными показателями необходим учет экономических последствий от недовыработки энергии на ГЭС, иными словами, в народнохозяйственную себестоимость производства электроэнергии должны входить указанные ущербы. Эти ущербы как дополнительное слагаемое народнохозяйственной себестоимости энергии являются издержками особого рода, так как они, будучи изменчивыми во времени (в зависимости от водности года), не могут быть отнесены ни к единовременным затратам, ни к ежегодным издержкам производства.

Учет ущербов в энергоэкономических расчетах ГЭС сводится по существу к отчислению в государственные резервные фонды соответствующих издержек, необходимых для страхования развития народного хозяйства страны, идущих на компенсацию ущербов в дефицитные по энергии периоды, при этом сам термин «ущерб» приобретает в известном смысле условный характер.

Изменчивость гидрологических явлений, обуславливающая режим работы ГЭС, не подчиняется строгим функциональным зависимостям и относится к явлениям, которые подчиняются закономерностям вероятностного характера. Вследствие этого вероятностная форма предсказаний гидрологического режима стока получила широкое применение в практике. Это приводит к необходимости оперировать в рас-

четах средними значениями величин стока, дефицита воды, т. е. их математическими ожиданиями.

Дополнительные издержки в виде отчислений в резервные фонды также целесообразно определять в математических ожиданиях  $M(I_y)$ , которые являются пределом средней величины ущербов по энергосистеме за многолетие для принятого уровня ее развития, причем эти издержки возникают только в результате принятия варианта ГЭС вместо тепловой электростанции. При такой форме учета ущербов охватывается вся совокупность возможной гидрологической изменчивости режима стока. Таким образом, народнохозяйственную себестоимость производства электроэнергии ( $S_{нх}$ ) в энергоэкономических расчетах при проектировании ГЭС следует определять по соотношению:

$$S_{нх} = \frac{\sum I_{эвi} + \sum P_{эi} K_i - \sum M(I_y)}{\Xi} = \text{мин.} \dots \quad (1).$$

Определение издержек по эксплуатации  $\sum I_{эвi}$  и отчислений от капиталовложений  $\sum P_{эi} K_i$  не вызывает затруднений. Наибольшие затруднения встречаются в настоящее время при определении значения  $\sum M(I_y)$ . Для определения математического ожидания народнохозяйственных ущербов  $M(I_y)$  необходимо иметь следующие данные:

- а) объем дефицита энергии и изменение его как по глубине, так и по продолжительности (в случае зарегулирования стока — по обеспеченности);
- б) состав энергопотребителей, воспринимающих на себя недовыработку энергии на ГЭС с указанием пределов регулируемости их по условиям технологического процесса производства и показателей удельных ущербов по каждому из них.

Определение дефицита гидроэнергии не представляет больших трудностей. Имея водохозяйственную характеристику дефицита стока, несложно на основании ее построить водноэнергетическую характеристику дефицита мощности или энергии.

Наибольшие затруднения встречаются при определении народнохозяйственных ущербов. Несмотря на общепризнанную необходимость экономической оценки ущербов энергопотребителей, они до сего времени остаются недостаточно изученными. В опубликованных в последние годы работах Ш. Ч. Чокина (10) и Н. С. Афонина (1) хотя и даются определенные сведения о тех экономических последствиях, которые могут быть при ограничениях электроснабжения, однако они, разумеется, не в состоянии осветить всей сложности вопроса.

Н. С. Афонин исследовал ущербы при аварийном отключении энергопотребителей и соответственно этому приводит данные с учетом порчи продукции и оборудования. Ш. Ч. Чокин анализирует ущербы при условии заблаговременного предупреждения потребителей, и полученные им данные наиболее приемлемы для энергоэкономических расчетов.

Настоящая статья ставит своей задачей сделать соответствующие обобщения на основе ранее полученных автором статьи данных (7) и дать приближенные значения удельных ущербов для различных видов промышленных электропотребителей. При этом оценка удельных ущербов в отличие от упомянутой работы рассматривается для двух случаев: во-первых, по данным только производственной себестоимости промышленной продукции ( $S_{пр}$ ), условно названный «производственным» ущербом ( $Y_{пр}$ ) и, во-вторых, по народнохозяйственной себестоимости промышленной продукции ( $S_x$ ), названный соответственно удельным «народнохозяйственным» ущербом. Смысл такого разделения заключается в том, чтобы выделить отдельно ущерб, создающийся непосредственно на предприятии и ущерб, характеризующий полные народнохозяйственные потери. Для энергоэкономических расчетов наибольшее практическое значение будут иметь удельные народнохозяйственные ущербы ( $Y_{нх}$ ).

#### ОСНОВНОЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УЩЕРБОВ

В ранее опубликованной статье (7) давались первые результаты исследований по экономическому анализу ущербов промышленных энергопотребителей от возможного ограничения энергоснабжения, вызываемых преимущественно результатом изменчивости режима работы ГЭС. Основные исходные предпосылки, изложенные в указанной работе, сохранены и в этой статье. В частности, оценка ущербов рассматривается только в связи с возможной недовыработкой продукции из-за недополучения электроэнергии предприятием, в то время как возможные на некоторых производствах потери от порчи сырья, продукции и оборудования не учитываются. Поскольку ограничение электроснабжения в системах обычно может быть заранее предсказано, то неучет этих потерь (порча сырья, оборудования) можно считать обоснованным.

В качестве исходных данных использованы материалы фабрично-заводской себестоимости производства промышленной продукции. Сохраняется также разделение издержек производства на переменные ( $I_{пр}$ ), являющиеся приближен-

но пропорциональными количеству выпускаемой продукции, и постоянные ( $I_{\text{тс}}$ ), в основном, не зависящие от количества выпускаемой продукции и, следовательно, условий электро-снабжения.

К постоянным издержкам производства, за счет которых в период его простоя из-за недодачи электроэнергии создается соответствующий ущерб предприятия, отнесены:

- а) заработная плата производственных рабочих с начислениями на нее (условно, см. ниже);
- б) амортизация основных средств;
- в) цеховые и общезаводские издержки, при этом в дальнейшем сумму их будем называть накладными расходами ( $I_{\text{нр}}$ ).

Среднее значение удельного ущерба предприятия от недодачи ему электроэнергии можно определить из выражения:

$$U_{\text{пр}} = \frac{\eta_{\text{з}} I_{\text{з}} + \eta_{\text{а}} I_{\text{а}} + I_{\text{нр}}}{\Theta_1}, \dots \dots \dots (2),$$

где:  $U_{\text{пр}}$  — удельный ущерб (*руб/квтч*), определяемый по производственной себестоимости промышленной продукции;

$\eta_{\text{з}}$  — коэффициент, характеризующий размер оплаты простоя рабочих в период недодачи электроэнергии предприятию;

$\eta_{\text{а}}$  — то же, учитывающий снижение износа основных средств;

$I_{\text{з}}$ ,  $I_{\text{а}}$ ,  $I_{\text{нр}}$  — соответственно издержки производства по зарплате, амортизации и накладным расходам;

$\Theta_1$  — расход энергии (в *квтч* на единицу продукции).

Следует несколько подробнее остановиться на отдельных издержках производства, отнесенных к группе постоянных затрат.

Касаясь размера включения в ущерб издержек по зарплате производственных рабочих, следует отметить, что он не может быть решен одинаково для всех случаев и зависит от продолжительности простоя, от отрасли промышленности и условий проявления дефицита энергии.

По существующему законодательству о труде рабочие получают 50% зарплаты в том случае, когда простой произошел не по их вине, в том числе и из-за недодачи электроэнергии. В случае продолжительного простоя (свыше 5 дней) рабочие должны переводиться на другие работы. Изучая размер оплаты простоя на ряде предприятий, мы наблюдали разные случаи: непродолжительный простой рабочих оплачивался в размере 50%; при длительных простоях рабочие переводились на другие работы, а в некоторых случаях предоставлялся трудовой отпуск с выплатой среднего заработка.

Исходя из сказанного, представляется целесообразным выделить ущерб от оплаты простоя отдельно от других издержек, составляющих ущерб, что дает возможность для тех или других условий экономических расчетов при необходимости вносить в него любые возможные коррективы (50%, 75% и т. д.)

Очевидно, удельный ущерб от оплаты простоя рабочих может быть определен по следующему выражению:

$$У_3 = \frac{И_3}{Э_1} \dots \dots \dots (3)$$

Показатели  $У_3$ , вычисленные по формуле (3), приводятся в таблице 1. Наибольший ущерб от оплаты простоя рабочих терпят предприятия пищевой промышленности (от 4 до 8,6 руб/квтч), далее идут предприятия машиностроения (1,0—4,0 руб/квтч), черной (0,02—3,0 руб/квтч) и цветной (0,03—2,0) металлургии, химической промышленности (0,0002—1,0 руб/квтч).

Экономическая оценка ущерба от непроизводительного использования основных средств (основных фондов) в период ограничения электроснабжения затруднительна. Как известно, по существующей классификации в материальный состав производственных основных средств социалистической промышленности входят следующие элементы: сооружения, производственные здания, силовые установки, рабочие машины и аппараты, передаточные установки, инструменты, транспорт, инвентарь. Различные элементы этих фондов в разной степени принимают участие в производственном процессе. Одни, например, играют активную роль в этом процессе как орудия труда, другие участвуют лишь косвенно (внутрипроизводственный транспорт), третьи участвуют лишь для создания необходимых условий производственного процесса (здания). Очевидно, производственное оборудование как непосредственно принимающее участие в технологическом процессе в период его простоя из-за электроэнергии не будет или почти не будет изнашиваться и, следовательно, ущерб от издержек по амортизации этого оборудования, казалось бы, не должен учитываться. Но следует отметить, что для производственного оборудования, работающего из-за технологических особенностей непрерывно, наоборот, лишний пуск или остановка работы может увеличивать износ. Для производственных зданий, складских и т. п. помещений независимо от простоя, очевидно, издержки по амортизации должны учитываться полностью, ибо физический износ здесь происходит



независимо от времени простоя из-за недостатка энергии, а связано с действиями сил природы.

В этой связи представляет интерес выявить участие отдельных элементов основных средств в производственном процессе, т. е. необходимо знать структуру основных фондов промышленности. К сожалению, в настоящее время нет удовлетворительной классификации основных средств по их роли в производственном процессе. Кроме того, попытка уточнения этого вида ущербов вряд ли необходима. Детальное рассмотрение ущерба от амортизационных отчислений, подсчитанное нами для различных предприятий, показывает, что доля его в общей структуре ущерба незначительна и колеблется от 5 до 15%. При этом неучет нами порчи оборудования от лишних остановок и пусков его во время дефицита энергии побуждает подойти с некоторым «запасом» к определению ущерба по амортизации. Мы считаем целесообразным при определении ущерба включать амортизационные издержки полностью (100%).

Что касается накладных издержек ( $I_{н}$ ), то последние полностью включаются в ущерб от недодачи энергии, ибо независимо от работы предприятия эти издержки остаются в основном без изменения.

Показатели, подсчитанные по формуле (2) при условии принятия значения коэффициентов  $\eta_3=1$   $\eta_{..}=1$  для широкого перечня производств, приводятся в таблице 1.

Все изложенное выше относится к определению средних значений удельных ущербов для предприятия в целом. Нам представляется, что средний удельный ущерб достаточно хорошо характеризует экономические последствия от недодачи энергии предприятию и на данной стадии энергоэкономических расчетов вряд ли нужны более дифференцированные показатели удельных ущербов, например, по цехам.

#### УПРОЩЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ УЩЕРБОВ

Изложенные выше приемы определения удельных ущербов требуют знания структуры себестоимости производства промышленной продукции и других показателей работы предприятия.

В практике энергоэкономических расчетов такими данными обычно не располагают. Это обстоятельство, а также стремление сделать соответствующие обобщения побудило нас искать иные, более упрощенные методы оценки показателей ущерба.

Выше мы видели, что ущерб зависит от постоянных издержек производства и от его электроемкости. Проанализируем в

связи с поставленной нами задачей отдельно зависимости между значениями удельных ущербов, некоторыми издержками, составляющими этот ущерб, и электроемкостью производства. При этом под электроемкостью нами понимается не только удельный вес электрической составляющей в себестоимости продукции, но также и электровооруженность труда производственных рабочих и удельный расход энергии на 1 000 руб. продукции. Последний показатель в настоящее время применяется преимущественно на производствах, выпускающих широкий ассортимент продукции.

Определение удельного ущерба при помощи коэффициента электровооруженности труда. Анализируя трудоемкость производственного процесса и энергоемкость его, обратимся к одному из известных показателей в промышленности — коэффициенту электровооруженности труда ( $k_{э\tau}^{\Phi}$ ). Как известно, этот коэффициент определяется отношением потребленной электроэнергии  $\Sigma \text{квтч}$  к числу отработанных человеко-часов  $T$  (или *человеко-дней*).

Таким образом, чтобы пользоваться  $k_{э\tau}^{\Phi}$ , необходимо располагать данными о затрате труда рабочего времени и электроэнергии (на всю продукцию или на единицу её). Но фактические данные  $k_{э\tau}^{\Phi}$ , как показали проработки, для целей обобщения оказались неприемлемыми, поскольку труд рабочих по их квалификации качественно неоднороден. Однако обобщение все же возможно, если условно принять единую стоимость одного *человеко-часа* с таким расчетом, чтобы в ценностном выражении, а стало быть и в трудовом, были получены сравнимые величины. В качестве такой единицы измерения, которая может быть с наибольшим удобством применена в практических расчетах, нами принята стоимость отработанного человеко-часа, равная 1 руб., что позволило весьма удобно и наглядно сравнивать энергоемкость различных производств. Исходя из этого условия, были подсчитаны  $k_{э\tau}$ , которые в дальнейшем, в отличие от фактического  $k_{э\tau}^{\Phi}$ , будем называть «приведенным» коэффициентом электровооруженности труда ( $k_{э\tau}$ ) производственных рабочих.

Исследуем зависимости вида  $U_{п\tau} = f(k_{э\tau})$ , для чего отложим по оси ординат (рис. 1б) значения удельных ущербов ( $U_{п\tau}$ ), а по оси абсцисс соответствующие им коэффициенты электровооруженности труда ( $k_{э\tau}$ ). Из рис. 1б видно, что точки располагаются по кривой типа гиперболы.

Между  $\lg U_{п\tau}$  и  $\lg k_{э\tau}$  существует тесная связь, коэффициент корреляции которой  $[r] \geq 0,98$ .

При помощи составления уравнения регрессии между  $Y_{пр}$  и  $K_{э\tau}$  получена следующая зависимость:

$$Y_{пр} = \frac{3,5}{K_{э\tau}^{0,848}} \dots \dots \dots (4).$$

Кривая удельных ущербов, полученная расчетным путем по формуле (4) и приведенная на рис. 1б, как видно из графика, хорошо согласуется с фактическими точками.

Подсчеты показали, что среднеарифметическая и среднеквадратичная ошибки соответственно составляют 19 и 25 %.

Таким образом, выведенная формула (4) дает возможность в значительной степени упростить расчеты по определению удельных ущербов промышленных энергопотребителей, для этого достаточно знать приведенный коэффициент электровооруженности труда производственных рабочих ( $K_{э\tau}$ ).

Известно, что электровооруженность труда в промышленности изменяется из года в год и это вполне закономерно. Одновременно с этим изменяется себестоимость продукции. Все это вместе взятое приводит к изменению удельных ущербов промышленных энергопотребителей. В связи с этим приведенный выше упрощенный метод оценки показателей ущербов при помощи формулы (4) приобретает известную ценность, поскольку он дает возможность учесть динамику  $K_{э\tau}$ .

Определение удельного ущерба при помощи показателя расхода электроэнергии на 1 000 рублей продукции. На тесную связь между удельным ущербом ( $Y_{пр}$ ) и расходом энергии на 1 000 руб. продукции ( $\Xi$  т. р.) показывает (см. рис. 1в) подсчитанный коэффициент корреляции  $[r] > 0,98$ , при этом удельный ущерб представилось возможным выразить формулой:

$$Y_{пр} = \frac{2210}{\Xi_{тр}^{1,288}} \dots \dots \dots (5).$$

Определение удельного ущерба по формуле (5) имеет некоторое практическое преимущество перед формулой (4), так как удельный расход энергии на 1 000 руб. продукции обычно имеется в справочной литературе, в то время как получение данных для определения  $K_{э\tau}$  сопряжено с некоторыми затруднениями.

По формуле (4), как и по выражению (5), можно определять удельные ущербы для любых промышленных энергопотребителей, т. е. независимо от наших исходных данных, на основании которых получены эти расчетные формулы.

Выражение (5) справедливо для определения удельного

ущерба от постоянных ( $I_{пс}$ ) издержек производства, в которые вошли издержки по зарплате ( $I_3$ ) полностью (100%).

Представляет интерес проанализировать отдельно зависимость  $U_3 = f(\mathcal{E}_{тр})$ . И здесь имеет место тесная связь между  $\lg U_3$  и  $\lg \mathcal{E}_{тр}$  с коэффициентом корреляции  $[r] \geq 0,96$ .

Для определения удельного ущерба  $U_3$  предлагается следующая формула:

$$U_3 = \frac{865}{\mathcal{E}_{тр}^{1,365}} \dots \dots \dots (6)$$

Таким образом, для ориентировочного определения удельных ущербов могут служить приведенные выше формулы (4), (5) и (6), которые получены на основе обобщения фактических данных и выявленных закономерностей между ущербами и энергоемкостью производств, выраженной через  $K_{ст}$  и  $\mathcal{E}_{тр}$ . Эти упрощенные методы определения показателей ущерба являются весьма удобными и, как показывают расчеты, ими можно пользоваться независимо от времени. Но следует отметить, что более надежная оценка удельного ущерба может быть получена при помощи  $K_{ст}$ , так как этот коэффициент лучше характеризует энергоемкость производства, чем  $\mathcal{E}_{тр}$ .

#### ОЦЕНКА НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УЩЕРБОВ

Недодавая из-за дефицита энергии продукцию народному хозяйству, помимо вышеперечисленных ущербов, возникающих непосредственно на производстве, страна будет нести и другой вид ущерба в виде невозмещенных в государственный бюджет отчислений на стоимость недоданной продукции, представляющих собою «продукт для общества» (6), создаваемый в сфере материального производства. Эти отчисления идут как в фонд расширенного социалистического воспроизводства, так и на образование общегосударственных фондов: страховых, резервных, общегосударственного управления, здравоохранения, обороны страны, социального обеспечения и т. п. Чтобы не нарушить план отчислений в государственный бюджет, необходимо в величину ущерба, создающегося непосредственно на производстве за счет постоянных издержек ( $I$ ), включить и ущерб этого вида ( $U_3$ ). Учет ущерба  $U_3$  представляет значительные трудности, так как это связано с вопросами ценообразования и другими факторами, устанавливаемыми государством, в то же время учетом  $U_3$  пренебречь нельзя.

Для учета  $U_3$  воспользуемся так называемой народнохозяйственной себестоимостью продукции ( $S_{нх}$ ), отличающейся от

производственной ( $S_{г.р}$ ) тем, что в нее входит дополнительное слагаемое в виде  $p_э \cdot K$ , представляющее собой отчисление на расширенное социалистическое воспроизводство и общегосударственные расходы.

Народнохозяйственная себестоимость производства продукции может быть представлена следующим уравнением:

$$S_{нх} = I_{э.к} + p_э \cdot K \quad (7).$$

где:  $p_э$  — процент отчислений от капиталовложений  $K$ ;

$I_{э.к}$  — полные эксплуатационные издержки, связанные с выпуском продукции.

Относя издержки  $I_{э.к}$  и  $p_э \cdot K$  к единице продукции, для получения которой потребно  $э$ , квтч энергии и исключая из  $I_{э.к}$  переменные издержки  $I_{п.р}$ , среднее значение удельного народнохозяйственного ущерба ( $Y_{нх}$ ) можно определить по выражению:

$$Y_{нх} = \frac{u_{пс} + p_э \cdot K}{\Theta_1} \dots \dots \dots (8).$$

Определение ущерба от постоянных издержек производства ( $I_{п}$ ) было рассмотрено выше. Поэтому рассмотрим второй член формулы (8).

Ущерб от невозмещенных отчислений ( $Y_э$ ) может быть определен как

$$Y_э = \frac{p_э \cdot K}{\Theta_1} \dots \dots \dots (9).$$

Произведение  $p_э \cdot K$  внешне напоминает амортизационные отчисления основных средств. Но это только внешнее сходство, в действительности же  $p_э \cdot K \neq p_r$ . Как известно, амортизационные отчисления, определяемые структурой основных средств, обеспечивают простое воспроизводство основных фондов и сохраняют их в народном хозяйстве постоянными, в то время как  $p_r \cdot K$  должно обеспечивать, как уже отмечалось, финансирование расширенного воспроизводства и развитие общества. Величину  $p_э \cdot K$  выразим через  $I_a$  в виде отношения  $\frac{p_э \cdot K}{I_a} = m$ .

Тогда удельный народнохозяйственный ущерб, т. е. ущерб с учетом эффективности использования капиталовложений можно определить по выражению:

$$Y_{нх} = \frac{\eta_э u_э + u_{нр} + u_э (\eta_a + m)}{\Theta_1} \dots \dots \dots (10).$$

Выбор правильного соотношения  $m = \frac{p_э \cdot K}{I_a}$  представляет

известные трудности, поскольку до сего времени нет установленных норм отчислений  $r_a \cdot K$ . Так как обоснованного общепринятого метода отчислений  $r \cdot K$  пока нет, а «расчеты необходимо проводить» (4), то в проектной практике энергоэкономических расчетов принимается приближенная оценка указанных отчислений, основанная зачастую на «интуиции» проектировщика (3). Например, при проектировании электростанций обычно принимают  $P_s = 5-10\%$ . Надо полагать, что для действующих предприятий, да и для проектируемых, величина  $m$  будет изменяться в пределах 1,5—2.

Принимая наиболее возможные значения коэффициента  $\eta_3$ , а именно 0,5 и 1 и  $\eta_2 = 1$ , и принятые пределы изменения  $m = 1,5-2$ , можно написать:

а) при значении  $\eta_3 = 0,5$  и  $m = 1,5$  будем иметь, очевидно, минимальное значение удельного народнохозяйственного ущерба  $|y_{нх}^{мин}|$

$$y_{нх}^{мин} = \frac{0,5u_3 + u_{нр} + 2,5u_a}{\mathcal{E}_1}; \quad (11)$$

б) при значении  $\eta_3 = 1$  и  $m = 2$  будем иметь максимальное значение этого ущерба  $|y_{нх}^{max}|$

$$y_{нх}^{max} = \frac{u_3 + u_{нр} + 3u_a}{\mathcal{E}_1}. \quad (12)$$

По формулам (11) и (12) произведены соответствующие расчеты для всех предприятий, результаты которых приводятся в таблице. На рис. 1 приведена сравнительная диаграмма показателей  $y_{нх}^{max}$ .

В отличие от таблицы 1, в которой приводится почти полный перечень изученных производств, в таблице 2 приводятся показатели ущерба и данные об электроемкости, сгруппированные по отраслям промышленности. Из таблицы видны пределы изменения показателей ущерба и влияние ограничения электроснабжения на экономику отдельных отраслей промышленности.

Для определения минимального и максимального значений удельных народнохозяйственных ущербов, аналогично предыдущему, представилось возможным получить следующие зависимости, выраженные соответственно через приведенный коэффициент электровооруженности труда ( $K_{вт}$ ) и расход электроэнергии на 1 000 руб. продукции ( $\mathcal{E}_{тр}$ ):

$$y_{нх}^{мин} = \frac{3,46}{0,83 \cdot K_{вт}} \dots \dots (13)$$

$$y_{нх}^{мин} = \frac{1750}{\mathcal{E}_{тр}^{1,246}} \quad (14),$$

$$y_{нх}^{max} = \frac{4,20}{K_{эт}^{0,845}} \quad (15),$$

$$y_{нх}^{max} = \frac{2130}{\mathcal{E}_{тр}^{1,26}} \quad (16)$$

Для перспективных расчетов определение удельных ущербов целесообразнее производить по приведенным эмпирическим формулам, поскольку они учитывают, как уже отмечалось, динамику изменения себестоимости продукции и электрооборуженности труда рабочих.

Мы не охватили соответствующими данными все разновидности энергопотребителей, встречающихся в нашей столь многогранной промышленности, но выводы в отношении таковых, особенно при наличии полученных расчетных формул, уже и из выполненного анализа представляются достаточно ясными.

В заключение необходимо лишь раз оговориться, что полученные данные об удельных ущербах не лишены недостатков и, разумеется, не могут претендовать на большую точность. По мере накопления нового фактического материала полученные показатели должны быть подвергнуты дальнейшему уточнению и развитию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Афонин Н. С. Надежность электроснабжения промышленных предприятий. Госэнергоиздат, 1958.
2. Аракелян А. А. Хозрасчет и использование основных фондов промышленности СССР. Госполитиздат, 1954.
3. Захаров В. П. Учет тяжести капиталовложений в энергоэкономических и водохозяйственных расчетах. Известия АН КазССР, серия энергетическая, вып. 2, 1950.
4. Золотарев Т. Л. Гидроэнергетика, ч. 1. Основы использования гидравлической энергии. Госэнергоиздат, 1950.
5. Крицкий С. Н. и Менкель М. Ф. Ущерб от ограничения водо- и энергопотребления как фактор, определяющий целесообразные размеры водохозяйственных установок. Проблема регулирования речного стока, вып. 4. Изд. СВП АН СССР, 1950.
6. Политическая экономия. Учебник. Госполитиздат, 1959.
7. Тепляков И. Н. Ориентировочные значения удельных ущербов при ограничении снабжения электроэнергией промышленных потребителей. Известия АН КазССР, серия энергетическая, вып. 6, 1954.
8. Тепляков И. Н. Приближенная оценка ущербов в электроэнергетическом хозяйстве, вызываемая изменчивостью гидрологических явлений. Кандидатская диссертация, 1955. Фонды института энергетики АН КазССР.
9. Тепляков И. Н. Определение ущерба при учете глубины дефицита гидроэнергии. Труды Всесоюзного совещания по проблеме «параметры гидроэлектростанций и регулирование стока при комплексном использовании рек». Издание АН ГрузССР, 1958.
10. Чокин Ш. Ч. Расчетная обеспеченность работы гидроэлектростанции. Издание АН КазССР, 1958.

Таблица 1

Расход энергии на 1000 руб. продукции, электровооруженность труда производственных рабочих и удельные ущербы промышленных энергопотребителей

Наименование производств	Расход энергии на 1000 руб. продукции, (квтч) тыс. / руб.	Приведенный коэффициент электровооруж. труда рабочих квтч чел.-ас	Ущерб на 1 квт. недо-данной энергии, руб. квтч.			
			от оплаты про-стои рабочих	от постоянных издержек произ-водства	минимальный народнохозяйст-венный	максимальный народнохозяйст-венный
<i>I. Горно обывающая промышленность</i>						
Добыча руды . . . . .	130	0,40	2,80	6,80	6,00	7,60
Добыча угля . . . . .	130	0,35	3,10	6,5	5,30	7,00
Обогащение руды . . . . .	300	8,30	0,12	0,85	0,95	1,10
Обогащение угля . . . . .	200	1,40	0,73	1,00	0,70	1,10
<i>II. Черная металлургия</i>						
Металлургический завод . . . . .	—	2,30	0,45	1,85	2,0	2,35
Мартеновское производство . . . . .	—	0,31	3,20	16,20	—	—
Электросталеплавильное « . . . . .	—	15,40	0,07	0,42	—	—
Прокатное « . . . . .	—	1,20	0,80	2,30	—	—
Производство ферросплавов . . . . .	2 300	35,70	0,03	0,12	0,15	0,18
<i>III. Цветная металлургия</i>						
Производство алюминия . . . . .	3 300	35,00	0,03	0,10	0,125	0,155
« магния . . . . .	1 750	15,70	0,06	0,23	0,29	0,35
« электролитического цинка . . . . .	1 050	14,50	0,054	0,19	0,20	0,24
« свинца . . . . .	100	0,94	1,05	4,20	4,10	4,80
« черновой меди . . . . .	—	1,13	0,90	3,80	4,30	5,00
Свинцово-цинковое производство . . . . .	—	2,60	0,40	1,75	2,00	2,35
Производство цветного проката . . . . .	260	—	0,14	1,35	1,45	1,60
<i>IV. Химическая промышленность</i>						
Производство электролитич. аммиака . . . . .	5 000	520,0	0,002	0,023	0,035	0,04
« конверсионного » . . . . .	2 100	60,8	0,020	0,190	0,250	0,28
« слабой азотной кислоты . . . . .	1 500	75,0	0,013	0,087	0,120	0,14
« карборунда . . . . .	3 000	33,0	0,030	0,130	0,145	0,17
« суперфосфата . . . . .	50	0,4	2,500	10,750	10,950	12,7
« карбида кальция . . . . .	4 500	150,0	0,007	0,040	0,044	0,05
« фосфора (электровозгон-ка) . . . . .	6 200	272,0	0,004	0,030	0,032	0,036
Электролиз поваренной соли . . . . .	2 400	125,0	0,008	0,123	0,154	0,170
« воды . . . . .	11 000	5440,0	0,0002	0,001	0,015	0,018
Производство различ. кислот . . . . .	200	2,0	0,5	2,95	2,95	3,250
<i>V. Машиностроение общее</i>						
Производство компрессорного обо-рудования . . . . .	115	1,20	0,85	4,15	4,10	4,65
« компрессоров и насосов . . . . .	65	0,45	2,15	9,70	9,30	10,60



Продолжение таблицы 1

Наименование производств	Расход энергии на 1000 руб. продукции, кетч/мес. руб.	Приведенный коэффициент электрооборуд. труда рабочих, кетч/мес.-час	Ущерб на 1 кетч недо-данной энергии, руб(кетч)			
			от оплаты про-стой рабочих	от постоянных затрат на пропе-водство	минимальный народнохозяйст-венный	максимальный народнохозяй-ственный
Паровозо- и вагоноремонтный за-вод . . . . .	130	0,70	1,45	5,10	4,70	5,50
Производство подъемных меха-низмов . . . . .	70	0,55	1,80	8,80	8,65	9,80
Текстильное машиностроение . .	140	0,70	1,45	4,95	4,60	5,50
Производство хлопкоуборочных машин . . . . .	100	0,60	1,50	6,50	6,40	7,35
« мельничного и элеватор-ного оборудования . . . . .	80	0,25	4,05	8,40	7,30	9,65
» экскаваторов . . . . .	80	0,25	4,00	12,45	11,90	14,45
« оборудования консервной промышленности . . . . .	50	0,30	3,00	11,80	11,70	13,90
Ремонтный завод . . . . .	75	0,30	3,55	10,65	9,65	11,70
Производство прессов-автоматов	85	0,60	1,60	9,10	9,25	10,40
Завод тяжелого машиностроения (мелкое прокатное и волочильное оборудование) . . . . .	130	0,40	2,55	5,30	4,50	5,95
Механический завод . . . . .	50	0,45	2,10	10,25	10,20	11,55
Завод сельхозмашиностроения .	60	0,30	3,15	10,90	9,80	11,50
<i>VI. Электротехническое машиностроение</i>						
Производство электроламп (пре-имущественно радиоламп) . . . .	130	1,20	0,80	4,80	4,60	5,40
Производство кабеля . . . . .	175	1,20	0,85	3,05	3,20	3,50
« мелкой установочной аппаратуры . . . . .	50	0,35	2,80	9,30	9,15	10,95
« рентгеноаппаратуры . . . .	65	0,30	3,20	10,30	9,65	11,55
« радиоаппаратуры . . . . .	90	0,80	1,25	7,70	8,50	9,60
<i>VII. Производство цемента . . . .</i>	800	6,40	0,15	0,60	0,62	0,73
<i>VIII. Текстильная промышленность</i>						
Прядильно-ткацкое производ-ство . . . . .	150	0,90	1,17	2,50	2,25	2,95
Хлопкопрядильное произв. . . . .	156	0,60	1,75	3,65	3,00	3,90
Производство искусственного во-локна . . . . .	50	0,50	1,95	16,35	16,85	18,30
Хлопкоочистительные заводы . .	200	2,00	0,50	2,30	2,50	2,90
<i>IX. Пищевая промышленность</i>						
Производство масла раститель-ного . . . . .	220	1,70	0,30	2,05	2,20	2,40
» сахара . . . . .	20	0,12	8,60	34,00	34,50	40,40
Мясоконсервно-е производство . .	—	0,14	7,30	20,70	19,20	23,60
Кондитерское производство . . .	—	0,23	4,40	12,00	10,80	13,35
Табачное производство . . . . .	—	0,15	0,45	14,95	12,40	15,90

Таблица 2

## Электроёмкость и влияние недовыдачи электроэнергии на экономику различных отраслей промышленности

№ п.п.	Отрасли промышленности	Удельный вес электроэнергетической составляющей в себестоимости продукции, %	Привле- ный коэф- фициент электропо- оруженно- сти труда, кетч/чел. час.	Ущерб на 1 кетч недовыданной энергии, руб/кетч				
				производственный			народнохозяйственный	
				итого	в том числе		минималь- ный	максималь- ный
зарплата рабочих	накладные издержки и амортизация							
1	Горнорудная							
	а) добыча руды и угля . . .	2,0—3,5	0,3—0,50	5—7	2—3	3—4	4,6—6,0	6—7,6
	б) обогащение руды и уг- ля . . . . .	3,0—6,7	1,5—11,8	0,4—1,0	0,1—0,3	0,3—0,7	0,5—1,0	0,6—1,1
2	Черная металлургия	0,2—40,0	0,3—35,0	0,1—23,0	0,02—3,00	0,07—20,00	0,08—29,0	0,1—34,0
	а) мартеновское производ- ство . . . . .	0,15—0,2	0,30	16—23	3,2	13—20	—	—
	б) электроплавильное про- изводство . . . . .	7—15	14	0,30—0,45	0,07	0,20—0,35	—	—
	в) прокатное производство	0,15—0,6	0,6—2,5	1,5—5,0	0,4—1,5	1,1—3,5	—	—
	г) производство ферро- сплавов . . . . .	40	35	0,12	0,03	0,09	0,15	0,18
3	Цветная металлургия . .	1—30	1,5—35,0	0,1—5,0	0,03—2,00	0,07—3,0	0,1—4,5	0,15—5,70
4	Машиностроение общее . .	1—7	0,3—1,4	4—12	1—4	3—8	4—12	5—14
5	Электромашиностроение . .	1—4	0,3—1,2	3—10	1—3	2—7	3—10	4—12
6	Химическая . . . . .	2—87	2—5440	0,01—4,0	0,0002—1,0	0,01—3,00	0,015—3,0	0,02—4
7	Цементная . . . . .	13	6,5—9,5	0,6	0,15	0,45	0,6	0,7
8	Текстильная . . . . .	0,3—4,5	0,6—1,0	2,5—16,00	0,5—2,0	2—14	2,5—17,0	3—18
9	Пищевая . . . . .	0,1—3,0	0,1—0,25	2—34	0,3—8,6	1,7—25,5	2—35	2,5—40,0
	По отраслям в целом . . .	0,1—87	0,1—5440	0,01—34	0,002—8,6	0,01—25,5	0,015—35	0,02—40

324

И. Н. Телляков

*Г. В. Воронаев,*

кандидат технических наук

**ВОПРОСЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ  
РАБОТЫ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ  
И ОТДЕЛЬНЫХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

Большинство существующих в республике оросительных систем было построено десятки и сотни лет назад. Наряду с новым ирригационным строительством за послеоктябрьский период были выполнены огромные работы по их реконструкции и дооснащению. В развитии водных мелиораций в Казахстане затрачено около 1,5 млрд. руб.

К настоящему времени накоплен большой опыт эксплуатации ирригационных систем, по ряду орошаемых районов и по отдельным системам выполнены крупные исследовательские работы. Однако, наряду с этим, еще слабо изучаются вопросы экономической эффективности осуществленных мероприятий по развитию орошения. Изучение вопросов поливной техники, мелиоративного состояния орошаемых земель, поливного режима, водопользования на системах и многое другое чаще всего проводится оторванно от вопросов экономической эффективности.

Необходимость проведения комплексного всестороннего изучения работы действующих оросительных систем с установлением всех технико-экономических показателей производства на орошаемых землях обусловлена следующими задачами. Во-первых, получить объективное суждение об экономической эффективности выполненных работ по развитию орошения, что облегчит дальнейшее планирование развития оросительных мелиораций. Во-вторых, выявить имеющиеся в орошаемой земледелии резервы и наметить мероприятия по вовлечению их в действие. И, в-третьих, определить эффективность мероприятий по улучшению существующей и внедрению новой техники орошения.

**МЕТОДИКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РАБОТЫ  
ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Всесторонняя технико-экономическая оценка работы оросительной системы может быть получена, исходя из рассмотрения всего производственного процесса на орошаемых землях

как единого целого. Техничко-экономические показатели, характеризующие такое производство, должны отражать все его стороны.

С целью практически удобного использования технико-экономических показателей для анализа производственной деятельности и последующих расчетов все они должны быть систематизированы.

Вопрос о систематизации технико-экономических показателей, используемых в различных отраслях народного хозяйства, ставился рядом авторов (Усык М., Консон А., Овчинников А. и др.). Применительно к мелиоративным объектам (проектируемым) наиболее обобщающая система технико-экономических показателей была предложена Т. Д. Зузиком. Основные положения ее использованы в предложенной нами системе технико-экономических показателей для оценки работы оросительных систем.

Всякий процесс производства предполагает наличие труда человека, предметов труда и средств труда. Предметы труда и средства труда составляют средства производства. В условиях орошаемого земледелия средства производства складываются из основных и оборотных фондов сельскохозяйственных предприятий, РТС, МЭС и управлений оросительных систем и из земельных и водных ресурсов. Средства производства составляют базу производственного процесса, поэтому одна из групп в системе технико-экономических показателей должна охарактеризовать состав и размеры средств производства.

Ведущую роль среди средств производства в условиях мелиоративных земель занимают производственные основные фонды, земельные и водные ресурсы. Поэтому технико-экономические показатели этой группы должны, прежде всего, отражать абсолютные и удельные размеры основных производственных фондов с выделением фондов мелиоративного (каналы, сооружения, насосные станции и др.) и сельскохозяйственного назначения (сельхозмашины, постройки, дороги и др.), а также их качественную характеристику: основные рабочие параметры, энерговооруженность, металлоемкость. По земельным фондам должны быть представлены следующие показатели: размер пригодных к орошению площадей, площадь земель с оросительной сетью (брутто и нетто), состав земельных угодий и их мелиоративное состояние. Водные ресурсы характеризуются общим размером стока и возможным водозабором в систему в годы различной водообеспеченности с выделением вегетационной части стока и разделением по видам источников и способам забора и подачи воды.

Для характеристики оборотных фондов могут также быть использованы различные технико-экономические показатели.

Однако в силу их небольшого удельного веса и незначительной роли все эти показатели могут в отдельных случаях не анализироваться. В последнем случае первая группа показателей будет отражать состав и размеры основных средств производства.

В целом первая группа показателей будет характеризовать потенциальные возможности оросительной системы (здесь и в дальнейшем под оросительной системой понимается все производство на орошаемых землях), т. е. то, чем располагает система. Эти возможности имеют вполне определенные размеры для каждой системы на данное время. Однако степень использования их может быть самой разнообразной, изменяясь как в отдельные периоды эксплуатации, так и по отдельным участкам системы, и будет зависеть не только от размеров и технического состояния средств производства, но и от характера их эксплуатации, организации работ, уровня агротехники, метеорологических условий года. Поэтому самостоятельную группу должны составить показатели использования средств производства.

Во вторую группу показателей — использование основных средств производства — войдут данные об использовании пропускной способности сооружений и каналов, мощности двигателей, коэффициенты использования рабочей времени, полезного действия каналов, земельного и водного использования. Кроме того, использование средств производства должно быть охарактеризовано показателями их продуктивности, т. е. размером продукции (в натуральном или стоимостном выражении), получаемой на единицу мощности (или стоимости) основных фондов, на единицу земельных и водных ресурсов.

Характер использования средств производства и производимые ежегодно затраты на мелиоративные и сельскохозяйственные работы определяют третью группу технико-экономических показателей — издержки производства. Удельные размеры последних, отнесенные к объему получаемой продукции, дают показатели ее себестоимости. В целом эта группа будет содержать издержки производства и себестоимость продукции. Сюда войдут показатели об общих и удельных размерах издержек, с разделением их на мелиоративные и сельскохозяйственные издержки по отдельным видам работ, по отдельным культурам. Себестоимость продукции может быть дана как по ведущей культуре, так и по всем другим культурам. Здесь же приводится себестоимость оросительной воды на различных участках ее транспортирования и использования.

Как уже отмечалось, всякое производство предполагает наличие труда человека. Поэтому одна из групп в системе технико-экономических показателей (четвертая) должна харак-

теризовать затраты труда и производительность труда. Сюда войдут показатели о количестве рабочих, занятых в производстве, о нагрузке поливных площадей на 1 рабочего, об общих и удельных затратах труда, о затратах труда на отдельных операциях, отдельных культурах. Производительность труда может быть показана как стоимостными, так и натуральными показателями в целом по земледелию, по отдельным отраслям производства и культурам, а также на отдельных видах работ и трудовых операциях.

Результатом производства является получение сельскохозяйственной продукции, все показатели о которой будут содержаться в пятой группе — количество и стоимость продукции. Сюда войдут показатели о валовом сборе продукции, ее стоимости, товарности, об урожайности, сортности, как в целом по земледелию, так и по отдельным отраслям производства, отдельным культурам, участкам и т. п.

Состав средств производства и характер их использования, произведенные издержки производства и размеры затраченного труда вместе с полученными объемами сельскохозяйственной продукции определяют результаты хозяйственной деятельности — показатели экономической эффективности, которые составят шестую группу в общей системе технико-экономических показателей. В эту группу войдут показатели об абсолютных и удельных размерах чистого дохода, об уровне рентабельности производства, коэффициенты эффективности (отношение чистого дохода к стоимости основных фондов), сроки окупаемости капиталовложений, затраченных на создание основных фондов.

В таблице 1 приводятся основные технико-экономические показатели для характеристики работы оросительной системы, даются обозначения и формулы, поясняющие взаимосвязь отдельных показателей.

Количество показателей в общем случае может быть как угодно велико: от самых обобщающих показателей в целом по производству до дифференцированных показателей по отдельным отраслям производства, отдельным хозяйствам, отдельным орошаемым массивам и культурам, видам работ и т. п. Степень детализации будет зависеть от задач проводимого анализа. Для самой общей, но всесторонней характеристики и оценки работы оросительной системы достаточно иметь по 2—3 показателя из каждой группы. В таблице 1 таких основных показателей, отмеченных звездочкой, 15.

Таблица 1

Система технико-экономических показателей для оценки работы оросительных систем

№ п. п.	Наименование показателей	Обозначения и расчетные формулы	Численные значения
<i>I группа показателей—состав и размеры основных средств производства</i>			
1	*Производственные основные фонды, млн. руб. . . . . в т. ч. мелиоративные, млн. руб. . . . . Сельскохозяйственные, млн. руб. . . . .	$ПОФ = ПОФ_{м.} + ПОФ_{с.х.}$	360
		$ПОФ_{м.}$	120
		$ПОФ_{с.х.}$	240
2	Площади, пригодные к орошению, тыс. га . . . . .	$\omega_{бр.}$	60
3	Площадь земель с оросительной сетью (брутто), тыс. га . . . . .	$\omega_{с. бр.}$	52
4	*Площадь земель с оросительной сетью (нетто), тыс. га . . . . .	$\omega_{с. нт.}$	50
5	Возможный водозабор в систему в год средней водоносности, млн. м <sup>3</sup> . . . . . *в том числе в вегетационный период, млн. м <sup>3</sup> . . . . .	$W$ $W_{в.}$	410 320
6	Водообеспеченность земель с оросительной сетью в год средней водоносности, % . . . . .	$\frac{W_{в.}}{\omega_{с. нт.}} \cdot 100$	160
<i>II группа показателей—использование основных средств производства</i>			
	*Продуктивность производственных основных фондов, руб/руб. . . . .	$Пр. = \frac{СВП}{ПОФ}$	0,44
8	Фактически поливаемая площадь (нетто), тыс./га . . . . .	$\omega_{п. нт.}$	40
9	Коэффициент земельного использования . . . . .	$КЗИ_1 = \frac{\omega_{с. нт.}}{\omega_{с. бр.}}$	0,96
10	Коэффициент использования земель под поливы . . . . .	$КЗИ_2 = \frac{\omega_{п. нт.}}{\omega_{с. бр.}}$	0,80
11	*Продуктивность земель с оросительной сетью, руб/га . . . . .	$\frac{СВП}{\omega_{с. бр.}}$	3150
12	Площадь посевов под ведущей культурой, тыс. га . . . . .	$\omega_{в.к.}$	15
13	Выход продукции ведущей культуры на 100 га пашни, т/100 га . . . . .	$\frac{ВП_{в.к.}}{\omega_{пш.}}$	8
14	Водозабор в голове системы, млн. м <sup>3</sup> . . . . .	$W_{г.}$	300
15	Коэффициент водозабора . . . . .	$\frac{W_{г.}}{W_{в.}}$	0,94

## Продолжение таблицы 1

№№ п.п.	Наименование показателей	Обозначения и расчетные формулы	Численные значения
16	Объем полезно использованной воды, млн. м <sup>3</sup> . . . . .	$W_{вт.}$	120
17	Коэффициент использования воды по системе . . . . .	$КИВ = \frac{W_{вт.}}{W_{г.}}$	0,40
18	*Продуктивность оросительной воды, руб./м <sup>3</sup> . . . . .	$\frac{СВП}{W_{г.}}$	0,53
<i>III. Группа показателей — издержки производства и себестоимость продукции</i>			
19	*Общие издержки производства, млн. руб. . . . . в т. ч. мелиоративные, млн. руб. . . . . Сельскохозяйственные, млн. руб. . . . .	$И = И_{м.} + И_{с.х.}$ $И_{м.}$ $И_{с.х.}$	120 160 104
20	*Издержки производства на 1 га поливаемой площади, руб/га . . . . . в т. ч. мелиоративные, руб/га . . . . . сельскохозяйственные, руб/га . . . . .	$\frac{И}{\omega_{п.вт.}}$ $\frac{И_{м.}}{\omega_{п.вт.}}$ $\frac{И_{с.х.}}{\omega_{п.вт.}}$	3000 400 2600
21	*Себестоимость продукции ведущей культуры, руб/ц	$\frac{И_{в.к.}}{ВП_{в.к.}}$	12
22	Себестоимость оросительной воды на поле, коп/м <sup>3</sup> . . . . .	$\frac{И_{м.}}{W_{вт.}}$	13
<i>IV. Группа показателей — затраты труда и производительность труда</i>			
23	Количество рабочих, занятых в производстве, тыс. чел. . . . .	$P$	8
24	Нагрузка поливных площадей на 1 работника, га/чел. . . . .	$\frac{\omega_{п.вт.}}{P}$	5
25	Общие затраты труда, тыс. чел.-дн. . . . . В т. ч. на мелиоративных работах, тыс. чел.-дн. . . . .	$ЗТ = ЗТ_{м.} + ЗТ_{с.х.}$ $ЗТ_{м.}$	3800 440
26	Удельные затраты труда на 1 га поливаемой площади, чел.-дн/га . . . . . В т. ч. по мелиоративным работам, чел.-дн/га . . . . . по сельскохозяйственным работам, чел.-дн/га . . . . .	$\frac{ЗТ}{\omega_{п.вт.}}$ $\frac{ЗТ_{м.}}{\omega_{п.вт.}}$ $\frac{ЗТ_{с.х.}}{\omega_{п.вт.}}$	95 11 84
27	Затраты труда по ведущей культуре, тыс. чел.-дн. . . . .	$ЗТ_{в.к.}$	1650



Продолжение таблицы 1

№ п.п.	Наименование показателей	Обозначения и расчетные формулы	Численные значения
28	Удельные затраты труда по ведущей культуре, чел-дн/га	$\frac{ЗТ_{в.к.}}{\omega_{в.к.}}$	110
29	*Производительность труда в земледелии, руб/чел.-дн	$\frac{СВП}{ЗТ}$	42
30	Производительность труда по ведущей культуре, руб/чел.-дн	$\frac{СВП_{в.к.}}{ЗТ_{в.к.}}$	55
<i>V группа показателей—количество и стоимость продукции</i>			
31	*Стоимость валовой продукции, млн. руб.	СВП	160
32	Стоимость товарной продукции, млн. руб.	СТП	136
33	Товарность продукции, %	$\frac{СТП}{СВП} \cdot 100$	85
34	Валовой сбор продукции ведущей культуры, тыс. ц.	ВП <sub>в.к.</sub>	4500
35	Стоимость валовой продукции ведущей культуры, млн.руб.	СВП <sub>в.к.</sub>	90
36	Урожайность ведущей культуры, ц/га	$\frac{ВП_{в.к.}}{\omega_{в.к.}}$	300
37	*Стоимость валовой продукции с 1 га поливаемой площади (нетто), руб/га	$\frac{СВП}{\omega_{п.нт.}}$	4000
38	Стоимость продукции ведущей культуры с 1 га поливаемой площади, руб/га.	$\frac{СВП_{в.к.}}{\omega_{в.к.}}$	6000
<i>VI группа показателей—экономическая эффективность</i>			
39	*Общие размеры чистого дохода, млн. руб.	ЧД = СВП - И	40
40	Удельный размер чистого дохода с 1 га поливаемой площади, руб/га	$\frac{ЧД}{\omega_{п.нт.}}$	1000
41	Удельный размер чистого дохода с 1 га площади с оросительной сетью (брутто), руб/га.	$\frac{ЧД}{\omega_{с.бр.}}$	768
42	*Уровень рентабельности, %	$У_p = \frac{ЧД}{И} \cdot 100$	33,3
43	*Коэффициент эффективности	$K_{эфф} = \frac{ЧД}{ПОФ}$	0,11
44	Срок окупаемости капиталовложений, затраченных на создание производственных основных фондов, лет	$t_{ок.} = \frac{ПОФ}{ЧД + A_{в.}}$	4,7

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Наименование показателей	Обозначения и расчетные формулы	Численные значения
45	Размер чистого дохода от ведущей культуры, <i>млн. руб.</i>	$ЧД_{в.к.} = СВ_{п.к.} - И_{в.к.}$	36
46	Удельный размер чистого дохода с 1 га ведущей культуры, <i>руб/га</i>	$\frac{ЧД_{в.к.}}{Ш_{в.к.}}$	2400
47	Уровень рентабельности по ведущей культуре, %	$\frac{ЧД_{в.к.}}{И_{в.к.}} \cdot 100$	66,7

Примечание: М — средневзвешенная плановая оросительная норма брутто;

А<sub>в</sub> — сумма ежегодных амортизационных отчислений на восстановление;

п — поливаемые;

м — мелкоративные;

с. х. — сельскохозяйственные;

в. к. — ведущая культура;

н. т. — нетто;

бр. — брутто;

с. — сеть;

в. — вегетационный;

г. — головной.

\* — основные обобщающие показатели.

Все дальнейшие показатели, применяемые для характеристики работы системы, являются производными от этих основных, будут углублять характеристику производства, раскрывать причинность численных размеров тех или иных из них, уточнять место их в производстве и другое.

В приведенной системе технико-экономических показателей объединяются стоимостные и натуральные показатели. Обобщающими и решающими показателями являются стоимостные, поскольку только они позволяют соизмерять результаты производства (натуральные показатели различной размерности и стоимостные). Правомерность и обоснованность использования стоимостных показателей как основных вытекает из действия в условиях социалистического производства закона стоимости.

#### ВЫЯВЛЕНИЕ РЕЗЕРВОВ ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Исчисление и анализ технико-экономических показателей работы оросительной системы позволят не только оценить достигнутые показатели эффективности ее работы, но и вскрыть имеющиеся резервы, наметить пути для вовлечения их в дей-

стве. В этом отношении первостепенное значение имеет анализ показателей второй группы.

Из приводимых в таблице 1 данных видно, что по оросительной системе не используются в орошении 10 тыс. га земель, имеющих оросительную сеть ( $KЗИ=0,80$ ). Низкий коэффициент использования оросительной воды ( $KИВ=0,40$ ) указывает на непроизводительное расходование ее и большие потери. Дифференциация показателей этой группы по отдельным районам системы, массивам, хозяйствам, звеньям сети и т. п. позволит выяснить участки с низкими  $KЗИ$  и  $KИВ$ , определить место и причины плохого использования средств производства.

Анализ показателей продуктивности в этой же группе позволяет отметить их невысокий уровень (табл. 1). Дифференцируя эти показатели, можно установить причину их невысокого уровня. Так, низкая продуктивность производственных основных фондов может быть обусловлена низким уровнем интенсивности земледелия, низкой урожайностью культур, низкими значениями  $KЗИ$ . Низкий уровень продуктивности почвы и воды также будет обусловлен этими причинами, однако влияние каждого фактора будет различным в различных условиях.

Анализ показателей третьей и четвертой групп укажет на возможности и пути снижения затрат труда и издержек производства. Возможности снижения затрат труда и издержек производства связаны с улучшением существующей техники полива и механизацией очистки каналов, с комплексной механизацией всех работ, улучшением организации производства.

Выявление и использование имеющихся резервов в орошаемом земледелии представляется в настоящее время одной из наиболее актуальных задач. Рост сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях в предстоящем семилетии предусматривается в значительной степени за счет использования их внутренних резервов. А эти резервы велики. По данным ЦСУ, в СССР в 1957 году поливалось только 65% земель, имеющих оросительную сеть, при этом неполиваемые земли составляли около 4 млн. га.

Особенно плохо обстоит дело с использованием орошаемых земель в Казахской ССР. Ежегодно в республике поливается немногим более половины земель с оросительной сетью.

	1957 год	1958 год	1959 год
Площадь земель с оросительной сетью, тыс. га . . . . .	2 054	2 045	2 068
Из них фактически поливалось, тыс. га . . . . .	1 054	1 045	1 118
% политых земель . . . . .	52	51	54

Как показали исследования КазНИИВХ, одной из основных причин плохого использования орошаемых земель является бесхозяйственное расходование оросительной воды, большие непроизводительные сбросы ее при поливе и транзитном прогоне, особенно в ночное время. Из 11,5 млрд. м<sup>3</sup> воды, забираемых ежегодно из источников орошения, полезно используется лишь 3,5—5,2 млрд. м<sup>3</sup>, или 30—45%. Все это ведет к недостатку воды на части посевных площадей, несоблюдению планового поливного режима, ухудшению мелиоративного состояния земель.

Огромный резерв в орошаемом земледелии Казахстана представляют возможности повышения урожайности сельскохозяйственных культур и повышение удельного веса на поливных землях наиболее интенсивных культур.

Примитивная техника полива (дикий напуск) без соблюдения научно обоснованного поливного режима при низком уровне агротехники в значительной мере определяют низкую урожайность сельхозкультур. Так, урожайность свеклы на поливных землях в последние годы составляла 250—270 ц/га, снижаясь по отдельным областям до 190—200 ц/га. В то же время передовые хозяйства и бригады при соблюдении правильного поливного режима и агротехники получают урожай свеклы по 500—800 ц/га.

Среди посевов на поливных землях республики до настоящего времени преобладают малоценные культуры. Третью часть всех поливных площадей занимают посевы зерновых и более четверти площадей занято кормовыми культурами. На долю интенсивных культур (технические, сады и ягодники, овоще-бахчевые) приходится немногим более четверти поливных земель. В то же время известно, что наибольшие размеры чистого дохода и более высокий уровень рентабельности обеспечивается от свеклосеяния, садоводства, виноградарства и овощеводства. Возделывание же зерновых и кормовых культур либо дает ничтожные доходы, либо даже оказывается убыточным делом. Так, по совхозам бывшей Талды-Курганской области в среднем за 5 лет (1951—1956 годы) себестоимость зерна на богаре составляла 32,80 руб/ц, а в условиях орошаемого земледелия — 51,03 руб/ц.

При анализе работы конкретных оросительных систем и их отдельных участков может быть установлено районирование их территории по технико-экономическим показателям. Оросительные системы, как правило, занимают обширные территории, с многообразными природно-хозяйственными особенностями отдельных районов. Это находит свое отражение в различных размерах производственных фондов и их техническом состоянии, в различной продуктивности земель, производительности труда и т. п.

Районирование орошаемых территорий по технико-экономическим показателям позволит более обоснованно решать вопросы внедрения новой техники орошения, определить масштабы и очередность работ.

### **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УЛУЧШЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ И ВНЕДРЕНИЯ НОВОЙ ТЕХНИКИ ОРОШЕНИЯ**

В вовлечении в действие резервов орошаемого земледелия большая роль принадлежит мероприятиям по улучшению существующей и внедрению новой техники орошения.

Улучшение существующей и внедрение новой техники орошения сопряжено с дополнительными капиталовложениями, поэтому решение об эффективности таких мероприятий связано с общей проблемой эффективности капиталовложений и новой техники.

Методика оценки эффективности капиталовложений и новой техники в орошаемом земледелии должна строиться на базе общей методики оценки эффективности капиталовложений в народном хозяйстве СССР. Первой такой методикой была «Временная типовая методика определения эффективности внедрения техники» (1956 год), замененная позже (1959 год) новой типовой методикой, разработанной на основе рекомендаций Всесоюзной научно-технической конференции по проблемам экономической эффективности капитальных вложений и новой техники (1958 год).

Основным критерием экономической эффективности капитальных вложений и новой техники на конференции был признан показатель производительности общественного труда. Однако практическое использование этого показателя для расчетов встречает затруднения. В масштабах всего народного хозяйства показателем, отражающим уровень производительности общественного труда, может быть коэффициент народнохозяйственной эффективности капиталовложений, определяемый как отношение прироста национального дохода к сумме капиталовложений, вызвавших этот прирост. В разрезе же отдельных отраслей и предприятий этот показатель не может быть определен, так как национальный доход по отраслям и на предприятиях не исчисляется. Поэтому для конкретных отраслевых расчетов рекомендовалось использовать ряд технико-экономических показателей, которые в целом должны полнее отражать показатель производительности общественного труда.

Для практических расчетов целый ряд авторов предлагает определенным образом систематизировать технико-экономические показатели. Предлагается также учитывать и такие факто-

ры, как улучшение условий труда, укрепление обороноспособности страны и др.

В результате балансовых расчетов при планировании капиталовложений в разрезе народного хозяйства СССР обеспечивается планомерное, пропорциональное развитие отраслей народного хозяйства, определяются приросты объемов продукции, которые должны быть обеспечены за счет капиталовложений. Таким образом, в задачу отраслевых расчетов по экономической эффективности капиталовложений будет входить выбор наиболее экономичных технических решений, обеспечивающий выполнение поставленных перед данной отраслью конкретных задач. Для таких расчетов достаточно использовать технико-экономические показатели, характеризующие данное производство, связанное с получением конечной продукции либо сырья.

Одной из основных задач сельскохозяйственного производства на орошаемых землях в предстоящем семилетии является резкое увеличение производства продукции, прежде всего, хлопка-сырца и сахарной свеклы. Выбор мелиорируемых объектов и технических мероприятий по решению этой задачи должен быть экономически обоснован.

Оценка экономической эффективности мероприятий по улучшению существующей и внедрению новой техники орошения на действующих оросительных системах имеет свои особенности, основные из которых связаны со следующим.

Водохозяйственные мероприятия чаще всего оказывают влияние на многие стороны производства, при этом влияние одних и тех же технических средств, применяемых в различных системах и даже в различных участках одной системы, может быть самым различным. Эффективность водохозяйственных мероприятий будет в сильной мере зависеть от конкретных технико-экономических показателей производства, сложившихся на данной системе или ее участке. Часто осуществление новых мероприятий на системе связано с уничтожением, реконструкцией существующих производственных фондов, технически еще способных выполнять свои функции. Причем целый ряд технических преимуществ новых мероприятий может не проявиться и не будет полностью использован при применении их на действующих системах.

Поэтому в самом общем случае оценка эффективности улучшения существующей и внедрения новой техники орошения на действующих оросительных системах может быть сделана исходя из учета того влияния, которое оказывает данное мероприятие на весь производственный процесс в целом.

При этом основными показателями для суждения об эффективности будут следующие: удельный размер дополнительных капиталовложений (из 1 группы в рассмотренной ранее

системе технико-экономических показателей) и их продуктивность (из II группы), себестоимость продукции (из III группы), производительность труда (из IV группы), прирост продукции (из V группы) и срок окупаемости капиталовложений (из VI группы).

В таблице 2 в качестве примера приводится оценка эффективности дополнительных капиталовложений в размере 2 500 руб/га (по посевам свеклы), связанных с внедрением новой техники орошения. Из приведенных данных видно, что достигается высокая продуктивность капиталовложений, 0,84 руб/руб. (в 1,5—2 раза выше, чем по ряду объектов нового ирригационного строительства), на 20% снижается себестоимость продукции, на 60% возрастает производительность труда, на 33% увеличивается выход продукции. Вкладываемые средства окупаются дополнительно получаемым чистым дохо-

Таблица

Показатели эффективности дополнительных капиталовложений по внедрению новой техники орошения

Группа	Наименование показателей	Существующие показатели	При внедрении новой техники	
			показатели	изменения показателей
I	Дополнительные капиталовложения, руб/га*	—	2500	+ 2500
II	Продуктивность дополнительных капиталовложений, руб/га*	—	—	0,84
III	Издержки производства, руб/га *	4500	4800	+ 300
III	Себестоимость продукции, руб/ц*	15	12	- 3(на 20%)
IV	Затраты труда, чел.дн/га	90	75	- 15
IV	Производительность труда, руб/чел.дн. *	70	112	+42(на60%)
V	Урожайность, ц/га	300	400	+ 100
V	Стоимость продукции, руб/га *	6300	8400	+ 2100 (на 33%)
VI	Чистый доход, руб/га	1800	3600	+ 1 800
VI	Срок окупаемости дополнительных капиталовложений, лет*	—	2 500	
			1 800 + 160**	=1,3 года

Примечания: \*\* 160 — увеличение размера ежегодных амортизационных отчислений на восстановление в рублях на гектар.  
\* Основные показатели для суждения об эффективности.



дом за 1,3 года. Рассматриваемое мероприятие, следовательно, является высокоэффективным.

В решениях XXI съезда КПСС подчеркивается первостепенное значение наиболее эффективных направлений капиталовложений, позволяющих при меньших затратах средств наращивать производственные мощности и увеличивать в наиболее короткие сроки выпуск продукции при повышении производительности труда и снижении себестоимости. Капиталовложения, вкладываемые в водохозяйственные мероприятия, должны, таким образом, помимо снижения себестоимости продукции, роста производительности труда, быстрого возврата капиталовложений обеспечить их высокую продуктивность, т. е. получение возможно большего количества дополнительной продукции на единицу вкладываемых средств. В связи с этим при оценке мероприятий по улучшению существующей и внедрению новой техники орошения особенно важно правильно установить влияние новых технических приемов на размер валовых сборов продукции, т. е. влияние на продуктивность земель, их мелиоративное состояние, урожайность культур, коэффициенты земельного и водного использования.

Рассмотренные основные положения по технико-экономической оценке работы оросительных систем и эффективности капиталовложений в водохозяйственные мероприятия не исчерпывают всех вопросов этой проблемы. Однако приведенная методика этих расчетов, по нашему мнению, поможет в практическом решении ряда водохозяйственных вопросов и исключает самую возможность необъективной, односторонней оценки отдельных мероприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бурлаков Ю. М. Экономическая эффективность возделывания сахарной свеклы в Талды-Курганской обл. Вестник с.-х. науки, 5—6, 1958, КазАСХН, Алма-Ата.
2. Вопросы экономической эффективности новой техники в строительстве, Госстройиздат, 1958.
3. Воропаев Г. В. Еще к вопросу о технико-экономическом обосновании способов орошения. Журн. «Сельское хозяйство Узбекистана», № 6, 1959.
4. Всесоюзная научно-техническая конференция по проблемам определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники в народном хозяйстве СССР. Журн. «Вопросы экономики», № 9, 1958.
5. Зузик Д. Т. Вопросы технико-экономического обоснования проектов мелиоративного строительства. Журн. «Гидротехника и мелиорация», № 7, 1954.
6. Зузик Д. Т. Система технико-экономических показателей для обоснования проектов мелиоративного строительства. Журн. «Гидротехника и мелиорация», № 4, 1957.
7. Зузик Д. Т. Экономика водного хозяйства, учебник, Сельхозгиз. М., 1959.



8. Консон А. С. Экономическая эффективность новой техники. Госполитиздат, 1958.

9. Овчинников А. Об экономической эффективности капиталовложений в ирригационное строительство, Журн. «Вопросы экономики», № 6, 1957.

10. Отчет по разделу № I «Современное состояние и причины неудовлетворительного использования орошаемых земель», КАЗНИИВХ, 1958 г., Алма-Ата.

11. Усык М. Система основных показателей эффективности капитальных вложений, Журн. «Вопросы экономики», № 4, 1958.

12. Хачатуров Т. Методологические вопросы определения экономической эффективности капитальных вложений, Журн. «Плановое хозяйство», № 8, 1959.

13. Ходасевич Б. Г. О методике расчета экономической эффективности мелиоративных мероприятий, Журн. «Гидротехника и мелиорация», № 12, 1959.

14. Черный Г. А. Об экономическом обосновании и оценке эффективности капитальных вложений в мелиоративное строительство, Журн. «Гидротехника и мелиорация», № 10, 1959.

**ТРУДЫ**  
**ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА**

1960

Том II

**РАБОТЫ СОТРУДНИКОВ КАЗАХСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВА-**  
**ТЕЛЬНОГО ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА,**  
**ОПУБЛИКОВАННЫЕ В ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ**

**В 1957—1959 ГОДАХ**

**ОБЩИЕ ВОПРОСЫ**

Бегалиев Г. Б. (соавтор). Водные ресурсы Кокчетавской области и их использование. Труды ГГИ, вып. 3, Л. 1959.

Бегалиев Г. Б., Шимкевич Г. Л. (соавтор). Водные ресурсы Акмолинской области и их сельскохозяйственное использование. Труды ГГИ, вып. 1, Л. 1958.

Бегалиев Г. Б. (соавтор). Водохозяйственные мероприятия по Акмолинской области. «Система ведения сельского хозяйства в Акмолинской области», Казгосиздат, Алма-Ата, 1958.

Беркалиев З. Т. Гидрологический режим рек центрального, северного и западного Казахстана. Изд. АН КазССР, Алма-Ата, 1959.

Беркалиев З. Т. Основные итоги гидрологических исследований поверхностного стока на территории Казахстана. Труды института энергетики АН КазССР, т. II, Алма-Ата, 1959.

Беркалиев З. Т. Водные ресурсы Талды-Курганской области. Вестник сельскохозяйственной науки. Изд. Казахской Академии с-х. наук, № 5—6, 1958.

Беркалиев З. Т. Гидрологический режим рек Центрального Казахстана. Труды Карагандинской выездной сессии АН КазССР, Алма-Ата, 1959.

Горюнов Н. С. (соавтор). Водохозяйственные мероприятия по Гурьевской области. «Система ведения сельского хозяйства в Гурьевской области». Казгосиздат, Алма-Ата, 1958.

Горюнов Н. С., Турбин А. Г., Мухамеджанов К. М. и Бегалиев Г. Б. Водохозяйственные мероприятия по Казахской ССР. «Система ведения сельского хозяйства Казахской ССР». Казгосиздат, Алма-Ата, 1959.

Горюнова А. И., Агапова Г. М. Биологический режим водохранилищ Центрального Казахстана. Труды VI совещания по проблемам биологии внутренних вод. Изд. АН СССР, 1959.

Горюнова А. И. Материалы к гидрофауне водоемов дельты р. Или. Сб. работ по ихтиологии и гидробиологии, вып. II, 1959.

Загумецкий А. И. Полевые исследования элементов водного баланса. Изв. Ан КирССР, Фрунзе, 1959.

Тепляков И. Н. (соавтор). Водохозяйственные мероприятия по Павлодарской области. «Система ведения сельского хозяйства в Павлодарской области». Казгосиздат, Алма-Ата, 1958.

Тепляков И. Н. К вопросу оценки ущербов, вызываемых ограничениями в подаче воды промышленным предприятиям. Вестник АН КазССР, Алма-Ата, № 6, 1958.

Тепляков И. Н. Ущерб гидрэнергосистем при учете глубины дефицита энергии. Труды совещ. по проблемам параметров ГЭС и комплексному использованию стока. Изд. АН ГрузССР, Тбилиси, 1958.

#### ПРАВИЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ И МЕЛИОРАЦИЯ

Абишев Т. К. (соавтор). Влияние влагозарядковых поливов и сроков их проведения на урожай озимой пшеницы. Бюл. «Передовой опыт в с/х Казахстана». Изд. МСХ КазССР, № 8, 1958.

Абишев Т. К. (соавтор). Влагозарядковые поливы — важный агротехнический прием. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 9, 1959.

Абишев Т. К. Применяйте совершенные способы полива. Плакат. Упр. пропаганды и науки МСХ КазССР, Алма-Ата, 1959.

Абишев Т. К. Что дают влагозарядковые поливы (на примере колхоза «Кзыл-Ту»). Плакат. Изд. МСХ КазССР, Алма-Ата, 1959.

Баденко И. И. Опыт промывок засоленных земель, Журн. «Доклады Казахской Академии с.-х. наук», вып. 2, 1958.

Баденко И. И. Мелиорация и использование засоленных земель. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 9, 1959.

Бегалиев Г. Б. Оазисное орошение пустыни Бетпак-Дала. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 11, 1958.

Горюнов Н. С. Применение гумусовых веществ в борьбе с фильтрацией воды из каналов. Научные записки Кишиневского сельхозинститута, том XI, Кишинев, 1957.

Горюнов Н. С. Орошение садов в Приднестровье. Журн. «Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии», № 3, 1957.

Горюнов Н. С. Орошение посевов сахарной свеклы. Биб-ка «В помощь свекловодам Казахстана», Казгосиздат, Алма-Ата, 1959 г.

Горюнов Н. С., Абишев Т. К. Орошение кукурузы на юге Казахстана, Журн. «Кукуруза», № 6, 1959.

Горюнов Н. С., Абишев Т. К. Режим орошения и способы полива кукурузы. Ж. «Сельское хозяйство Казахстана», № 6, 1959.

Горюнов Н. С. Орошение сахарной свеклы на юге Казахстана. Журн. «Сахарная свекла», № 7, 1958.

Горюнов Н. С. Борьба с потерями воды из оросительных каналов. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 2, 1958.

Горюнов Н. С. Увлажнение почвы в зимне-весенний период. Бюл.

«Передовой опыт в сельском хозяйстве Казахстана». Изд. МСХ КазССР, Алма-Ата, № 2, 1958.

Горюнов Н. С. Борьба с засолением и заболачиванием орошаемых земель. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 6, 1958.

Горюнов Н. С. О причинах засоления почвы, Журн. «Хлопководство», № 8, 1958.

Горюнов Н. С. Передовой способ орошения на колхозные поля. Бюл. Передовой опыт в с. х. Казахстана. Изд. МСХ КазССР, Алма-Ата, № 7, 1958.

Горюнов Н. С. Режим орошения технических и других культур «Система ведения сельского хозяйства в Казахстане», Казгосиздат, Алма-Ата, 1959.

Носенко В. Ф. Переносный поливной трубопровод. Журн. «Сельское хоз-во Казахстана», № 1, 1958.

Носенко В. Ф. Передовые способы полива на поля Казахстана. Казгосиздат, Алма-Ата, 1958.

Петрунин В. М. Опыт возделывания сахарной свеклы в Восточно-Казахстанской области. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 7, 1959.

Турбин А. Г., Абишев Т. К. Влагозарядковые поливы (эффективность влагозарядковых поливов и методы их проведения). Плакат, МСХ КазССР, Алма-Ата, 1959.

Турбин А. Г. Эффективность влагозарядковых поливов. Журн. «Сельское хозяйство Сибири», № 9, 1959.

Турбин А. Г. Эффективность нарезки временных оросителей с противофильтрационными мероприятиями. Вестник Каз. Академии с.-х. наук, № 12, 1959.

#### ЛИМАННОЕ ОРОШЕНИЕ

Горюнов Н. С., Ким Ф. Н. Мелководные лиманы. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 2, 1957.

Горюнов Н. С. Лиманное орошение лугов и пастбищ. Журн. «Наука и передовой опыт в сельском хозяйстве», № 6, 1958.

Горюнов Н. С. Что дает лиманное орошение колхозам. Журн. «Колхозное производство», № 9, 1958.

Горюнов Н. С. Орошение лугов и пастбищ в условиях Казахстана. Журн. «Земледелие», № 11, 1958.

Горюнов Н. С. Определение продолжительности затопления искусственных лиманов, Журн. «Доклады ВАСХНИИЛ», № 6, 1959.

Горюнов Н. С. Оттаивание почвы под водой и продолжительность затопления лиманов. Журн. «Доклады Каз. Академии с.-х. наук», № 2, 1959.

Горюнов Н. С. Режим орошения лиманов в Казахстане. Инф. Сб. Главводхоза при Совете Министров КазССР, № 1, 1959.

Горюнов Н. С. Лиманное орошение в Казахстане — как средство борьбы с засухой. «Вопросы земледелия и борьбы с эрозией почв в степных и лесостепных районах СССР», том II, Саратов, 1959.

Ким Ф. Н. Режим затопления пойменных лиманов в условиях по-

лупустынной зоны Западного Казахстана. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 2, 1959.

Ким Ф. Н. Лиманное орошение повышает сбор кормов. Журн. «Колхозное производство», № 6, 1959.

Ким Ф. Н., Бегалиев Г. Б. Прибор для отбора образцов почв под водой. Журн. «Доклады Каз. Академии с/х наук», вып. 2, 1959.

Сабиров М. С. Устройство склоновых мелководных лиманов. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 3, 1958.

Сабиров М. С. Лиманы — дополнительный источник кормов. Изд. МСХ КазССР, Алма-Ата, 1958.

Сабиров М. С. Искусственные лиманы. Казгосиздат (на каз. языке), Алма-Ата, 1959.

Сабиров М. С. Лиманы — важный источник увеличения производства кормов. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 8, 1959.

Сабиров М. С. Мелководные ярусные лиманы и их устройство. Изд. МСХ КазССР (на каз. яз.), Алма-Ата, 1959.

Сабиров М. С., Ким Ф. Н. Временная инструкция по эксплуатации систем лиманного орошения в Казахстане. Изд. Главводхоза при Совете Министров Каз.ССР, Алма-Ата, 1959.

Сабиров М. С. Лиманное орошение. «Пути расширения кормовой базы в Казахстане» Казгосиздат, Алма-Ата, 1959.

#### ОБВОДНЕНИЕ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Бегалиев Г. Б., Шимкевич Г. Л. Поверхностные воды пустыни Бетпак-Дала на службу животноводству. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 8, 1959.

Бегалиев Г. Б. Копань — дешевый и доступный вид искусственного водоема. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 1, 1958.

Бегалиев Г. Б., Сабиров М. С. Пути обводнения сезонных пастбищ Казахстана. Изд. МСХ КазССР, Алма-Ата, 1958.

Бегалиев Г. Б. Приемы устройства русловых копаней. Техн. бюллетень МСХ КазССР, Алма-Ата, № 11, 1958.

Константинов Б. В. Всемерно ускорять освоение Бетпак-Далинского комплекса пастбищ. Журн. «Овцеводство», № 1, 1959.

Константинов Б. В. Обводнение скотопроегонных трасс. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 9, 1958.

Константинов Б. В. Способы водоснабжения на пастбищах и их экономическая эффективность. Журн. «Доклады Каз. Академии с.-х наук», № 3, 1958.

Константинов Б. В. Обводнение Бетпак-Далинского комплекса пастбищ. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 2, 1957.

Сабиров М. С., Бегалиев Г. Б. Приемы использования малодебитных подземных вод для водоснабжения. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 9, 1958.

Сабиров М. С., Бегалиев Г. Б. Пути к обводнению сезонных пастбищ. Изд. МСХ КазССР, Алма-Ата, 1958.

Саби́ров М. С., Бегалиев Г. Б. Пути и методы обводнения и водоснабжения в Казахстане. Изд. МСХ КазССР, Алма-Ата, 1958.

Самохвалов А. М. Водохозяйственное освоение пустынных территорий Казахстана для развития отгонного животноводства. «Вопросы освоения пастбищных земель в полупустынных и пустынных районах СССР», Изд. АН СССР, М.—Л., 1957.

Самохвалов А. М. Водохозяйственные вопросы зерновых совхозов. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 3, 1957.

Самохвалов А. М. Водные ресурсы пастбищных территорий Казахстана, их особенности и методы использования для развития животноводства. «Пути расширения кормовой базы в Казахстане». Казгосиздат, Алма-Ата, 1959.

Самохвалов А. М. Поверхностные водные ресурсы. «Система ведения сельского хозяйства в КазССР», Казгосиздат, 1959.

Секретарев Г. С. Как построить наливной бассейн. Техн. бюллетень. Изд. МСХ КазССР, Алма-Ата, № 12, 1958.

Тепляков И. Н., Федин Н. Ф. Районирование Акмолинской области по характеру источников водоснабжения. Журн. «Доклады Каз. Академии с.-х. наук», вып. 3, 1958.

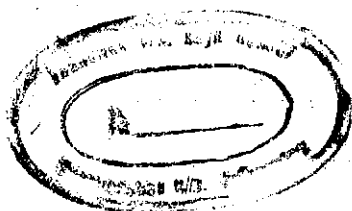
Тепляков И. Н. (соавтор) Технико-экономическое сравнение искусственных водоемов. Журн. «Сельское хозяйство Казахстана», № 11, 1959.

Шимкевич Г. Л. Использование местного стока пустыни Бетпак-Дала. Инф. бюл. гидрометеослужбы КазССР, № 10, 1959.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
<i>З. Т. Беркалиев, Н. С. Горюнов.</i> Основные итоги водохозяйственных исследований в Казахстане . . . . .	3
<i>А. Г. Турбин.</i> Методика определения коэффициента полезного действия временных оросителей при работе одной выводной борозды . . . . .	10
<i>И. Н. Тепляков, В. Ф. Носенко, Р. Кван.</i> Использование поливной воды в Георгиевской оросительной системе . . . . .	25
<i>В. Ф. Носенко.</i> Особенности и пути улучшения техники бороздкового полива в предгорьях Казахстана . . . . .	53
<i>В. М. Петрунин.</i> О физиологических показателях для установления сроков полива кукурузы . . . . .	75
<i>Т. К. Абишев.</i> Эффективность влагозарядковых поливов при возделывании озимой пшеницы и кукурузы в Алма-Атинской области . . . . .	81
<i>Н. С. Горюнов.</i> Динамика солей в почве при аэрационном дренаже . . . . .	89
<i>И. И. Баденко.</i> Сельскохозяйственное освоение засоленных земель . . . . .	94
<i>А. Джаныбеков.</i> Водно-физические свойства почв Алакульского района Алма-Атинской области . . . . .	106
<i>А. И. Загуменный.</i> Определение запасов почвенной влаги при балансовых расчетах . . . . .	111
<i>З. Т. Беркалиев.</i> Гидрологические условия водохозяйственного использования рек в районах освоения целинных земель и пастбищных территорий Казахстана . . . . .	117
<i>Н. Ф. Федин, Г. Л. Шимкевич.</i> Водные ресурсы Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ . . . . .	129
<i>Г. Б. Бегалиев.</i> Обводнение Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ . . . . .	175
<i>Н. В. Владимиров, И. Н. Тепляков.</i> Подземные воды Акмолинской области и возможности их использования для нужд сельского хозяйства . . . . .	205
<i>Г. С. Секретарев.</i> Водный баланс искусственных водоемов Акмолинской области . . . . .	227
<i>Н. С. Горюнов, М. С. Сабиров, Ф. Н. Ким.</i> Режим затопления искусственных лиманов в Казахстане . . . . .	237

<i>Г. М. Агапова.</i> Гидрохимическая характеристика некоторых озер Кустанайской области . . . . .	256
<i>А. И. Горюнова.</i> Рыбные ресурсы некоторых степных озер Кустанайской области . . . . .	271
<i>И. Н. Тепляков.</i> О методике сопоставления вариантов энергоснабжения . . . . .	309
<i>Г. В. Воропаев.</i> Вопросы технико-экономической оценки работы оросительных систем и отдельных водохозяйственных мероприятий . . . . .	325
Работы сотрудников Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства, опубликованные в периодической печати в 1957—1959 гг. . . . .	340





**ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ**

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
10	13 снизу	$\eta = \frac{W_r \Sigma \Delta W}{W_r} = 1 - \frac{\Sigma \Delta W}{W_r}$	$\eta = \frac{W_r - \Sigma \Delta W}{W_r} = 1 - \frac{\Sigma \Delta W}{W_r}$
13	4 сверху	$c_t$	$t$
37	2 сверху	$S_0 = 25\sqrt{Q}$	$S_0 = 23\sqrt{Q}$
115	22 сверху	запас влаги в балансовом слое при глубине грунтовых вод.	запас влаги в балансовом слое $h_0$ при глубине грунтовых вод
137	2 сверху	замедление снега	замедление таяния снега
137	20 снизу	$(1 + 0,72 W_{200})$	$(1 + 0,72 W_{200})$
141	2 снизу	пропущен пункт IVa)	IVa) — Низкогорья и высокий мелкопочник
	между III в) и IV б)		
160	2 сверху	аллювиального	элювиального
163	3 сверху	размеров	разломов
167	подпись под рис. 8	внд верхнемеловых отложений	вод верхнемеловых отложений
199	15 сверху	$V_0 = QT : N$	$V_0 = QT : N$
199	4 снизу	$V_3 = \frac{\pi h n_p}{4}$	$V_3 = \frac{\pi h n_p}{4}$
199	4 снизу (конец)	$+ \frac{\pi h d^3}{4}$	$+ \frac{\pi h d^3}{4}$
199	1 снизу	$= \sqrt{\frac{4V_0}{\pi h n_p}}$	$+ \sqrt{\frac{4V_3}{\pi h n_p}}$
202	8 сверху	$= 2500, м^3$	$\infty 2500 м^3$
229	5,6 колонки таблицы	515   1,22	565   1,12
268	27 снизу	1000 мг/г	1000 мг/кг
268	10 снизу	$S_{Na} 2,8$ $S_I 1,5$	$S_{Na} 2,8$ $S_I 1,5$
275	7 снизу	Birgsei	Birgei
278	4 сверху	Tendens	Tendipes
311	15 сверху	$S_{нк} = \frac{\Sigma I_{нкi} + \Sigma P_{oi} K_i - \Sigma M(I_{уi})}{\Theta}$	$S_{нк} = \frac{\Sigma I_{нкi} + \Sigma P_{oi} K_i + \Sigma M(I_{уi})}{\Theta}$
313	16 сверху	$У_{пр} = \frac{\eta_a I_a + \eta_n I_n + I_{нр}}{\Theta_1}$	$У_{пр} = \frac{\eta_a I_a + \eta_n I_n + I_{нр}}{\Theta_1}$
319	12 сверху	$\Theta_1, катч$	$\Theta_1, катч$
319	18 сверху	( $I_n$ )	( $I_{нс}$ )
320	16 снизу	на рис. 1 приведена сравнительная диаграмма показателей $У_{нк}^{мак}$	Диаграмма из книги исключена
321	9 снизу	вызываемая	вызываемых
322	в заголовке табл. 1, гр. 3	(катч) тыс. руб.	(катч. тыс. руб)
322	в заголовке табл. 1, гр. 4	катч. чел. час	(катч. чел. час)
322	4 снизу, в 6 гр.	0,001	0,01
323	в заголовке табл. 1, над гр. 5, 6, 7, 8	руб (катч)	руб/катч
326	13 сверху	Т. Д. Зузик	Д. Т. Зузик
329	15 снизу, 2 гр.	тыс/га	тыс. га
330	16 снизу 4 гр.	160	16

**ТРУДЫ  
ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА**

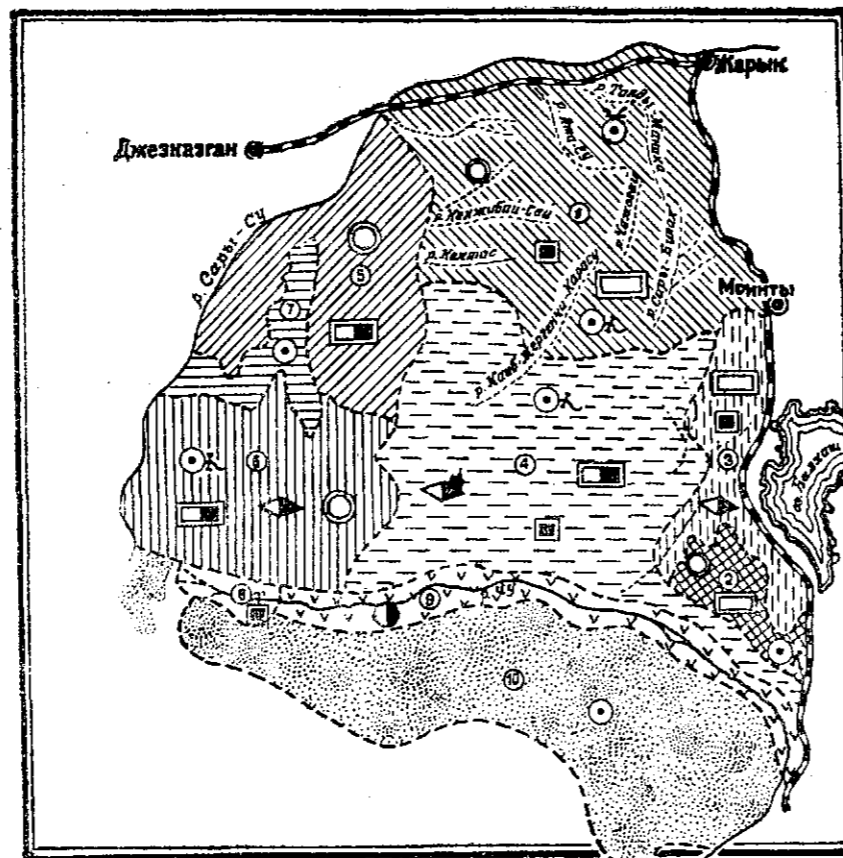
Редактор *Л. В. Ильяшенко*. Худож. редактор *П. Л. Дубров*.  
Технич. редактор *А. Кузембаева*. Корректор *Е. С. Жукова*.

---

Сдано в набор 15/IV — 1960 г. Подписано к печати 18/X — 1960 г.  
Формат  $60 \times 92 \frac{1}{16} = 21,75 \times 23,9$  п. л. (27,6 уч.-изд. л.)  
Тираж 1500. УГ006448. Изд. № 173.  
Казгосиздат, г. Алма-Ата, ул. Панфилова, 143.  
Цена с л. I.-1961 г. 1 р. 53 к. (15 р. 30 к.).

---

Заказ № 820. Полиграфкомбинат Главиздата Министерства культуры  
КазССР, г. Алма-Ата, ул. Пастера, 39.



- Шахтный колодец с креплением из ж-б колец, фильтры из пористого бетона. Применяется в песчаных и супесчаных грунтах.
- Шахтный колодец с каменной засыпкой. применяется в устойчивых грунтах.
- Колодец большой емкости в водонасыщенной части. Применяется при эксплуатации малодебитных водонсытых грунтов, залегающих на глубине до 6 метров.
- Шахтный колодец с гравитационным фильтром. Применяется в песчаных и глыбуных грунтах.
- Такырная копань
- Русловая копань
- Каттаж восходящих источников
- Каттаж нисходящих источников
- Перевозка воды на автомашине
- Артезианский колодец
- Границы районов обводнения
- Реки и озера
- Железные дороги

**Условные обозначения:**

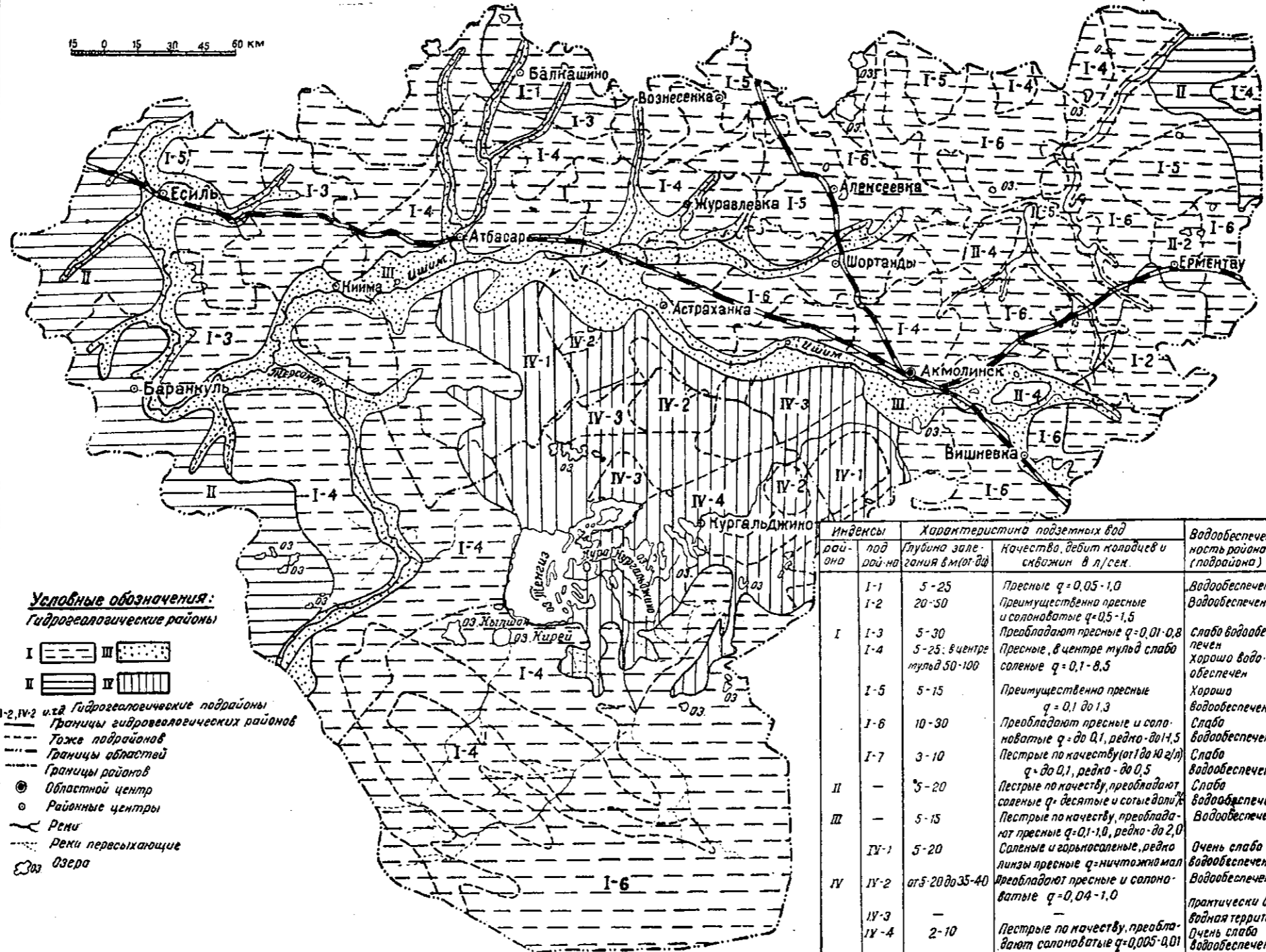
- Родниково-колодезно-прудовое (копань) и речное водоснабжение... ①
- Родниково-колодезное водоснабжение..... ②
- Колодезно-прудовое (копань) водоснабжение..... ③
- Такырно-колодезно-родниковое водоснабжение..... ④
- Такырно-колодезное водоснабжение..... ⑤
- Колодезно-такырное и родниковое водоснабжение..... ⑥
- Колодезное водоснабжение..... ⑦
- Водоснабжение за счет артезианских вод..... ⑧
- Речное и колодезное водоснабжение..... ⑨
- Колодезно-озерное водоснабжение..... ⑩

Рис. 3. Схематическая карта Бетпак-Далинского комплекса сезонных настьбищ с размещением проектируемых сооружений.

ТВО

ИКА  
ОБ-  
ИЯ  
ЗА-  
О-  
И-  
ИИ  
И-  
ИИ  
И-  
А-  
А-  
З-  
К-  
В-  
И

15 0 15 30 45 60 км



**Условные обозначения:**  
Гидрогеологические районы

I [Symbol] III [Symbol]  
II [Symbol] IV [Symbol]

I-2, IV-2 и т.д. Гидрогеологические подрайоны  
Границы гидрогеологических районов

Границы подрайонов  
Границы областей  
Границы районов

Областной центр  
Районные центры

Реки  
Реки пересыхающие  
Озера

Индекс рай- она	Глубина зале- ганья в м (от дп)	Характеристика подземных вод		Водообеспече- ность района (подрайона)
		Качество	Дебит колодцев и скважин в л/сек	
I	I-1	5-25	Пресные $q = 0,05-1,0$	Водообеспечен
	I-2	20-50	Преимущественно пресные и солоноватые $q = 0,5-1,5$	Водообеспечен
	I-3	5-30	Преобладают пресные $q = 0,01-0,8$	Слабо водообес- печен
	I-4	5-25; в центре тульд 50-100	Пресные, в центре тульд слабо солёные $q = 0,1-0,5$	Хорошо водо- обеспечен
	I-5	5-15	Преимущественно пресные $q = 0,1$ до 1,3	Хорошо водообеспечен
	I-6	10-30	Преобладают пресные и соло- новатые $q =$ до 0,1, редко - до 1,5	Слабо водообеспечен
	I-7	3-10	Пестрые по качеству (от 1 до 10 г/л) $q =$ до 0,1, редко - до 0,5	Слабо водообеспечен
II	5-20	Пестрые по качеству, преобладают солёные $q =$ десятки и сотни г/л	Слабо водообеспечен	
III	5-15	Пестрые по качеству, преоблада- ют пресные $q = 0,1-1,0$ , редко - до 2,0	Водообеспечен	
IV	IV-1	5-20	Солёные и гальносолёные, редко лишь пресные $q =$ ничтожно мал	Очень слабо водообеспечен
	IV-2	от 5 до 35-40	Преобладают пресные и солоно- ватые $q = 0,04-1,0$	Водообеспечен
	IV-3	-	-	Практически без- водная территория
	IV-4	2-10	Пестрые по качеству, преобла- дают солоноватые $q = 0,005-0,01$	Очень слабо водообеспечен
IV-4	2-10	Пестрые по качеству, преоблада- ют солоноватые $q = 0,005-0,01$	Очень слабо водообеспечен	

Таблица 1

## Химический состав воды некоторых озер Кустанайской области

Озера	Пункт	Дата	pH	Жест- кость, мг-экв/л	Сумма ионов, г/л	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> % сух	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na+K <sup>+</sup>	Fe <sup>+++</sup> с Al <sup>+++</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> г/л	Ca <sub>1</sub>	Mg <sup>++</sup>	Na+K <sup>+</sup>	Fe <sup>+++</sup> с Al <sup>+++</sup>	Индекс воды
Айжан		10/VII—1955	8,4	7,3	2,423**	5,1	5,1	39,1	0,7	2,2	8,3	38,9	0,6	0,403	0,183	0,930	0,019	0,033	0,075	0,722	0,08	Cl <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
Алаколь		4/VII—1955	7,6	5,4	775,8**	23,7	12,1	8,1	6,1	11,2	13,1	23,7	2,0	317,2	118,9	64,0	51,9	50,0	35,4	130,0	8,4	C <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
Бошаколь	с. Бищневка	6/VI—1956	8,2	2,8	1,508	10,9	37,5	1,6	—	3,4	3,4	43,2	—	0,265	0,735	0,024	—	0,028	0,017	0,439	—	S <sub>I</sub> <sup>Na</sup>
«	«	11/VII—1958	8,08	4,5	1,234	15,8	33,4	0,8	—	8,4	3,3	36,3	—	0,317	0,530	0,010	—	0,056	0,021	0,300	—	S <sub>I</sub> <sup>Na</sup>
Жаксы-Алаколь	ст. Баталы	12/V—1956	9,24	10,3	3,404	2,4	9,5	35,8	2,3	6,3	2,9	40,5	0,3	0,171	0,509	1,412	0,098	0,142	0,040	1,025	0,007	Cl <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
«*	«	29/VI—1956	7,2	17,35	3,040	1,1	10,2	38,7	—	6,5	10,4	33,1	—	0,070	0,500	1,400	—	0,130	0,130	0,810	—	Cl <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
Жаксы-Жарколь	с. Анновка	август 1955	7,94	4,7	1,075	11,8	5,0	33,2	—	3,0	11,1	35,9	—	0,241	0,081	0,390	—	0,020	0,045	0,298	—	Cl <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
«	«	16/V—1956	7,7	3,0	545,8**	37,1	5,1	7,8	—	10,4	11,5	28,1	—	322,0	35,0	39,3	—	29,6	19,9	100,0	—	C <sub>I</sub> <sup>Na</sup>
«	«	3/VI—1956	8,38	3,6	926,1**	28,6	16,6	4,8	—	5,6	8,9	35,5	—	427,1	195,8	42,0	—	28,0	26,7	216,5	—	C <sub>I</sub> <sup>Na</sup>
«*	«	21/IX—1956	8,54	5,0	1,190	18,7	2,5	28,8	—	3,2	12,3	34,5	—	0,410	0,040	0,370	—	0,020	0,050	0,300	—	Cl <sub>I</sub> <sup>Na</sup>
Кайбагар		21/VII—1955	8,41	4,2	300,9**	18,0	6,7	17,7	7,6	14,2	27,3	3,1	5,4	106,1	31,2	60,0	27,9	27,2	31,8	7,0	9,7	CC <sub>II</sub> <sup>Mg</sup>
Кушмурун*	с. Кушмурун	23/V—1940		19,0	1,900	4,0	5,0	41,0	—	9,1	20,1	20,8	—	0,160	0,160	0,970	—	0,120	0,160	0,330	—	Cl <sub>II</sub> <sup>NaMg</sup>
«*	«	8/IX—1940		58,6	10,210	6,4	7,2	36,4	—	4,7	12,7	32,6	—	1,300	1,160	4,300	—	0,320	0,520	2,610	—	Cl <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
«	«	29/VI—1955		92,2	30,077	0,1	1,1	48,8	—	4,6	4,5	40,9	—	0,085	0,556	17,580	—	0,929	0,557	10,370	—	Cl <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
«*	«	27/IX—1957	8,26	146,83	25,240	0,2	14,4	35,4	—	5,3	11,8	32,9	—	0,100	5,810	10,580	—	0,900	1,200	6,650	—	Cl <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
Сасыкколь		28/VI—1956	8,64	5,0	954,4**	13,8	6,1	30,1	—	7,5	9,5	33,0	—	240,0	86,4	310,0	—	44,1	34,0	239,9	—	Cl <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
енгиз		2/VI—1955	8,08	51,1	4,854	5,5	5,8	38,1	0,6	18,3	9,8	20,5	1,4	0,610	0,510	2,436	0,039	0,665	0,216	0,330	0,048	Cl <sub>II</sub> <sup>NaCa</sup>
Улькенколь	с. Бурли	22/IX—1955	7,93	19,5	3,810	6,4	4,2	39,4	—	4,5	11,1	34,4	—	0,490	0,250	1,750	—	0,110	0,170	1,040	—	Cl <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
«*	«	25/II—1956	7,29	52,3	7,730	6,2	3,9	39,9	—	4,3	12,3	33,4	—	0,960	0,480	3,630	—	0,220	0,380	2,060	—	Cl <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
«*	«	4/V—1956	7,35	14,68	2,480	7,0	4,0	39,0	—	4,8	12,9	32,3	—	0,340	0,160	1,140	—	0,080	0,130	0,630	—	Cl <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
«	Поверхн. слой воды	21/V—1956	7,5	17,5	2,636	6,4	5,6	38,0	—	6,5	13,6	29,9	—	0,344	0,199	1,180	—	0,115	0,143	0,655	—	Cl <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
«	Придон. слой воды	21/V—1956	7,5	23,2	3,394	5,4	5,8	39,5	—	5,6	14,9	29,5	—	0,329	0,320	1,580	—	0,127	0,205	0,833	—	Cl <sub>II</sub> <sup>Na</sup>
«*	«	6/IX—1956	7,8	22,8	4,040	6,4	4,0	38,6	—	4,2	12,8	33,0	—	0,520	0,260	1,880	—	0,110	0,210	1,060	—	Cl <sub>II</sub> <sup>Na</sup>

\*Анализы из книги „Ресурсы поверхностных вод районов целинных и залежных“ земель, II Кустанайская область.

\*\*Результаты анализа выражены в мг/л.