

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

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

ПУТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ВОДНЫХ РЕСУРСОВ СРЕДНЕЙ АЗИИ
И ИХ ОХРАНА

Сборник научных трудов

Выпуск 165

Ташкент — 1981

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО
ХОЗЯЙСТВА СССР

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

ПУТИ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ВОДНЫХ РЕСУРСОВ СРЕДНЕЙ АЗИИ
И ИХ ОХРАНА

Сборник научных трудов
Выпуск 165

Ташкент — 1981

УДК 333.93:626.81+628.394

В книге освещаются вопросы рационального использования водных ресурсов Средней Азии и их охраны.

Выявлена эффективность орошаемого земледелия по водохозяйственным зонам УзССР. Предлагается методика определения минимального объема водозабора в зависимости от уровня минерализации оросительной воды и коэффициента земельного использования; раскрывается взаимосвязь орошения и эффективности использования водных ресурсов при росте минерализации речного стока; определяется предельная оросительная способность водоем источника; дается расчет водного баланса и показаны изменения потерь речного стока под влиянием водохозяйственных мероприятий. Дан прогноз качества воды Сырдарьи и Амударьи и рекомендуется методика контроля качества воды по оросительным системам. Предлагаются необходимые мероприятия, предохраняющие водотоки от ядохимических и других загрязнений.

Книга рассчитана на специалистов, работающих в области проектирования объектов водоснабжения и обводнения, и работников служб эксплуатации гидромелиоративных систем.

Редакционная коллегия:

Духовный В.А. (отв. редактор), Валентин Г.Г.,
Милькис Б.Е., Орлова А.П., Полинов С.А., Рамазанов А.Р.,
Усманов А.У., Якубов Х.И. (зам. редактора).

С

Среднеазиатский научно-исследовательский
институт ирригации им. В.Д. Журина, 1981

А.П. ОРЛОВА — канд. техн. наук
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ПРИЕМЫ ПРОГНОЗА И НОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Вопросы охраны водных ресурсов актуальны для всех стран мира.

На качество как поверхностных, так и подземных вод влияют хозяйственно-бытовые (канализованные или не канализованные), промышленные сточные воды и стоки с сельскохозяйственных угодий как с богарного земледелия, так и орошаемых площадей.

В комплексе водоохраных мероприятий одной из основных мер является контроль качества сбрасываемых вод и водоемисточников. Контроль состоит в определении соответствия качества исследуемых вод с нормативными показателями состава и свойства воды предельно допустимым показателям (ПДК), которые классифицируются в зависимости от назначения водоемисточника в различных отраслях народного хозяйства.

Водные объекты используются для хозяйственно-питьевых, культурно-бытовых, рыбохозяйственных и сельскохозяйственных целей и т.д. При этом предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде в зависимости от назначения также различны. Так, состав и свойства питьевой воды должны быть благоприятны в органолептическом отношении, безопасны в эпидемическом и безвредны в химическом

Во многих странах имеются свои ГОСТы; в Советском Союзе действует ГОСТ 2874-73. Существует и Международный ГОСТ питьевой воды Всемирной организации здравоохранения (Женева). В настоящее время в Советском Союзе разработан Государственный стандарт Союза ССР на предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Данный стандарт соответствует требованиям научно-технического уровня. Аналогичные стандарты за рубежом отсутствуют.

В стандарте в разделе "Общие требования" указано, что предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде применяются для решения ряда вопросов: определения необходимой степени очистки сточных вод; регламентирования условий сброса сточных вод в водные объекты, прогнозирования санитарного состояния водных объектов.

Кроме того, предельно допустимые концентрации используются для контроля за качеством вод в пунктах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, для установления их пригодности к использованию.

ПДК рассмотрены по трем лимитирующим признакам вредности: санитарно-токсикологическому, санитарному, органолептическому.

Стандарт на предельно допустимые концентрации вредных веществ водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей, находится в стадии разработки. В Союзе утверждены "Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами", в которых приведены нормативы качества водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей. Рассмотрены они применительно к категориям рыбохозяйственного водопользования.

ПДК вредных веществ в воде водных объектов для рыбохозяйственных целей более жесткие. Например, если в воде санитарно-бытового водопользования допускается 500 мг/л сульфатов, по I мг/л меди и цинка, то для рыбохозяйственных целей — соответственно 100 и 0,01 мг/л при полном отсутствии гексахлорана, ДДТ, хлорофоса.

Промышленная вода в зависимости от производственных нужд должна быть мягкой, безвредной в санитарном отношении, не агрессивной и иметь низкую температуру.

Пригодность воды для орошения сельскохозяйственных культур ограничивается в основном минерализацией (общим содержанием солей) и наличием токсичных солей магния, натрия, сульфатов, хлоридов.

Некоторые рыбохозяйственные и гигиенические ПДК приводятся в табл. I, из которой видно, что многие соединения, остротоксичные для водных биоценозов, гигиеническими ПДК нормируются только по органолептическим признакам.

По гигиеническим нормативам допускается наличие в воде таких мощных токсикантов, как кобальт и цинк в концентрации 100 пороговых доз и выше для гидробионтов.

Рыбохозяйственные нормы требуют полного отсутствия в водных объектах некоторых загрязняющих веществ: ДДТ, гексахлорана, ДДЕ, ГХЦГ, полихлорпинена, некоторых соединений фосфора, тогда как по гигиеническим нормативам допускается их ограниченное количество.

Очевидно, рыбохозяйственные ПДК ближе к экологическим требо-

ваниям, чем гигиеническим. В частности, минеральный состав воды по гигиеническим показателям нормируется только для анионов (350 мг/л хлоридов и 500 мг/л сульфатов).

Рыбохозяйственные нормативы начиная с 1976 г. предусматривают ПДК и для ряда катионов (50 мг/л калия, 180 кальция, 40 магния, 120 натрия), а для анионов более высокие нормы (300 мг/л хлоридов и 100 мг/л сульфатов).

Т а б л и ц а I

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде

Вещества	Лимитирующий показатель вредности для санитарно-бытового водопользования	ПДК для санитарно-бытового водопользования, мг/л	Лимитирующий показатель вредности рыбохозяйственного водопользования	ПДК для рыбохозяйственного водопользования, мг/л
ДДТ	Санитарно-токсикологический	0,1	Токсикологический	0,0
Гексахлоран	"	0,02	"	"
Гептахлоран	"	0,05	"	"
Бутифос	Органолептический	0,0003	"	"
Метафос	"	0,02	"	"
Карбофос	"	0,05	"	"
Тиофос	"	0,003	"	"
Фосфамид	"	0,03	"	"
Фозалон	"	0,001	"	"
Хлорофос	"	0,05	"	"
Севин	"	0,1	"	0,0005
Тиурам	"	Отсутствует	"	0,0
Далапон	"	2,0	"	3,0
Диурон	"	1,0	"	0,0015
Прометрин	"	3,0	—	—
Атразин	Общесанитарный	0,5	Токсикологический	0,005
Акрекс	—	—	"	0,0
Кельтан	—	—	"	0,0
Нитрофен	Санитарно-токсикологический	0,06	"	0,09

Существующая система нормирования качества вод в зависимости от вида водопользования является общепринятой и единственной в нашей стране. Широко признана она и за рубежом. Во ВНИИССВ

разработаны, затем утверждены для стран - членов СЭВ примерные нормы допустимого содержания отдельных ингредиентов в водах, используемых для орошения. Однако система нормирования качества воды по ПДК загрязняющих веществ требует дальнейшего развития и совершенствования в связи с основным принципом рационального и комплексного использования водных ресурсов. Нормируя качество воды, необходимо охранять не только людей, но и рыбу, и гидробионтов как промысловых, так и формирующих состав воды, в том числе и питьевой, на уровне биоценозов и экосистем.

Известно, что санитарное состояние водоемов удается сохранить в удовлетворительном состоянии только при нормальном протекании в них основных процессов самоочищения.

Серьезной проблемой является определение соответствия качества воды существующим нормативам в том случае, когда в воде содержится несколько загрязняющих веществ, как это обычно бывает в реальных условиях.

Существующие в Союзе "Правила охраны поверхностных вод" рекомендуют оценивать эффект суммарного воздействия загрязняющих веществ одной группой по лимитирующему признаку вредности (ЛПВ), используя простую схему нумерического сложения (суммации). При этом за основу принимается положение об аддитивности действия различных загрязняющих веществ одной группы ЛПВ. Сумма отношений концентраций ($C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$) каждого из веществ в водных объектах к существующим ПДК не должна превышать единицы

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

что значительно повышает требования к условиям выпуска сточных вод, их количественным и качественным характеристикам. Все это затрудняет решение данной проблемы, поскольку в настоящее время в водные объекты поступает не менее 5-6 тысяч различных загрязняющих веществ: разработано около 600 гигиенических и 200 рыбохозяйственных ПДК с различными лимитирующими показателями вредности, совместное присутствие которых в воде создает трудности при оценке качества воды.

Таким образом, стало необходимым разработать универсальную методику оценки качества, учитывающую комплекс вопросов нормирования.

Советские ученые предложили комплексный общесанитарный ин-

декс качества воды (ИКВ) для источников хозяйственно-бытового водопользования. Главными показателями были растворенный кислород, коли-индекс, PH , BPK_5 , взвешенные вещества, запах, цветность, общая минерализация.

Для определения ИКВ диапазон возможных значений указанных параметров разбивается на интервалы, которым присваивается соответствующий балл качества от I до 5, в тех же границах выражается и комплекс ИКВ. Одновременно должно исследоваться содержание токсичных веществ, ядовитых для людей, животных и обитателей водной среды.

Если концентрация хоть одного токсичного ингредиента превысит ПДК, ИКВ приравнивается к единице, согласно шкале оценки качества.

Впоследствии метод определения индекса загрязненности был уточнен путем использования около 30 параметров для оценки качества воды. Однако по-прежнему основным критерием при определении комплексной характеристики качества воды являлось отношение концентрации отдельных веществ и их ПДК. В основу были положены рыбохозяйственные ПДК как наиболее требовательные.

Иногда под оценкой качества воды понимается многомерный вектор Φ , размерность которого определяется количеством показателей, характеризующих концентрации отдельных примесей и некоторые физические свойства. При столь неодинаковом подходе к оценке качества воды невозможно достичь сколько-нибудь сопоставимых показателей. В настоящее время осуществляют 3 группы методов.

К первой группе относится предложение, основанное на ступенчатом построении критериев качества воды, что позволяет учитывать требования разных потребителей. Характеристика, полученная при обработке результатов наблюдений, сравнивается с критерием по пятибалльной шкале. По результатам сравнения определяется пригодность воды для соответствующих целей. Существенным недостатком этого метода является невозможность перехода от оценки качества воды к разработке количественных параметров, водоохранных мероприятий с непосредственным использованием полученных цифр.

Полученная обобщенная характеристика несопоставима с требованием стандарта, даже оценки уровней концентрации веществ значительно менее строги, чем нормы. Например, ПДК, приведенные в ГОСТе, могут оцениваться от 5 до 3 баллов, что соответствует

лишь 60% всей предложенной 5-балльной шкалы.

Ко второй группе относятся предложения, прямо или косвенно использующие нормативы, изложенные в "Правилах охраны водных ресурсов". При этом либо качество воды оценивается по принципу соответствия концентрации отдельных веществ нормативным ПДК, либо оценка дается из совокупности всех веществ.

В Гидрохимическом институте разработана система групповых показателей качества поверхностных природных вод. Оценка суммарного воздействия загрязняющих веществ с помощью биологической "интегральной" ПДК, устанавливаемой путем высокочувствительных биохимических и энзимологических тестов и рыбной пробы, рассмотрена в политехническом институте.

В третью группу вошли предложения, не содержащие каких-либо нормативов.

Наибольшее распространение оценки качества воды в Союзе получил обобщенный показатель загрязненности водных объектов. Коэффициент загрязненности (КЗ) является обобщенным показателем, характеризующим уровень загрязненности поверхностных вод совокупно по многим показателям, измеряемым многократно во многих отборах.

Коэффициент загрязненности позволяет количественно охарактеризовать и сравнить между собой уровни загрязненности отдельных объектов, различных регионов и республик.

В данной методике следует учитывать те нормативы, которые предъявляют наиболее высокие требования к качеству воды. Обычно такими являются рыбохозяйственные ПДК. Это позволяет применять КЗ для любого вида водопользования.

Если КЗ равен нулю, то для данного водного объекта все нормируемые показатели качества воды удовлетворяют ПДК, если КЗ больше нуля, то превышают ПДК.

Величина КЗ характеризует среднее превышение нормативов в долях ПДК. Например, $KЗ = 0,2$ означает, что нормируемые параметры качества воды данного водного объекта или участка в среднем на 20% превышают ПДК, т.е. качество воды данного водного объекта или участка в 1,2 раза хуже нормативного. Общая формула для расчета имеет вид

$$\alpha = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^J \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{N_{ij}} \frac{\Delta_{ijn}}{ПДК_i}; \quad \Delta_{ijn} = \begin{cases} (C_{ijn} - ПДК_i) & \text{если } C_{ijn} \text{ не} \\ & \text{удовлетворяет ПДК} \\ 0 & \text{если удовлетворяет ПДК} \end{cases}$$

где

C_{ijn} — концентрация i -го показателя в j -м створе при n -м измерении;

N_{ij} — общее число измерений i -го показателя в j -м створе за исследуемый период;

N — общее число всех измерений (с концентрациями как выше, так и ниже ПДК);

J и J — общее число показателей и створов.

Таким образом, методика позволяет подсчитать не только общий КЗ для водного объекта или участка, но и определить его либо по одному показателю на участке, либо по всем показателям для одного любого створа.

При этом нормативные инградиенты, наиболее часто определяемые в поверхностных водах, необходимо разбить на следующие пять групп:

- I группа — кислородный режим: БПК₅, раствор O_2 ;
- II группа — минеральный состав: общая минерализация, сульфаты, хлориды, магний;
- III группа — санитарно-токсикологический показатель: нитраты, фтор, этиленгликоль, молибден, висмут, свинец, ДДТ, роданиды, ванадий, цианиды, формальдегид, сурьма, мышьяк, кобальт, никель, кадмий, ртуть и т.д.;
- IV группа — общесанитарный показатель: аммиак, титан, капролактан, цинк;
- V группа — органолептический показатель: барий, сероуглерод, железо, СПАВ, хром, нефть, хлорофос, бутадиен, гексахлоран, медь, алдрин, фенол.

Такие показатели, как окисляемость (перманганатная и бихроматная), не нормируются и могут не учитываться. В случае необходимости их следует отнести в отдельную группу — органические примеси. Другие вещества, не часто встречающиеся в поверхностных водах и не упомянутые в перечисленных пяти группах, могут быть отнесены к одной из этих групп по лимитирующему признаку вредности.

При вычислении КЗ все расчеты следует оформлять в виде таблицы. Порядок расчета КЗ следующий:

а) определяется сумма превышений ПДК по каждому i -му показателю для всех его измерений во всех створах участка, бассейна, региона, республики

$$\sum \Delta i = \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^J (C_{ijn} - \text{ПДК}_i),$$

где

j - номер створа;

n - номер измерений i -го показателя в j -м створе.

В расчет включаются лишь те измерения, в которых не удовлетворяются ПДК. В том случае, если все значения концентраций j -го показателя удовлетворяют ПДК, то $\sum \Delta i = 0$;

б) подсчитывается N_i - общее количество измерений каждого i -го показателя по всем створам за определенный промежуток времени. N_i включает все измерения, а не только те, в которых превышает ПДК;

в) вычисляется α_i - коэффициент загрязненности водного объекта по каждому i -му показателю

$$\alpha_i = \frac{\sum \Delta i}{N_i \cdot \text{ПДК}_i};$$

г) суммирование величин в пределах каждой группы и деление полученного числа на общее число всех показателей группы дает коэффициент загрязненности группы - $\alpha_{\text{гр.}}$;

д) общий коэффициент загрязненности α вычисляется как сумма $\alpha_{\text{гр.}}$ по всем группам, деленная на количество групп.

КЗ целесообразно считать поквартально за год, пятилетие;

е) в случае необходимости вычисляется α_j - коэффициент загрязненности водного объекта по каждому створу и по всем показателям

$$\alpha_j = \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^J \sum_{n=1}^{N_{ij}} \frac{\Delta i_{jn}}{\text{ПДК}_i},$$

где

N_j - число измерений всех показателей в j -м створе за рассматриваемый период.

II

Показатель КЗ дает возможность провести картографическое обобщение качества воды бассейна рек, дать ретроспективу изменения за многолетия, быть основой степени очистки для сточных вод и базой для расчетов прогноза качества воды в перспективе.

В САНИИРИ разработана классификация водотоков, которые разбиты на 4 группы: чистые, загрязненные, грязные и очень грязные. Каждая категория водотока характеризуется определенными показателями качества воды.

Методика прогноза качества воды от загрязнения сельскохозяйственным стоком

При решении вопроса выбора оптимального варианта водоохраных мероприятий по защите водотока от загрязнения и решения вопроса о рациональном использовании водных ресурсов должен быть составлен прогноз качества вод на перспективу.

Составление долгосрочного прогноза качества вод является сложной многофакторной задачей, требующей сбора и обобщения большого объема информации не только о современном состоянии, но и ретроспективном развитии водного объекта (его качественных и количественных характеристик) и основных факторов антропогенного и природного характера, обуславливающих изменение качества воды, но также и о предполагаемом их развитии в будущем.

Существующие методы прогнозирования в водном объекте консервативных примесей (в основном солей) можно разбить на 2 группы:

- методы, заключающиеся в экстраполяции данных или построение корреляционных зависимостей,
- балансовые методы.

Первый метод основан на выявлении зависимостей между суммой ионов и одним или несколькими факторами, обуславливающими изменение данного показателя в речной воде.

Примером может явиться прогноз, полученный на основе изменения минерализации в водотоке в зависимости от площади орошения.

При этом эмпирическая зависимость следующая:

где
$$M_{op} = \alpha \cdot F_{эф} + M_{нач},$$

 M_{op} — минерализация воды в водотоке ниже орошаемой площади;

$M_{\text{нач}}$ — то же, выше орошаемой площади;

$F_{\text{эф}}$ — эффективная площадь орошения, т.е. площадь, оказывающая влияние на изменение минерализации речной воды (площадь, имеющая коллекторно-дренажную сеть);

α — интегральный ландшафтно-технический показатель.

Для некоторых наших водотоков Сырдарьи он рассчитан в зависимости от расхода

$$\alpha = 0,0004 - 0,0016.$$

Данный метод получил определение "бассейнового метода". Однако точность прогноза, составленного по данному методу, снижается вследствие того, что процесс обогащения речных вод солями, выносимыми с орошаемой территории, находится в зависимости не только от размеров площади орошения, но и мелиоративной обстановки исследуемого района. Иногда прогнозируют изменение минерализации в водотоке на основании исследования связей между минерализацией и соотношением транзитных и возвратных вод по длине реки и во времени

где $\Sigma u = f(\alpha_{\text{из}}),$

$\alpha_{\text{из}}$ — коэффициент равный соотношению

где $\alpha_{\text{из}} = \frac{I_{\text{вод}}}{I_n},$

I_n — суммарный приток из области формирования стока;

$I_{\text{вод}}$ — суммарный водозабор выше исследуемого поста.

При этом предполагается, хотя доля возвратных вод при одинаковом изъятии в перспективе может изменяться за счет сокращения фильтрации, их минерализация существенно не изменяется.

Иногда проводят расчеты прогнозирования минерализации речной воды методом множественной корреляции, относя к числу предикторов следующий набор исходных материалов:

- площади орошения в динамике, отнесенные к интервалам между створами,
- минерализацию воды в вышележащем створе,
- суммарный водозабор,
- коллекторно-дренажный сток,
- комплексные предикторы, один из которых характеризует долю коллекторно-дренажного стока в суммарном водозаборе и площади

орошения.

Данные вышеперечисленные методы прогнозирования базируются на исследовании основных тенденций изменения ретроспективного ряда показателей качества воды, дляна которого бывает обычно недостаточна для экстраполяции законов на длительный период.

Указанные методы также не учитывают, что факторы, влияющие на формирование качества воды, зависят от деятельности человека и поэтому основные тенденции их изменения, выявленные на основе развития в прошлом, могут оказаться неверными в будущем. В частности, они не учитывают изменение качества воды при реализации прогнозируемых водсохранных мероприятий.

Наиболее распространен метод прогнозирования качества вод, базирующийся на балансовых расчетах. При его использовании можно учесть не только количественные изменения в перспективе исследуемого объекта, но и качественные. При этом прогнозирование качества воды проводится в два этапа.

Первый этап заключается в составлении прогноза основных факторов, влияющих на изменение качества воды, к числу которых относятся примеси, выносимые в водный объект с промышленными, хозяйственно-бытовыми водами и коллекторно-дренажным стоком;

второй — в прогнозировании изменения качества воды в самом водном объекте.

Наибольшую трудность представляет первый этап, при проведении которого следует учесть следующее:

при прогнозировании примесей, выносимых с коммунальными промышленными сточными водами, необходимы перспективные методы очистки сточных вод, переход на новую прогрессивную технологию производства;

при прогнозировании примесей, выносимых с коллекторно-дренажным стоком, необходим прогноз изменения мелиоративных условий в исследуемом районе и характера агротехнических мероприятий.

Прогнозирование качества воды самого водного объекта проводится с учетом прогноза примесей на основе перспективного водохозяйственного баланса, составленного с учетом перспективы развития народного хозяйства в исследуемом бассейне и комплексе водсохранных мероприятий, направленных на защиту рек от загрязнения.

Прогноз изменения минерализации с достаточной степенью точности составляется по балансовому методу.

Для водотоков Союза математическое выражение балансовых расчетов следующее:

$$Y_n \cdot K_n = \sum M_T \cdot K_T + \sum X \cdot K_{атм} + \sum Y_{нг} \cdot K_2 + \\ + \sum Y_{пп} \cdot K_n + \sum M_{сбр} \cdot K_{сбр} - \sum N \cdot K_{ор} - \sum Y_{гр} \cdot K_{гр} - \sum E \cdot K_1,$$

где

- Y_n и K_n — соответственно прогнозируемый сток и минерализация воды в расчетном створе,
 $\sum M_T$ и K_T — величина транзитного расхода и его минерализация,
 $\sum X$ и $K_{атм}$ — атмосферные осадки и их минерализация,
 $\sum Y_{нг}$ и K_2 — приток грунтовых вод и их минерализация,
 $\sum Y_{пп}$ и K_n — боковая приточность поверхностных вод и их минерализация,
 $\sum M_{сбр}$ и $K_{сбр}$ — объем возвратных вод и их минерализация,
 $N_{ор}$ и $K_{ор}$ — вода, подаваемая на орошение и ее минерализация,
 $\sum Y_{гр}$ и $K_{гр}$ — отток грунтовых вод и их минерализация,
 $\sum E$ — суммарное испарение.

По мнению авторов, применение данного метода исключает влияние отдельных орошаемых массивов, отличающихся почвенно-мелиоративными и гидрогеологическими условиями.

Для составления прогноза содержания в воде органических веществ, характеризуемого величиной БПК₅, концентрацией растворенного кислорода, существует, в основном, модель Фелпса-Стритера

$$L_t = L_0 \cdot e^{-K_1 t},$$

где

L_0, L_t — соответственно БПК_{полн.} и БПК через время;

K_1 — коэффициент неконсервативности или константа скорости потребления кислорода.

Однако вследствие сложности и трудоемкости решения данное уравнение имеет ограниченное применение.

Для условий, где основным источником загрязнения водных ресурсов является коллекторно-дренажный сток с орошаемых земель, наиболее важное значение приобретает прогнозирование содержания в водах ядохимикатов, применяемых для защиты сельхозугодий от болезней. Для этого случая разработана частная методика прогнозирования ядохимикатов в водных источниках:

возможного количества и режима выноса ядохимикатов с орошаемых земель,

содержания ядохимикатов в коллекторно-дренажных водах,

содержания ядохимикатов в речных водах.

Ядохимикаты, выносимые с орошаемой территории, поступают в коллекторно-дренажную сеть, где под влиянием процессов разбавления и самоочищения концентрация их снижается. Скорость и интенсивность самоочищения, протекающих в коллекторных водах, обусловлена рядом факторов: температурой, pH, объемом донных отложений, биомассы и др.

Данный процесс характеризуется сложной зависимостью, которую не всегда можно выявить из-за многообразия факторов, его определяющих. Поэтому практические расчеты предлагается проводить по упрощенной модели, составленной на основе натурных и лабораторных исследований Отдела охраны водных ресурсов САНИИРИ.

Концентрация фосфорорганических ядохимикатов в расчетном створе на коллекторно-дренажной сети может быть с достаточной степенью точности определена по зависимости

$$K = K_0 \cdot \alpha^{\alpha L},$$

где

K_0 — начальная концентрация ядохимикатов, г/м³;

$$K_{\text{нач}} = \frac{K_{\text{сбр}} \cdot Q_{\text{сбр}}}{Q_{\text{нд}}},$$

здесь

$K_{\text{сбр}}$ — содержание ядохимикатов в сбросных водах;

$Q_{\text{сбр}}, Q_{\text{нд}}$ — соответственно расходы сбросных вод в коллектора, м³/с;

α, α — коэффициенты трансформации ядохимикатов в коллекторно-дренажных водах, зависящие от объема донных отложений, биомассы, видового состава водной растительности. Согласно экспериментальным данным,

$$\alpha = 0,96-0,98; \quad \alpha = 12-17;$$

L — расстояние от места выпуска ядохимикатов до расчетного створа на коллекторно-дренажной сети, км.

Ядохимикаты, выносимые с полей, адсорбируются в коллекторах и реках донными отложениями и водной растительностью. Через 5-6 сут. после поступления ядохимикатов начинается "вторичное" загрязнение вод за счет процессов десорбции. Величина "вторичного" за-

грязнения ядохимикатами, согласно экспериментальным данным, изменяется по длине коллектора по зависимости

где $K_{gr} = K_1 \cdot B^{\alpha L}$,

K_1 — величина, составляющая 25–30% от первоначального содержания ядохимикатов в данном створе

$$K_1 = (0,25 \div 0,3) \cdot K_0 ;$$

L — расстояние до расчетного створа;

B, α — коэффициенты "вторичного" загрязнения, зависящие от объема донных отложений, биомассы и других факторов.

Согласно результатам исследований, $\beta = 0,9-0,92$; $\alpha_1 = 8-12$. Исследования показали, что разложение ядохимикатов в речных водах происходит значительно быстрее, чем в коллекторно-дренажных. При этом ожидаемая концентрация в расчетном створе составит

$$K = K_{nr} \cdot e^{-\alpha_p t},$$

где

K_{nr} — концентрация ядохимикатов в речной воде в месте выпуска коллекторно-дренажных вод

$$K_{nr} = \frac{Q_{kd} \cdot K_{kd}}{Q_p},$$

здесь

$Q_{kd} \cdot Q_p$ — соответственно расходы в устье коллектора и реке в створе выпуска коллекторно-дренажных вод;

K_{kd} — содержание ядохимикатов в воде в устье коллектора;

t — время добегания до расчетного створа, сут;

α_p — коэффициент, характеризующий самоочищающую способность речной воды и зависящий от ее химического состава, донных отложений и других факторов

$$\alpha_p = 0,82-0,85.$$

Уравнение для составления прогноза содержания ядохимикатов в расчетных створах на реках будет иметь вид

$$K_p = \frac{Q_{к.д}}{Q_p} \left[\frac{\sum Q_{сб.р.} \cdot K_{сб.р.}}{Q_{к.д}} \cdot \alpha^{\alpha_L} + K_1 \beta^{\alpha_L} \right] \cdot e^{-\alpha_p t}$$

На основании вышеуказанных зависимостей может быть составлен прогноз качества воды водотоков, что является основой для разработки комплекса водоохранных мероприятий.

Л.Н.ДАНИЕЛОВА—канд.техн.наук
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

К ВОПРОСУ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОД ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Осуществление контроля качества вод оросительных систем является одной из составляющей комплекса мероприятий, разрабатываемых на основании ряда Постановлений ЦК и Совета Министров СССР и союзных республик по охране водных ресурсов от загрязнения.

Особое значение этот вопрос приобретает для речных бассейнов аридной зоны нашей страны, где интенсивное развитие орошения, с одной стороны, и усиление притока сбросных и коллекторно-дренажных вод, с другой, уже сегодня изменили минерализацию, органический и ионный состав наших рек.

Контроль качества сбросных и природных вод в нашей стране осуществляется в форме Государственного и ведомственного надзоров, а также органами по регулированию использования и охране вод Минводхоза СССР; органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической службы Минздрава СССР; органами охраны рыбных запасов Минрыбхоза СССР; органами Государственного комитета гидрометеорологии и контроля природной среды СССР и др.

Контроль за соблюдением правил применения ядохимикатов и удобрений возлагается на органы по охране водных ресурсов Министерства сельского хозяйства, которые обязаны выдавать разрешение на обработку посевных площадей ядохимикатами ведомственным управлениям, в подчинении которых находятся хозяйства.

Ведомственный контроль за использованием и охраной вод на объектах-водопользователях осуществляется самими водопользовате-

лями. Так, контроль за качеством оросительных и дренажных вод и выдача рекомендаций о сроках и нормах поливов возлагается на службу мелиорации.

На мелиорируемых землях Узбекистана постоянный контроль за качеством вод оросительных систем производится гидрохимическими лабораториями мелиоративной службы при областных управлениях оросительных систем ИМиВХ УзССР.

В настоящее время контроль ограничивается определением в коллекторных водах только ионов хлора и сульфатов на границах межхозяйственной и межрайонной сети с целью определения выноса солей с полей орошения.

Контроль качества вод оросительных систем является комплексной задачей, которая включает не только вопросы оценки качества воды как оросительной, так и коллекторно-сбросной сети, но и влияния сбросов на качество вод водотоков-приемников.

Оценка качества оросительной воды должна производиться в соответствии с пригодностью ее для орошения; требования к качеству коллекторно-сбросных вод предъявляются в соответствии с "Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами" по лимитирующему показателю вредности и предельно допустимым концентрациям вредных веществ (ПДК).

Качество воды оросительной системы зависит от химического состава источника орошения, состава грунтов и подстилающего ложа на трассе магистрального канала, межрайонной и межхозяйственной сети, качества дренажных вод, а также от количества и вида применяемых ядохимикатов и удобрений. В связи с этим в оросительной воде и коллекторно-дренажном стоке должны определяться главные и токсичные ионы (хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты, кальций, магний, натрий), все формы азота и фосфора, а также сухой остаток и ядохимикаты.

Периодичность и сроки отбора проб воды при постоянном контроле качества воды, используемой для орошения, должны проводиться в зависимости от периодичности и сроков промывок земель и поливов сельскохозяйственных культур в следующие сроки:

- перед первым поливом или по окончании промывки земель;
- после внесения удобрений;
- после внесения пестицидов.

По указанию проверяющих контроль качества воды может быть

проведен и в другие сроки.

Сроки отбора проб коллекторно-сбросных вод устанавливаются исходя из режима сброса и условий гидрологического режима исследуемого объекта в течение года. При постоянном сбросе коллекторных вод с орошаемой территории пробы воды следует отбирать ежемесячно, а в период полива и обработки сельскохозяйственных полей пестицидами – непосредственно после полива, в дальнейшем – раз в декаду.

Пробы должны отбираться в следующих створах:

на оросительной сети

- у головных водозаборных сооружений;
- в голове системных каналов (водоводах) на коллекторно-сбросной сети;
- в устье хозяйственных коллекторов;
- на границах систем;
- в месте выпуска сбросных и дренажных вод из коллектора в водный объект.

Для определения влияния сброса коллекторно-сбросных вод на изменение качественного состава водотока-приемника устанавливают следующие створы:

а) фоновые, т.е. расположенные выше источников загрязнения (место сброса коллекторов);

б) служащие для изучения влияния коллекторных вод на качество воды водотока. Для этого устанавливают два створа: выше и ниже сброса, в месте смещения их с водотоком (0,5–1,0 км ниже сброса).

При расчете смешения сбросных и речных вод определяют расстояние до створа полного смешения и концентрацию загрязняющих веществ в створе полного смешения.

Расстояние до створа полного смешения рекомендуется рассчитывать по методу М.А.Бесценной /4/, как наиболее простому из известных методов (А.В.Караушев, Г.М.Риммар, И.Д.Родзиллер, М.А.Руфферель и др.).

Концентрация загрязнения в створе полного смешения определяется по формуле В.А.Фролова

$$K_n = \frac{K_{сг} \cdot Q_{сг} + K_p \cdot Q_p}{Q_{сг} + Q_p}, \quad (I)$$

где

K_K, K_{CT} — концентрация загрязнения в створе полного смешения и сбросе;

K_p — концентрация загрязнения в реке до сброса коллекторных вод;

Q_{CT}, Q_p — расходы сбросных и речных вод соответственно.

На основании полученной концентрации загрязнения в створе полного смешения определяют качество воды водотока, пригодность ее в различных отраслях народного хозяйства, а также ущерб и экономический эффект от сельскохозяйственного производства.

Таким образом, контроль качества вод оросительных систем, проводимый службой мелиорации и бассейновыми управлениями по комплексному использованию и охране вод ММВХ УзССР, является основой для разработки инженерных мероприятий по охране поверхностных вод Узбекистана от загрязнения сбросами с полей орошения.

Л и т е р а т у р а

1. Орлова А.П., Дунин-Барковская О.С., Ярошенко Л.В. Рекомендации по составлению прогноза содержания ядохимикатов и контроль за загрязнением ими водоемных вод. САНИИРИ, Ташкент, 1978.
2. Усманов А.У. К вопросу методологии оценки качества дренажных вод в целях использования их на орошение. Труды САНИИРИ, вып. 156, Ташкент, 1978.
3. Орлова А.П., Даниелова Л.Н., Азимов Т.А. Методические указания по определению качества сточных вод и водотоков (для бассейновых инспекций Узбекистана). САНИИРИ, Ташкент, 1978.
4. Гидрохимические материалы. т.ХУП. Вопросы исследования и прогнозирования загрязненности рек. Л., 1977.

А.П. ОРЛОВА — канд. техн. наук
 О.С. ДУНИН-БАРКОВСКАЯ
 (САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ПРОГНОЗ ВЫНОСА ЯДОХИМИКАТОВ С ОРОШАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

Применение высокоэффективных химических препаратов позволяет обеспечить защиту растений от болезней и вредителей и сохранить не менее трети урожая сельхозкультур. Без пестицидов невозможно поддержание стабильного уровня сельскохозяйственного производства.

Однако необходимо помнить и об отрицательной стороне их применения и, прежде всего, о возможном загрязнении ими водных ресурсов.

В проектах освоения и орошения земель, разрабатываемых институтами "Средазгипроводхлопок" и "Узгипроводхоз", а также в "Схемах комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейнов Сырдарьи и Амударьи" предусматривается широкое применение химических средств защиты растений на орошаемых землях. Согласно этим данным, на вновь осваиваемых землях предполагается применять химические препараты более 30 наименований, различные по химическим свойствам, степени токсичности и стабильности в объектах окружающей среды.

В их число входят следующие соединения:

- хлорорганические: γ - ГХЦГ (γ -изомер гексахлорциклогексана), кельтан, полидофен;
- фосфорорганические: хлорофос, рогор, тиофос, метилмеркаптофос, карбофос, фазалон, антио, бутифос;
- карбаматы: севин;
- производные карбоновых кислот: далапон, бутиловый спирт 2,4 Д;
- производные мочевины: диурон;
- производные дитиокарбаминовых кислот: цинеб, ТМТД;
- гетероциклические соединения: симазин, прометрин;
- соединения ртути: меркуран, гранозан;
- нитрофенолы: нитрофен, ДНОК;
- прочие соединения: хлорат магния, цианамид кальция, медный купорос, известь и др.

По степени токсичности для теплокровных, согласно принятой в СССР классификации, применяемые пестициды подразделяются на следующие группы /I/:

- I - сильнодействующие вещества : гранозан, меркуран,
- II - высокотоксичные: ДНОК, метафос, метилмеркаптофос, полидофен, рогор, δ -ГХЦГ технический,
- III - среднетоксичные: антио, бутифос, δ -ГХЦГ (гранулированный 4%-ный, мелкозернистый; 2%-ный гранулированный крупнозернистый; 2%-ный и 16%-ный концентрат эмульсии, 12%-ный дуст, 25%-ный порошок), 2,4 Д бутиловый эфир, кельтан, нитрафен, севин, ТМГД, рогор (гранулированный), хлорофос, цианамид кальция,
- IV - малотоксичные: далапон, диурон, препарат N_{30} , прометрин, симазин, хлорат магния, цинеб.

По степени стабильности в окружающей среде применяемые химические препараты делятся на следующие группы:

- стойкие (период распада от 6 месяцев до 2 лет): меркуран, севин, симазин, δ -ГХЦГ, гранозан, хлорат магния, антио;
- умеренно стойкие, разрушающиеся в течение одного вегетационного периода: нитрофен, диурон, фазалон, рогор;
- нестойкие с периодом распада 1-2 месяца: хлорофос, бутифос, цинеб, метилмеркаптофос.

Количество и режим поступления пестицидов в водные объекты с орошаемой территории зависят от ряда факторов, к числу которых относятся следующие:

- норма и режим применения препарата, его физико-химические свойства, растворимость в воде, скорость деструкции в почве и водной среде и др., а также форма препарата и способ его внесения;
- состав и свойства почвогрунтов;
- режим и объем отводимого коллекторно-дренажного стока.

В зависимости от растворимости в воде и степени устойчивости в окружающей среде одни пестициды могут мигрировать в почве, достигая уровня грунтовых вод, другие - накапливаться в ее поверхностном слое, вследствие чего вынос пестицидов в водные объекты может происходить различными путями:

- в сорбированном на частицах грунта состоянии при плоскостной эрозии почв со сбросными водами во время полива или с атмосферными осадками;

в растворенном виде с поверхностным стоком (со сбросными водами во время поливов и атмосферными осадками);

– в растворенном виде с подземными водами.

На территории Узбекской ССР основная часть пестицидов используется для защиты посевов хлопчатника от вредителей, болезней и сорной растительности, где в качестве специфических мер рекомендуются следующие /2/:

– протравливание семян меркураном, гранозаном, ТМТД в феврале–марте;

– обработка межей, обочин дорог и арыков в целях уничтожения сорняков и сосущих вредителей 60%-ным нитрофеном в апреле–марте;

– первая обработка посевов хлопчатника от подгрызающих и сосущих вредителей хлорофосом, γ -ГХЦГ, рогором, метилмеркаптофосом в мае–июне (от всходов до бутонизации);

– вторая обработка против сосущих и подгрызающих вредителей кельтаном, полидофеном, дендробациллином с добавлением севина или фазалона с июне–июле в период бутонизации;

– третья обработка коллоидной или молотой серой и известью в июле–августе.

Для уничтожения многолетних и однолетних сорняков в посевах хлопчатника применяются: далапон (осенью после уборки гузапана) и диурон (одновременно с севом хлопчатника), для дефолиации и десикации хлопчатника, проводимой в августе–сентябре – цианамид кальция, бутифос и хлорат магния, для защиты посевов люцерны и кукурузы от вредителей и болезней – рогор, γ -ГХЦГ, фозалон, хлорофос, на посевах кукурузы и джугары для борьбы с сорной растительностью – гербициды группы симм-триазинов: атразин и симазин.

В табл. I приводятся режимы и возможные величины выноса в коллекторно–дренажную сеть пестицидов, применяемых на орошаемых землях Узбекской ССР. Как видно, вынос пестицидов неравномерен в течение всего года и зависит от режима орошения, времени применения препаратов в сельском хозяйстве и их химических свойств.

Вынос некоторых пестицидов, таких как γ -ГХЦГ, севин, симазин, можно ожидать в течение года; далапон, бутифос, хлорат магния могут быть обнаружены в водных источниках в невегетационный период, основная же часть пестицидов выносятся в вегетационный период,

Т а б л и ц а I

Режим и количество возможного выноса пестицидов в водные
источники

Препарат	Режим и форма возможного выноса в водный объект

I	2

<u>Протравители семян</u>	
Меркуран, Гранозан, ТМТД	Вероятность поступления в водный объект данных препаратов невелика ввиду малой нормы их применения
<u>Гербициды</u>	
Далапон	Вносятся в растворенном виде 2-3% с поверхностными и грунтовыми водами в невегетационный период
Диурон	Вносятся около 2% в сорбированном на частицах грунта состоянии в вегетационные поливы
Симазин	Вносятся 2,0-2,5% в сорбированном на частицах грунта состоянии в течение года
Нитрофен	Вносятся 1-1,5% в вегетационные поливы в растворенном виде с поверхностными и грунтовыми водами
<u>Инсектоакарициды, фунгициды</u>	
ГХЦГ	Вынос составляет 0,5-2,5% в течение года в сорбированном на частицах грунта состоянии
Фозалон	Вносятся около 1% в сорбированном на частицах грунта состоянии в период вегетационных поливов
Метилмер- каптофос	Вносятся 0,5-1,5% в растворенном виде с поверхностными и грунтовыми водами в июне-июле. Максимальный вынос около 60% возможен со сбросными водами 2-го полива.
Хлорофос	То же
Тиафос	Вынос около 1,0% в сорбированном на частицах грунта состоянии в июле-августе во время поливов со сбросными водами
Рогор	Вносятся 0,2-2,0% в растворенном виде с поверхностными и грунтовыми водами и в сорбированном на частицах грунта состоянии. Максимальный вынос 55-60% возможен со сбросными водами 2-го полива
Севин	Вносятся в течение года около 1% с частицами грунта в сорбированном состоянии и в растворенном виде

I	2
	Дефолианты и десиканты
Бутифос	Около 1,0% в растворенном виде с осенне-зимними осадками
Хлорат магния	Вносятся 2,5-5% в растворенном виде в невегетационный период и первый вегетационный полив

особенно интенсивно в июне-июле в период поливов. Это обстоятельство необходимо учитывать при прогнозировании выноса пестицидов с орошаемой территории.

Отделом охраны водных ресурсов были составлены прогнозы выноса ядохимикатов с орошаемой территории совхозов 9а и "Талаба" Сырдарьинской области УзССР и совхоза № 5 Кыркыизского массива Каракалпакской АССР для технических проектов освоения и орошения земель, разработанных институтами "Средазгипроводхлопок" и "Узгипроводхоз".

При составлении прогноза были использованы результаты исследований, проводимых в течение ряда лет отделом охраны водных ресурсов САНИИРИ, а также ВНИИВО /3, 4/.

В табл. 2 дается прогноз возможного содержания пестицидов в коллекторно-дренажных водах, отводимых с орошаемой территории указанных выше хозяйств.

Анализ полученных данных показывает, что в основном содержание пестицидов даже в коллекторно-дренажных водах, состав и свойства которых не регламентируются существующими нормами, находится в пределах ПДК для водоемов санитарно-бытового и рыбохозяйственного назначения. Исключение составляют только хлорофос, метилмеркаптофос, бутифос (КДВ с-з "Талаба"), севин и γ -ГХЦГ (КДВ с-з 9а).

Фосфоорганические пестициды в силу неустойчивости будут подвергаться процессу трансформации в коллекторно-дренажных водах под действием гидробионтов, водной растительности и донных отложений. Данный процесс, согласно исследованиям, подчиняется следующей зависимости:

$$K = K_0 \cdot \alpha^L, \quad (I)$$

где

- K_0 и K — соответственно содержание пестицидов в начальном и расчетном створах;
 L — расстояние до расчетного створа;
 Q и α — коэффициенты трансформации пестицидов в коллекторно-дренажных водах.

Согласно расчетам по зависимости (I), содержание фосфорорганических пестицидов снизится до уровня ПДК на расстоянии 1,5–2,0 км от створа сброса КДВ в коллектор ЦК, который является их приемником.

Для доведения до уровня ПДК стойких пестицидов (Д-ГХЦГ и севина), разложение которых происходит в течение длительного времени, необходимо 10-кратное разбавление чистой водой.

В коллекторно-дренажных водах совхоза № 5 пестициды или отсутствуют или находятся в пределах ПДК. Это объясняется, в основном, отсутствием сбросных вод, с которыми во время поливов выносятся основная часть пестицидов. Также немаловажным фактом является то обстоятельство, что на территории данного хозяйства уровень грунтовых вод должен поддерживаться вертикальными дренажом на глубине около 3,0 м, вследствие чего деструкция таких пестицидов, как севин, далапон, бутифос, тиофос произойдет в грунте зоны аэрации, и поэтому они не должны попасть в грунтовые воды.

Следует отметить, что данный прогноз содержания пестицидов в коллекторно-дренажных водах составлен без учета "аварийных" ситуаций, связанных с нарушением инструкции по применению, транспортировке и хранению ядохимикатов /I/. В случае нарушения этих правил загрязнение водных источников пестицидами может быть значительным.

Для снижения величины выноса пестицидов в водотоки необходимо осуществление следующих мероприятий:

- повторное внутрисистемное использование коллекторно-дренажных вод на орошение, благодаря которому вынос пестицидов с орошаемой территории можно снизить почти в 5 раз;
- применение пестицидов в гранулированном виде, что снижает их вынос на 15–20%;
- замена авиаобработки наземной. При этом вынос химических препаратов снижается на 10–15%;

– применение биологических средств защиты растений.

Л и т е р а т у р а

1. И н с т р у к ц и я по технике безопасности при хранении, транспортировке и применению пестицидов в сельском хозяйстве. М., "Колос", 1976.
2. С и с т е м а мероприятий по защите хлопчатника от вредителей, болезней и сорняков в республиках Средней Азии и Южном Казахстане, Ташкент, 1977.
3. Б р е д и х и н а Э.И., М о с к о в к и н В.М., Ю р - к о в Ю.В. Оценка выноса пестицидов поверхностным и дренажным стоком. "Гидротехника и мелиорация", 1979, № 12.
4. О р л о в а А.П., Д у н и н - Б а р к о в с к а я О.С. Прогнозирование загрязнения ядохимикатами водотоков Средней Азии. ЭИ "Комплексное использование и охрана водных ресурсов", вып. 9, сер. 4, М., 1979.

В.А. НИКОЛАЕНКО-канд. хим. наук
К.В. ГРОМЫКО-канд. биол. наук
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ПРОГНОЗ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ ГУНТ

Река Гунт находится в центральной части Памирского природного региона на территории Горно-Бадахшанской автономной области (ГБАО) Таджикской ССР. Она вытекает из оз. Яшилкуль, образовавшегося в результате завала, перегородившего долину р. Аличур, и на всем протяжении до впадения в р. Пяндж принимает около 45 крупных и 160 мелких притоков. Общая площадь бассейна р. Гунт – 13,7 тыс.км² /4, 10/.

По плану экономического развития ГБАО, в бассейне р. Гунт проектируется увеличить посевную площадь более чем в 2 раза и довести ее далее до 5,8 тыс.га. В связи с этим в данном районе возрастет потребление минеральных удобрений, которое в дальнейшем будет составлять 4,0 тыс.т. На реке намечается построить

каскад ГЭС, что окажет определенное влияние на качество ее воды. В связи с проблемой охраны водных ресурсов страны, задачей наших исследований являлась прогностическая оценка воздействия антропогенных факторов на гидрохимический и биологический режим реки и разработка на этой основе водоохраных мероприятий, предотвращающих изменение качества воды. Для решения вопроса нами проведено исследование современного состояния качества воды р. Гунт и проанализированы гидрохимические и гидробиологические данные по этому району за последние 15 лет /8/.

Анализ гидрологического и гидрохимического режима притоков р. Гунт показал, что все они имеют сравнительно невысокие расходы и низкую минерализацию воды — от 34,5 до 86,2 мг/л. Годовой среднемноголетний расход воды в р. Гунт в нижнем ее течении составляет 159,5 м³/с, а среднемноголетняя минерализация — 134,8 мг/л. Между минерализацией воды и ее расходом в реке прослеживается обратная зависимость: в период летнего половодья минерализация воды наименьшая и составляет 72–240 мг/л, в период зимней межени — наибольшая — 107–305 мг/л.

Из главных ионов в воде р. Гунт преобладают ионы кальция, среднемноголетняя концентрация которых достигает 22,3 мг/л, гидрокарбонаты — 71,6 мг/л. Содержание ионов натрия и калия составляет 9,87 мг/л, сульфатов — 21,4 мг/л. По ионному составу воды бассейна р. Гунт относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция, второму типу /I/. Вода р. Гунт слабощелочная, ее водородный показатель (pH) колеблется в пределах 7,12–8,35. Содержание растворенного в воде кислорода достигает в среднем 8,8 мг O₂ /л. Среднемноголетняя концентрация нитратного и нитритного азота составляет соответственно 0,31 и 0,013 мг/л, фосфатов — 0,016 и кремния — 4,94 мг/л. В нижнем течении реки в последние годы обнаруживаются небольшие концентрации фенолов, нефтепродуктов и СПАВ (таблица). Но несмотря на это, анализ гидрохимических показателей позволяет сделать вывод, что на современном этапе воды бассейна р. Гунт практически не загрязнены и могут быть использованы для любых народнохозяйственных целей.

Основу гидробиологического режима р. Гунт составляют реофильные биоценозы каменистого и песчаного дна, складывающиеся из относительно небольшого числа видов, среди которых преобла-

Т а б л и ц а

Среднемноголетние показатели качества воды р. Гунт в створе г. Хорог за 1965-1980 гг., мг/л

Ингредиенты	Зима (XII-III)	Весна (IV-V)	Лето (VI-VIII)	Осень (IX-XI)	Многолетние	
					предельные	средние
Расход воды, м ³ /с	25,98	52,51	297,73	59,98	11,5-794,0	159,49
Минерализация, мг/л	176,32	150,32	103,37	153,06	72,4-305,5	134,81
Ca ²⁺	31,26	24,19	16,74	24,93	7,94-39,5	22,26
Mg ²⁺	4,94	3,84	2,79	3,6	0,4-14,2	3,57
Na ⁺ +K ⁺	10,47	11,56	7,95	11,75	0,5-56,2	9,87
HCO ₃ ⁻	98,3	80,46	55,41	80,07	37,8-175,1	71,6
SO ₄ ²⁻	23,2	29,08	16,79	23,31	5,1-110,1	21,38
Cl ⁻	8,61	6,44	4,26	6,97	1,9-15,9	5,95
NO ₃ ⁻	0,0078	0,018	0,0136	0,0137	0,0001-0,12	0,0134
NO ₂ ⁻	6,50	6,04	6,95	4,57	1,9-17,5	6,09
O ₂	9,46	8,59	9,01	8,25	4,29-14,6	8,83
S _c	4,65	4,10	5,43	4,82	27,8-1,60	4,94
Фосфаты	0,0104	0,0070	0,0201	0,0204	0,001-0,099	0,0164
Жесткость, мг-экв/л	1,93	1,51	1,09	1,45	0,84-2,88	1,84

дают личинки воздушно-водных насекомых – веснянок, поденок, ручейников и хирономид. Все они являются преимущественно формами, характеризующими олигосапробную степень качества воды.

В верхнем течении реки определенное влияние на ее гидро-биологический режим оказывает зоопланктон оз. Яшилкуль. Но это влияние прослеживается только на незначительном участке реки, так как в условиях горной речки организмы, вынесенные из озера, быстро погибают.

Зоопланктон оз. Яшилкуль представлен 21 формами организмов – 7 коловраток, 8 ветвистоусых и 6 веслоногих рачков. Наибольшего развития он достигает в летний период года – 77–180 тыс.экз/м³ и наименьшего – в зимний – 7,0 тыс.экз/м³. Зообентос прибойной части литорали, занимающей большую часть береговой линии озера, как и в р. Гунт, представлен преимущественно личинками водно-воздушных насекомых, но вместе с ними здесь встречаются гидры, мшанки, моллюски, бокоплав и т.д. Наибольшего развития бентос достигает в зарослях макрофитов – рдеста, урути, роголистника, встречающихся в заливах озера. Заросли этих макрофитов являются основным местом нагула местной ихтиофауны, представленной гольцами, маринкой и джеосманом, из которых последние имеют промысловое значение /2, 3, 5, 6, 7, 9/.

Анализ фауны озера показывает, что доминирующее положение в ней занимают виды, характеризующие олигосапробную степень качества воды. Индекс сапробности колеблется здесь в пределах I,2–I,3. Результаты биологического анализа качества воды р. Гунт полностью подтверждают выводы гидрохимического анализа и показывают, что они практически не несут следов антропогенного загрязнения.

Прогноз гидрохимического режима воды р.Гунт проводился балансовым методом по следующему уравнению:

$$\sum u = \frac{Q_1 \sum u_1 + Q_2 \sum u_2 + Q_3 \sum u_3 - Q_4 \sum u_4 - Q_5 \sum u_5 - Q_6 \sum u_6}{Q_1 + Q_2 + Q_3 - Q_4 - Q_5 - Q_6},$$

где

- Q - объем стока, км³/год;
 $\sum u$ - минерализация воды, мг/л;
 Q_1 и $\sum u_1$ - параметры реки;
 Q_2 и $\sum u_2$ - возвратные воды с полей орошения;

- Q_3 и Σu_3 — возвратные промышленные и хозяйственные воды;
 Q_4 и Σu_4 — воды, используемые в животноводстве;
 Q_5 и Σu_5 — воды, используемые для орошения;
 Q_6 и Σu_6 — воды, используемые для промышленных и хозяйственных нужд.

Соответственно плану экономического развития района р. Гунт в дальнейшем эти показатели будут иметь следующие значения:

$Q_1 = 5,034 \text{ км}^3$	$\Sigma u_1 = 135 \text{ мг/л}$
$Q_2 = 0,016 \text{ км}^3$	$\Sigma u_2 = 500 \text{ мг/л}$
$Q_3 = 0,010 \text{ км}^3$	$\Sigma u_3 = 150 \text{ мг/л}$
$Q_4 = 0,005 \text{ км}^3$	$\Sigma u_4 = 135 \text{ мг/л}$
$Q_5 = 0,053 \text{ км}^3$	$\Sigma u_5 = 135 \text{ мг/л}$
$Q_6 = 0,014 \text{ км}^3$	$\Sigma u_6 = 135 \text{ мг/л}$

Результаты расчета по этим данным показали, что водный сток в реке в створе г. Хорог составит далее $4,98 \text{ км}^3$, а среднегодовая минерализация воды — 140 мг/л , содержание биогенных элементов по азоту — $0,42$, по фосфору — $0,0324 \text{ мг/л}$, т.е. увеличится соответственно всего на $0,1$ и $0,015 \text{ мг/л}$. Таким образом, прогноз минерализации воды р. Гунт с учетом всех возможных источников загрязнения:

- хозяйственно-бытовых и промышленных стоков,
- возвратных вод с полей орошения,
- смыва с застроенных территорий,
- смыва с пастбищ и животноводческих ферм

показывает, что качество воды далее не претерпит значительных изменений и останется на высоком уровне.

Стабильность гидрохимического режима вод р. Гунт определит стабильность ее гидробиологического режима. Водохранилища, сооружение которых предполагается осуществить в ее бассейне, не окажут отрицательного влияния на качество воды. Биологический режим этих водоемов будет формироваться под влиянием фауны оз. Яшилкуль и в качественном отношении соответствовать последней. Количественное развитие водных организмов в водохранилищах во многом будет определяться их конфигурацией и глубиной. Высокая изрезанность береговой линии и небольшие глубины будут способствовать развитию макрофитов, что, в свою очередь, создаст условия, благоприятствующие развитию водных организмов.

Изложенный выше прогноз качества воды р. Гунт составлен с учетом водоохранного комплекса, предотвращающего загрязнение вод промышленными, хозяйственно-бытовыми сточными водами, стоками с сельскохозяйственных угодий, загрязнение ядохимикатами и удобрениями с территории их исследования и при транспортировке.

Осуществление этого комплекса потребует строгого соблюдения следующих положений:

- сооружения новой и реконструкции существующей системы канализации в городах и населенных пунктах, расположенных в бассейне реки;
- хранения ядохимикатов и дефолиантов в специально сооруженных, изолированных типовых складах и соблюдение мероприятий, обеспечивающих их сохранность при транспортировке;
- сбрасываемые в р. Гунт сточные воды должны быть очищены по БПК_{полн.} до 3,0 мг O_2 /л, а по другим показателям — СПАВ, фенолы, нефтепродукты и т.д. до ЦК для водоемов водохозяйственного назначения.

Выполнение всех водоохраных мероприятий будет способствовать повышению качества воды р. Гунт.

В ы в о д ы

1. Воды бассейна р. Гунт на современном этапе не загрязнены. Среднегодовые показатели качества воды следующие: минерализация — 135, соединения азота — 0,33, фосфаты — 0,0164, мг/л, общая жесткость — 1,84 мг-экв/л, растворенный кислород — 8,83 мг/л.

2. По биологическим показателям вода относится к олигосапробному типу. Индекс сапробности колеблется в пределах 1,2—1,3.

3. Прогноз качества воды р. Гунт с учетом водоохраных мероприятий показал, что в дальнейшем компоненты загрязнения не превысят предельно-допустимых концентраций по санитарно-бытовому и рыбохозяйственному водопользованию: минерализация возрастет лишь на 5 мг/л и будет равна 140 мг/л. Содержание общего азота повысится от 0,32 до 0,42 мг/л, фосфаты — от 0,0164 до 0,0324 мг/л. Газовый режим изменению не подвергнется.

Л и т е р а т у р а

1. А л е к с и н О.А. Основы гидрохимии. Л., Гидрометеиздат, 1970.
2. Булун-Куль (Памир). В сб.: Гидробиология и ихтиология. Душанбе, "Дониш", 1956.
3. Б у л г а к о в Г.И. К ихтиофауне оз. Яшилкуль. Тр.САГУ, сер.УШ, вып. 25, Ташкент, 1936.
4. Географическая энциклопедия, т. 4, М., Изд. "Советская энциклопедия", 1964.
5. Г е р д С.В. Материалы к познанию бентоса оз. Яшилкуль. Ученые записки Карелофинского ин-та, т. Ш, вып. 3, Петрозаводск, 1956.
6. Ж а д и н К.И., Г е р д С.В. Реки, озера, водохранилища СССР, их флора и фауна. М., Изд. Минпросвещения РСФСР, 1961.
7. Жизнь пресных вод СССР, т. Ш, изд-е АН СССР, М.-Л., 1950.
8. К е й з е р И.Н. Озеро Яшилкуль. Тр. САГУ, сер. УП, вып. 15, Ташкент, 1936.
9. С и н е л ь н и к о в А.А. О зоопланктонах и питание молодых рыб озера Яшилкуль. М., 1969.
10. Ш у л ь ц В.Д. Реки Средней Азии. Л., Гидрометеиздат, 1965.

А.П.ОРЛОВА — канд.техн.наук

Л.В.ЯРОШЕНКО

(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ОХРАНА ВОДОТОКОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПЕСТИЦИДАМИ,
ПРИМЕНЯЕМЫМИ В ХЛОПКОВОДСТВЕ

Коммунистическая партия и Советское правительство уделяют большое внимание вопросам рационального использования и охраны природных богатств, в частности, водных, наряду с актуальными проблемами развития различных отраслей народного хозяйства, обеспечивающих технический прогресс.

Генеральный секретарь ЦК КПСС Л.И.Брежнев, выступая на XXV съезде КПСС, говорил: "Принимая меры для ускорения научно-технического прогресса, необходимо сделать все, чтобы он сочетался с хозяйским отношением к природным ресурсам, не служил источником истощения земли. Не только мы, но и последующие поколения должны иметь возможность пользоваться всеми благами, которые дает прекрасная природа нашей Родины".

В условиях среднеазиатских республик сельскохозяйственное производство основывается на применении дренажно-оросительных систем и внесении на поля большого количества различных пестицидов.

Для обработки хлопчатника от различных вредителей применяются следующие ядохимикаты:

— фосфорорганические препараты: фосфамид (БИ-58, диметнат, рогор, цигон), хлорофос, метафос, антио, фозалон, бутифос и др.;

— хлорорганические препараты: ДДТ, гексахлоран, полихлоркамфен и др.;

— карбаматы: севин, ТМД, цитам и др.

Из гербицидов наиболее распространены: далапон, монурон, диурон, каторан, прометрин.

Среди пестицидов одно из ведущих мест занимают фосфорорганические инсектициды (ФОИ), преимущество которых, по сравнению с другими химическими средствами, состоит в способности быстро разрушаться во внешней среде с образованием нетоксичных продуктов.

Высокая экономическая эффективность использования пестицидов в сельском хозяйстве и других отраслях способствовала быстрому развитию этой отрасли химической промышленности. Причем, наблюдается не только рост производства отдельных видов пестицидных препаратов, но и постоянное изменение и совершенствование их ассортимента. Однако широкое применение химических средств защиты растений приводит к загрязнению ирригационной сети — крупных и мелких каналов, оа-арыков, рек, грунтовых и артезианских вод, которое происходит, в основном, при сбросе коллекторно-дренажных вод с полей орошения. Разработка и осуществление водоохранных мероприятий в настоящее время приобре-

ет актуальное значение, и для решения этих вопросов необходимо всестороннее и тщательное изучение выноса ядохимикатов коллекторно- дренажным стоком с полей орошения в зависимости от различных факторов. Отдел охраны водных ресурсов САНИИРИ в течение нескольких лет занимался исследованием выноса ядохимикатов (фосфорорганических, хлорорганических) сбросными водами с хлопковых полей в староорошаемой зоне в Ташкентской области и новоорошаемой в Голодной степи на опытных участках, засеянных хлопком.

Вынос пестицидов изучался в зависимости от различных факторов: сроков полива, типа грунтов (слабозасоленные, сильнозасоленные), вида обработки сельхозрастений (наземная, авиаобработка), степени зараженности поля вредителями. Изучалось режим и различные варианты поступления ядохимикатов, агротехнические и агромелиоративные мероприятия, применяемые в исследуемом районе на опытном участке.

В результате проведенных исследований были выявлены основные закономерности выноса вышеперечисленных компонентов, его количественные характеристики в зависимости от вышеуказанных факторов, а также определено, что вынос фосфорорганических ядохимикатов (рогор и его аналоги) с 1 га орошаемой площади за период вегетации хлопчатника изменяется в пределах от 0,2-2,0% от количества внесенного ядохимиката (по действующему началу) и зависит от различных факторов.

На величину выноса ядохимикатов влияют следующие факторы, I. Сроки освоения земель.

Вынос ядохимикатов в староорошаемой зоне на 40-50% больше, чем в новоорошаемой, за счет десорбции их грунтов в связи с многолетним применением

$$B_t = Q \cdot K_{ср.t} (1 + \alpha),$$

где

Q - расход сбросных вод, м³/с·га;

$K_{ср.t}$ - средняя концентрация ядохимикатов в сбросных водах в новоорошаемой зоне, г/м³;

α - коэффициент изменения выноса ядохимикатов в зависимости от сроков освоения земель, $\alpha = 0,4-0,5$.

2. Степень зараженности поля.

Сильно зараженное и засоренное поле требует дополнитель-

ной обработки ядохимикатами, в связи с этим их вынос увеличивается на 30-80%

$$B_2 = Q \cdot K_{\text{ср.2}} (1 + \gamma),$$

где

$K_{\text{ср.2}}$ - средняя концентрация ядохимикатов в сбросных водах с поля, на котором не проводится дополнительной обработки;

γ - коэффициент изменения выноса ядохимикатов в зависимости от степени зараженности поля,

$$\gamma = 0,3-0,8.$$

3. Форма применения препарата (порошок, эмульсия, гранулы).

Применение препарата в гранулированном виде обеспечивает локализацию, снижает расход ядохимикатов и степень их вымывания. При этом вынос ядохимикатов снижается на 15-20%:

$$B_3 = Q \cdot K_{\text{ср.3}} (1 - \beta),$$

где

$K_{\text{ср.3}}$ - средняя концентрация ядохимикатов в сбросной воде с поля, обработанного данным препаратом в форме эмульсии;

β - коэффициент изменения выноса ядохимиката, применяемого в виде гранул, $\beta = 0,15-0,2$.

4. Способ обработки сельхозугодий (авиаобработка, наземная).

При наземной обработке вынос ядохимикатов уменьшается на 15-20% за счет уменьшения их распыления и уноса ветром:

$$B_4 = Q \cdot K_{\text{ср.4}} (1 - \zeta),$$

где

$K_{\text{ср.4}}$ - концентрация ядохимикатов в сбросных водах при обработке поля с помощью авиасредств;

ζ - коэффициент, учитывающий изменение выноса ядохимикатов в зависимости от способа обработки поля,

$$\zeta = 0,15-0,2.$$

Вынос ядохимикатов в общем виде с учетом всех факторов может быть представлен в следующем виде:

$$B = Q_n \cdot K_{\text{ср.п}} \{ (1 + \alpha)(1 + \gamma)(1 - \beta)(1 - \zeta) \}.$$

Защита водных объектов от загрязнения коллекторно-дренажным стоком в последние годы приобрела актуальное значение.

Отделом охраны водных ресурсов САНИИРИ, ВНИИВО и другими организациями разрабатываются инженерно-мелиоративные, агротехнические и организационно-хозяйственные мероприятия по предотвращению загрязнения водных источников ядохимикатами, применяемыми для обработки хлопковых полей. К числу таких мероприятий относятся:

а) деструкция пестицидов в зоне обработки (микробиологические и химические методы);

б) предупреждение загрязнения вод неорганизованным стоком, содержащим вредные примеси (устройство прибрежных водоохраных зон — лесозащитных полос, луговых урочищ, зон отчуждения, разомкнутых прибрежных емкостей), аккумулярование и обезвреживание стоков в специальных сооружениях;

в) предупреждение загрязнения водоемов возвратными водами орошения (обезвреживание в специальных сооружениях, хлорирование, облучение УФ-лучами, внутрисистемное повторное использование коллекторно-дренажных вод);

г) интенсификация процессов самоочищения вод от химических препаратов (распределение выпусков, аэрирование, направленное воздействие на флору и фауну водоемов);

д) разработка и применение средств, снижающих непроизводительный унос пестицидов (средства локализирующего опыления);

е) применение гранулированных форм химических препаратов и внедрение прогрессивных биологических средств защиты растений (грибковых, микробных, вирусных, инвентильных гормонов и др.).

В отделе охраны водных ресурсов САНИИРИ были проведены натурные исследования по внутрисистемному использованию коллекторно-дренажных вод, загрязненных ядохимикатами на опытном участке в Голодной степи, на котором были выделены 2 основные параллельные карты (по 1 га), с которых вода перепускалась на 2 вспомогательные карты (по 0,25 га). Режим обработки этих карт ядохимикатами был следующий: первая обработка рогором проводилась в середине июня (1,5–2 кг/га), вторая и третья — в июле полидофеном и рогором (1,5–2 кг/га).

Оросительная вода после полива основных карт пропускалась на полив вспомогательных карт, после чего сбрасывалась в коллектор. На данном участке концентрация ядохимикатов в коллекторе снижалась в несколько раз за

счет уменьшения обросного стока, адсорбции на грунтах и процессов самоочищения.

Ядохимикаты, выносимые с полей, адсорбируются в коллекторах и реках донными отложениями и водной растительностью. Через 5–6 сут после поступления ядохимикатов начинается "вторичное" загрязнение вод за счет процессов десорбции. Величина "вторичного" загрязнения ядохимикатами, согласно экспериментальным данным, изменяется по длине коллектора по зависимости

$$K_{\delta T} = K_1 \delta^{\alpha, L}$$

Расстояние от места сброса до устья коллектора L (км). Концентрация ядохимикатов в устье коллектора может быть определена по зависимости

$$K_{к.д.} = \frac{\sum Q_{сбр} \cdot K_{сбр}}{Q_{к.д.}} \cdot \alpha^{\alpha L} + K_1 \delta^{\alpha, L},$$

где

$K_{к.д.}$ – содержание ядохимикатов в устье коллектора, г/м³,
 $Q_{к.д.}, Q_{сбр}$ – расходы воды в устье коллектора и обросных водах, м³/с,

α, α – коэффициенты трансформации ядохимикатов в коллекторно-дренажных водах, зависящие от объема данных отложений, биомассы, видового состава водной растительности. Согласно экспериментальным данным,

$$\alpha = 0,96-0,98 \quad \alpha = 12-17 \quad K_1 = 0,3 K_0$$

K_1 – концентрация ядохимикатов, составляющая 25–30% от первоначального содержания ядохимикатов в данном створе,

K_0 – начальная концентрация ядохимикатов, г/м³,

δ, δ_1 – коэффициенты "вторичного" загрязнения, зависящие от объема донных отложений, биомассы и других факторов. Согласно результатам натурных исследований, $\delta = 0,9-0,92$, $\delta_1 = 8-12$.

Если каждое поле имеет самостоятельный выпуск обросных вод в коллектор, то содержание ядохимикатов в устье коллектора определится по следующей зависимости:

$$K_{к.д.} = \sum_i^n \frac{\sum_j^n Q_{сбр} \cdot K_{сбр}}{Q_{к.д.}} \alpha^{\alpha L} + \sum_i^n K_1 \cdot \delta^{\alpha, L}$$

Расстояние между сбросами $L_1, L_2, \dots, L_n$.

Нами рассмотрены также варианты поступления коллекторно-дренажных вод, загрязненных ядохимикатами, в реки.

В первом варианте в реку впадает несколько коллекторов через $L_1, L_2, \dots, L_n$. На участках между устьями коллекторов в реке концентрация ядохимикатов снижается за счет процесса самоочищения. Содержание ядохимикатов в речной воде в расчетном створе, расположенном на расстоянии L от места впадения n -го коллектора составит

$$K_p = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{k,q}}{Q_p} \left[\sum_{i=1}^n \frac{Q_{сб,р} \cdot K_{сб,р}}{Q_{k,q}} \cdot a^{\alpha L_i} + \sum_{i=1}^n K_i \cdot b^{\alpha_i L_i} \right] e^{-\alpha_p t_n},$$

где

t — время добегания воды до расчетного створа, сут.

Во втором варианте коллекторы сбрасывают свои воды в объединенный коллектор, впадающий в реку. Расстояние между устьями коллекторов $L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$

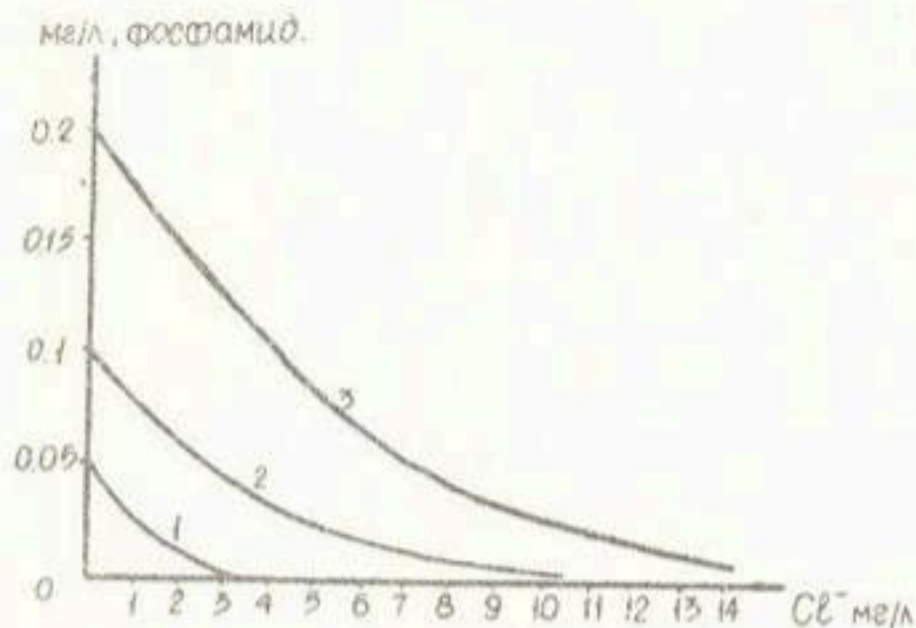
При этом учитывается процесс самоочищения в объединенном коллекторе

$$K_p = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{k,q}}{Q_p} \left[\sum_{i=1}^n \frac{Q_{сб,р} \cdot K_{сб,р}}{Q_{k,q}} \cdot a^{\alpha L_i} + \sum_{i=1}^n K_i \cdot b^{\alpha_i L_i} \right] a^{\alpha_{ок} L_{ок}} \cdot e^{-\alpha_p t},$$

Таким образом для условий Средней Азии наиболее приемлемым является использование ряда методов очистки в комплексе, при этом наиболее целесообразно сочетание внутрисистемного использования коллекторных вод с последующей доочисткой незначительного по объему стока, но с повышенной концентрацией ядохимикатов, в емкостях-приемниках, где вода должна быть выдержана до полного распада применяемых ядохимикатов с последующей окончательной очисткой хлорированием. Такой способ очистки нами назван комплексным методом.

Изучение реакции взаимодействия фосфамида с хлором показало, что одновременно с окислением происходит его гидролитическое разложение с образованием нетоксичных продуктов — диметилфосфата и метиламина.

В лаборатории отдела охраны водных ресурсов были проделаны опыты по хлорированию наиболее часто встречающихся в водотоках концентраций фосфамида (0,05; 0,4; 0,2 мг/л). На каждую концентрацию рогора брались различные концентрации хлора: 2, 4, 6, 8, 10 мг/л.



Изменение концентрации фосфамида в воде при хлорировании активным хлором.

Концентрация ядохимиката в воде убывает прямо пропорционально концентрации активного хлора (рисунок). Так, концентрация фосфамида (0,2 мг/л) в растворе снижается на половину при хлорировании активным хлором в дозе 4 мг/л. При концентрации активного хлора 12–14 мг/л концентрации фосфамида снижаются ниже ЦЛК.

Анализируя вышеуказанные методы очистки стока вод, загрязненных ядохимикатами, приходим к выводу, что наиболее перспективным является метод, сочетающий внутрисистемное использование коллекторно-дренажного стока с доочисткой его путем хлорирования в емкостях-приемниках. Натурные исследования и лабораторные опыты дают основание считать, что данный метод эффективен, но требует дополнительных детальных исследований по установлению предельно допустимых величин остаточного активного хлора в воде и вредных метаболитов. Все вышеперечисленные мероприятия в комплексе со специальными защитными мерами позволят свести до минимума роль поверхностного стока в загрязнении открытых водоемов и водотоков пестицидами.

Э.Д.ЧОЛПАНКУЛОВ – канд.геогр.наук
Т.А.ГАПИЧ
(САНИИРИ им. В.Д. Журма)

ВЕЛИЧИНА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ХЛОПЧАТНИКА НА ЦЕЛИННЫХ ЗЕМЛЯХ КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Вопрос рационального использования водных ресурсов является одним из наиболее важных при планировании мелиоративных мероприятий на вновь осваиваемых территориях. Получение здесь высоких урожаев сельхозкультур связано с поддержанием на них оптимального режима увлажнения.

Перед нами стояла задача экспериментального определения изменения величины водопотребления хлопчатника на целинных землях Каршинской степи в процессе их освоения.

Полевые работы проводились на землях целинных совхозов № 24 и 26 района им. Усмана Юсупова Кашкадарьинской области с мая 1974 по октябрь 1977 г.

Основным методом исследования являлся метод теплового баланса. Методика экспериментального определения составляющих теплового баланса предусматривала проведение актинометрических, термометрических, градиентных и фенологических наблюдений.

Наблюдения начались в 1974 г. на полупустынной равнине и продолжались на хлопковых полях первого – 1975, второго – 1976 и третьего – 1977 г. освоения. Величина эвапотранспирации с целины за период наблюдений составила 234 мм (табл. I).

Т а б л и ц а I

Величина эвапотранспирации с целинных земель (1974 г.)

Декада	Месяцы						Сумма VI-IX
	V	VI	VII	VIII	IX	X	
I		25	23	20	17	11	
II		23	20	19	14	5	
III	41	22	19	20	12	—	
Сумма за месяц		70	62	59	43	—	234

Наибольших значений величина испарения достигала в III декаде мая. В это время в почве еще сохранилась влага, накопленная за

зимне-весенний период, в дальнейшем величина испарения от декады к декаде изменялась незначительно. В сентябре испарение начинает понижаться и во II декаде октября достигает 5 мм. В первый же год освоения (1975 г.) величина эвапотранспирации достигла значительной величины - 1062 мм (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Величина эвапотранспирации с хлопкового поля (1975 г.)

Декада	Месяцы								Сумма У-Х
	У	У I	У II	У III	IX	X	XI	XII	
I	38	57	86	80	61	42	6	6	
II	38	58	71	71	58	27	5	-1	
III	42	106	98	71	44	15	3	2	
Сумма за месяц	118	221	255	222	163	84	14	7	1062

Первый полив оказывает большое влияние на все составляющие теплового баланса, в том числе и на испарение. Радиационный баланс во время и после полива сильно возрастает (более 20%) вследствие уменьшения альбедо и снижения эффективного излучения почвы. Турбулентный теплопоток до полива был равен $+86 \text{ кал/см}^2/\text{сут}$, а после полива он составил $-11 \text{ кал/см}^2/\text{сут}$. Изменение направления означает, что подстилающая поверхность хлопкового поля стала излучать не только радиационное тепло, но и дополнительное из атмосферы, которое тоже тратится на испарение.

Эвапотранспирация в период первого полива увеличилась в 2,9 раза по сравнению с предполивным периодом. По мере развития растительности влияние полива на величину эвапотранспирации ослабевало.

Величина теплопотока в почву под влиянием полива изменяется мало, так как увеличение влажности почвы во время полива приводит к увеличению ее теплопроводности, что ведет к уменьшению вертикальных градиентов температуры в почве и к сохранению величины теплообмена приблизительно на одном уровне.

За вегетационный период 1975 г. оросительная норма составляла 1097 мм. В начале вегетации уровень грунтовых вод достигал 723 см, в конце вегетации, после полива поднялся до 230 см. Величина эвапотранспирации за 1976-1977 гг. представлена в табл. 3 и 4.

Величина эвапотранспирации с хлопкового поля (1976 г.)

Декада	Месяцы												Сумма	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	У-Х	I-XII
I	5	-2	13	24	40	46	98	68	69	12	16	-4		
II	3	3	12	32	29	39	86	74	67	9	11	2		
III	9	2	20	20	53	68	95	63	41	4	7	-6		
Сумма за месяц	17	3	45	76	122	153	279	205	177	25	34	-8	961	1128

Т а б л и ц а 4

Величина эвапотранспирации с хлопкового поля (1977 г.)

Декада	Месяцы											Сумма У-Х	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	У-Х	
I	0,5	-5	6	7	18	30	72	82	33	24			
II	7	17	12	17	29	48	120	50	26	12			
III	1	16	12	-3	31	99	77	61	32	-4			
Сумма за месяц	8,5	28	30	21	78	177	269	193	91	32			840

Максимальное значение величины эвапотранспирации отмечено в июле, минимальное — в зимние месяцы.

Величины оросительных норм в 1976–1977 гг. составляли 1033 и 1273 мм соответственно. Уровень грунтовых вод изменялся следующим образом: в начале вегетации в 1976 г. составлял 290 см, в 1977 — 219 см, а в конце 1976 г. — 160 см, в 1977 г. — 158 см. Урожай на опытном участке за годы наблюдений постоянно возрастал и достиг 27,8 ц/га (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Величины оросительных норм и урожая хлопчатника

Показатель	Годы		
	1975	1976	1977
Оросительная норма, м ³ /га	10370	10330	12733
Урожай, ц/га	11,0	16,7	27,8
К, м ³ /ц	997,3	618,6	458,0

Из табл. 5 видно, что по мере хозяйственного освоения территории уменьшается количество воды, необходимое для создания 1 ц урожая.

Таким образом, на основе полученных результатов мы делаем выводы о том, что величина эвапотранспирации меняется в зависимости от периода освоения территории. В первый год освоения величина эвапотранспирации за период с мая по октябрь составила 1062 мм, во второй и третий год освоения — 961 и 840 мм соответственно. Следовательно, третий год освоения следует считать началом периода стабилизации эвапотранспирации целинных земель.

Наши результаты хорошо согласуются с результатами многолетних исследований Л.Н.Побережского по староорошаемой зоне Каршинской степи, где за период вегетации величина эвапотранспирации составила в среднем 812 мм /1/.

Результаты наблюдений за эвапотранспирацией в Каршинской степи позволяют сделать вывод о необходимости корректировки оросительных норм в зависимости от степени освоенности территории.

Л и т е р а т у р а

П о б е р е ж с к и й Л.Н. Водный баланс зоны аэрации в условиях орошения. Л., Гидрометеониздат, 1977.

Т.М. НИГМАНОВ

(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

РЕЖИМ СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ И ЕГО СТРУКТУРА НА ХЛОПКОВОМ ПОЛЕ В КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Важнейшую роль в основных закономерностях влаго- и теплообмена на деятельной поверхности, оказывающих влияние на формирование урожая и соотношения компонентов водного и теплового балансов, играет суммарное испарение.

Вопросы правильного нормирования оросительных и поливных норм, прогноз изменения мелиоративных условий орошаемых территорий и многие другие могут быть решены только при правильной оценке расхода влаги на составляющие суммарного испарения: транспирацию и испарение с поверхности почвы.

В настоящей работе приведены результаты исследований суммарного испарения и его структуры на хлопковых полях, орошаемых как дождеванием, так и бороздковым поливом.

Исследования проводились в 1974–1976 гг. на территории совхозов № 9 Нишанского района и № 26 Ульяновского района Кашкарьянской области. Общая площадь опытного участка в совхозе № 9 составляла 68,3 га, причем, дождеванием орошалось 32,8 га, бороздковым поливом – 35,5 га; в совхозе № 26 общая площадь 51 га, дождеванием орошалось 16 га, бороздковым поливом – 35 га.

Почвы опытно-производственного участка в совхозе № 9 относятся к сероземно-луговым с глубиной залегания грунтовых вод 2–3 м. В пределах опытного участка в совхозе № 26 распространены серо-бурые почвы. Характерной особенностью серо-бурых почв является крайне низкое содержание гумуса. Грунтовые воды к началу освоения залегали на глубине 7–8 м.

По гидрогеологическим условиям территория обоих опытных участков находится в области затрудненного притока и оттока грунтовых вод. Минерализация их колеблется в довольно больших пределах – от слабого до очень сильного, преимущественно с хлоридно-сульфатным типом засоления.

Суммарное испарение как основная расходная статья водного и теплового балансов формируется под влиянием множества природных факторов (метеорологических, гидрогеологических, почвенных, биологических и др.) и хозяйственных мероприятий (система обработки почвы, поливы и т.п.). В связи с этим существует много различных способов определения величины испарения.

В настоящей работе основным способом оценки потерь воды на испарение принят экспериментальный метод теплового баланса.

Как известно, под структурой суммарного испарения обычно подразумевают соотношение между его компонентами – транспирацией и испарением влаги почвой под растительным покровом.

В наших исследованиях испарение с поверхности почвы определялось испарителями малой модели, а величина транспирации – как разность суммарного испарения, найденного методом теплового баланса, и испарения с поверхности почвы под растениями.

Результаты экспериментальных исследований, проведенных в течение 1974–1976 гг., позволяют оценить изменение суммарного испарения и его структуры в течение периода май–сентябрь (табл. I).

Т а б л и ц а I

Месячные величины суммарного испарения 1974-1976 гг. (мм)

Год	Номер совхоза	У	УI	УII	УIII	IX	Сумма	Ширина междурядья
1974	9	43	169	255	195	131	793	60
1975	9	78	196	214	176	134	798	60
1976	26	98	156	196	145	88	683	90
1975 ⁺	9	64	199	207	166	141	777	60
1976 ⁺	9	79	131	199	179	133	721	60

Примечание. Здесь и в последующих таблицах

+ - бороздковый полив.

Как видно из табл. I, величина суммарного испарения за период май-сентябрь 1974-1976 гг. составила на участке дождевания 683-793 мм, на участке бороздкового полива - 721-777 мм. Максимальные месячные величины суммарного испарения наблюдаются в июле - 196-255 мм. В среднем за три года исследований величина суммарного испарения на участке дождевания составила 758 мм, на участке бороздкового полива за два года исследований - 749 мм, процесс испарения с двух полей происходит синхронно.

В течение мая-сентября 1975 г. на участке бороздкового полива было проведено три полива оросительной нормой 5000 м³/га, а на участке дождевания - пять поливов оросительной нормой 4700 м³/га; в 1976 г. на участке бороздкового полива проведены три полива нормой 5800 м³/га, а на участке дождевания - семь поливов нормой 4200 м³/га.

Структура суммарного испарения в течение вегетационного периода изменяется, что связано с изменением свойств деятельного слоя и растительного покрова, а также с ходом общеметеорологических характеристик. В табл. 2-4 приведены результаты определения компонентов суммарного испарения по годам.

Данные таблиц показывают, что основной расход воды приходится на транспирацию, доля которой в зависимости от влагообеспеченности и состояния посевов составляет 54 и более % суммарного испарения. Испарение с поверхности почвы за этот же период составляет от 31 до 46% суммарного испарения. Таким образом, до фазы цветения в суммарном испарении основную роль игра-

Т а б л и ц а 2

Месячные величины испарения с почвы и % от суммарного испарения

Год	Номер сов- хоза	У	%	УI	%	УII	%	УIII	%	IX	%	Е	%
1974	9	32	74	59	35	77	33	34	19	39	22	241	31
1975	9	72	92	75	38	71	33	36	20	38	28	292	37
1976	26	89	91	70	45	68	35	53	37	37	42	317	46
1975 ⁺	9	57	89	80	40	82	40	46	28	43	30	308	40
1976 ⁺	9	68	86	58	44	75	32	41	23	51	38	293	41

Т а б л и ц а 3

Месячные величины транспирации и % от суммарного испарения

Год	Номер сов- хоза	У	%	УI	%	УII	%	УIII	%	IX	%	Е	%
1974	9	11	26	110	65	178	67	161	81	92	78	552	69
1975	9	6	8	121	62	143	67	140	80	96	72	506	63
1976	26	9	9	86	55	128	65	92	63	51	58	366	54
1975 ⁺	9	7	11	119	60	125	60	120	72	98	70	469	60
1976 ⁺	9	11	14	73	56	124	62	138	67	82	62	428	59

Т а б л и ц а 4

Соотношение между расходом воды на испарение с почвы и транспирацию

Год	Номер совхоза	Расход воды, % от общей величины		
		E_{Φ}	$E_{\text{тр}}$	$E_{\Phi}/E_{\text{тр}}$
1974	9	31	69	0,45
1975	9	37	63	0,59
1976	26	46	54	0,85
1975 ⁺	9	40	60	0,67
1976 ⁺	9	41	59	0,69

ет испарение с поверхности почвы. Далее, когда хлопчатник достигает максимального развития, большая доля расходов влаги приходится на транспирацию. В конце вегетации вновь начинает увеличиваться доля расходов на испарение с почвы.

Для установления влияния отдельного полива на суточную

величину суммарного испарения воспользуемся данными табл. 5, в которой показаны величины испарения в отдельные дни после полива.

Т а б л и ц а 5

Величина суммарного испарения в отдельные дни после полива
в июле, мм

Год	До полива	Дни после полива						
		I	3	5	7	10	12	19
1974	4,5	10,6	8,7	7,7	7,3	6,4	5,3	4,7
1975	4,5	9,8	7,9	7,7	6,7	5,8	5,1	4,7
1976	3,0	10,0	8,5	7,6	6,6	4,4	4,4	3,6
1975 ⁺	4,5	9,8	8,8	8,0	7,7	6,8	5,3	4,6
1976 ⁺	4,0	7,4	6,9	6,7	6,4	5,5	5,1	4,9

на разных участках

Из табл. 5 видно, что величины суммарного испарения сравнительно близки. В первые три дня после полива суточная величина испарения достигает 7,5–10,6 мм, на 12-й – 15-й день она близка к предположенной. То, что величины суммарного испарения сравнительно близки, хорошо видно и из кривой зависимости суммарного испарения от дня после полива (рисунок).

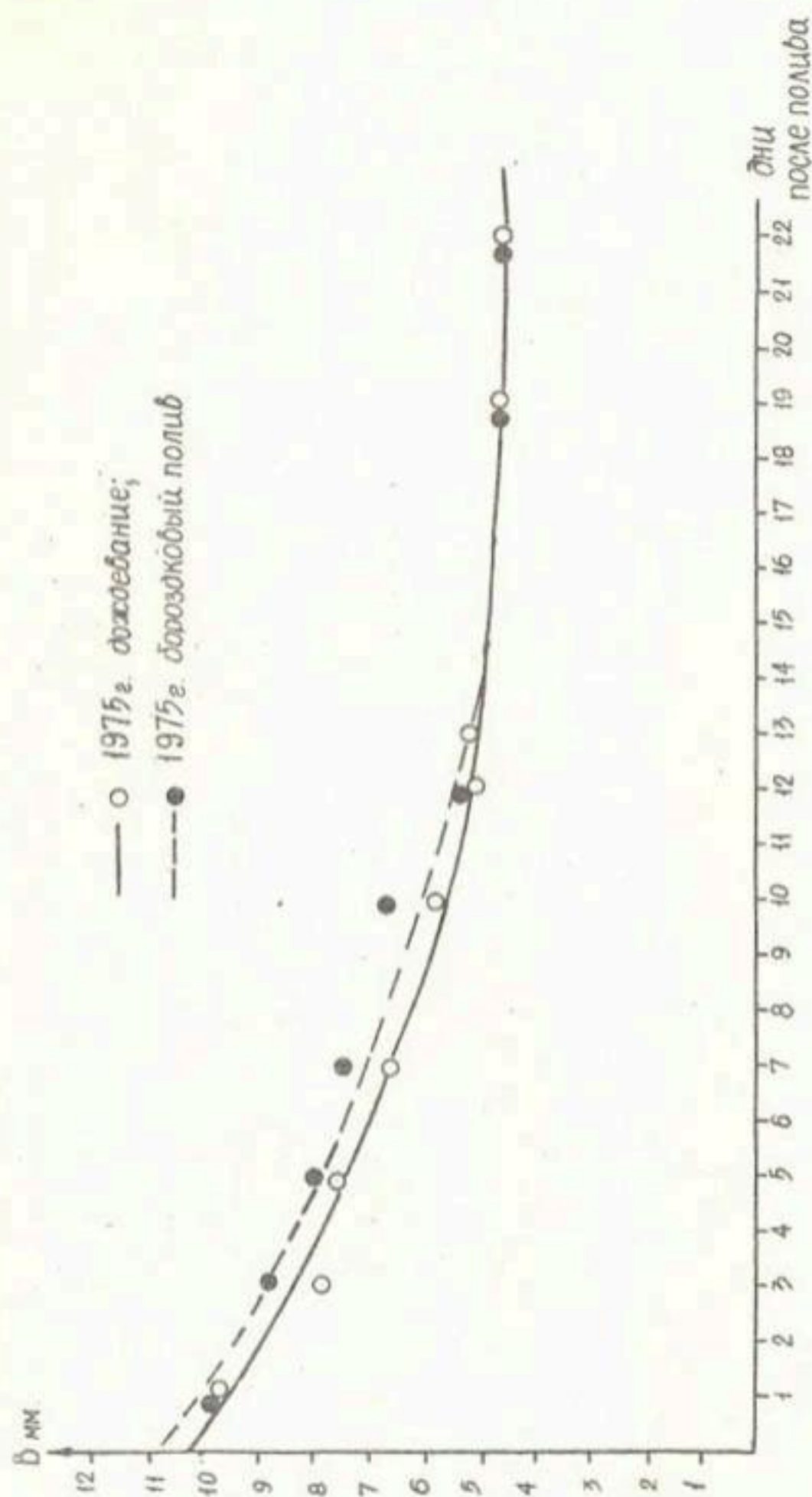
Точное представление об изменении величины испарения с почвы после полива дают данные, приведенные в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Величина испарения с почвы в отдельные дни после полива в
июле, мм

Год	До полива	Дни после полива					
		I	3	5	7	10	12
1974	1,6	6,7	5,3	3,5	3,3	2,2	1,7
1975	1,6	6,8	5,5	3,9	3,7	2,1	1,6
1976	1,4	5,8	4,5	2,7	2,2	1,7	1,4
1975 ⁺	1,6	6,8	4,9	3,8	3,3	1,7	1,6
1976 ⁺	1,6	5,9	4,5	3,3	3,1	1,9	1,6

Как видно из табл. 6, в первый день после полива величина испарения составляет от 58 до 79%, а уже на пятый день после полива – от 35 до 50% от суммарного испарения. Транспирация в эти дни колеблется, соответственно, от 42 до 21% и от 65 до 50% от



Зависимость суммарного испарения от дня после полива.

суммарного испарения. Итак, влага в первый день расходуется в основном на непродуктивное испарение с поверхности почвы, при этом суточные величины испарения на всех полях близки между собой (5,8–6,8 мм). Начиная с пятого дня после полива и далее основную долю в суммарном испарении занимает транспирация. Различия в структуре суммарного испарения на полях с разными междурядьями можно отнести за счет составляющих теплового баланса: турбулентного теплообмена и затрат тепла на испарение. Особенности теплового баланса оказывают большое влияние на режим суммарного испарения и его структуру.

В ы в о д ы

1. Хлопчатник на участке дождевания при близком залегании УГВ более интенсивно использует грунтовые воды, чем на участке бороздчатого полива.

2. В первые три дня после полива суточная величина испарения составляет 7–11 мм. На 12–15-й день она становится близкой к предполивной.

3. Преобладающую роль в период вегетации (май–сентябрь) в структуре суммарного испарения играют расходы воды на транспирацию, на долю которой приходится от 54 до 69% суммарного испарения. На испарение с поверхности почвы в начальный период вегетации приходится до 92% суммарного испарения. В целом за вегетационный период (май–сентябрь) от 31 до 46% суммарного испарения приходится на непродуктивное испарение с поверхности почвы.

4. Суточная сумма испарения с поверхности почвы в первые три дня после полива составляет 5–7 мм или же от 53 до 79% суммарного испарения. Транспирация за эти же дни составляет 2–4 мм или от 21 до 47% суммарного испарения.

В.П.СВЕТИЦКИЙ — канд. техн. наук
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА В БАССЕЙНЕ р. АМУДАРЬИ

Бассейн р. Амударьи — один из крупных в азиатской части СССР — состоит из горной (водосборной) и равнинной частей. Горная часть, приходящаяся на СССР, составляет 61% (из 226800 км²). Она включает бассейны рек Пяндж, Вахш, Кафирниган, Сурхандарья, Ширабаддарья, Кашкадарья, Зарафшан. По гидрографическим признакам к бассейну Амударьи относятся бессточные реки Мургаб, Теджен, Атрек, а также реки Северного Афганистана — Хульм, Балхо Сарыцуль, Кайсар.

Высокие темпы развития орошаемого земледелия и других отраслей народного хозяйства при ограниченных водных ресурсах бассейна — 79,5 км², в том числе собственно Амударьи 68,1 км² — обусловили необходимость проведения исследований изменения водных ресурсов и речного стока до их полного исчерпания и определения требований на переброску вод из сибирских рек.

Перераспределение естественного стока в связи с его использованием потребителями и главным из них — орошаемым земледелием — вызывает существенные изменения стока по длине рек. За 15-летний период (1962–1976 гг.) по бассейну собственно Амударьи орошаемая площадь увеличилась с 1077,6 до 1891,1 тыс. га; в большом бассейне Амударьи (включающем бассейны Кашкадарьи, Зарафшана, Мургаба и Теджена) за этот период она возросла с 1772,3 до 2596,1 тыс. га.

В бассейне Амударьи водозабор из рек производится более чем 500 каналами с суммарной пропускной способностью 6600 м³/с, а сбросные и коллекторные воды отводятся по 490 коллекторам и сбросам с общим расходом в их устьях около 1300 м³/с.

В исследованиях территориального перераспределения стока значительное внимание уделено возвратным водам. В современных условиях сток возвратных вод в бассейне Амударьи (1971–1976 гг.) составляет 14,6 км³/год или 26% от водозабора на орошение. К 1985 г. ожидается увеличение возвратных вод до 19,5 км³, а в дальнейшем по 20–21 км³.

В большинстве случаев возвратные воды имеют минерализацию значительно большую, чем в речных водах. Из общего стока возвратных вод около 29% имеют минерализацию 1-3 г/л, 24% - 3-5 и 47% - более 5 г/л.

Водоприемники возвратных вод: русло р. Амударьи (30% от общего стока), р. Кашкадарья (3%), р. Зарафшан (12%), периферийные озера, местные понижения и Аральское море (55%).

Методической основой исследований территориального перераспределения стока явились расчеты водохозяйственного баланса, представляющие собой сопоставление приходных и расходных элементов. В приходную часть входил речной сток бассейна, в расходную - водозабор на орошение, сопровождаемый поступлением в русло реки (или другой водоприемник) сбросных и возвратных вод. Уменьшение речного стока характеризовалось затратами стока, т.е. водозабором на орошение уменьшенным на величину сбросных и возвратных вод.

Разность между величиной "естественного" речного стока (с учетом русловой приточности и потерь) и стоком в замыкающем створе характеризует уменьшение стока в связи с его территориальным перераспределением.

Водохозяйственные балансы были выполнены для следующих речных бассейнов: Пянджа (частично), Кызылу, Вахша, Сурхандарьи и Шерабадарьи, Кашкадарьи, Зарафшана, собственно Амударьи по четырем участкам (верховью, среднему течению, низовью и дельте).

Выполненные исследования позволили сделать следующие выводы.

1. Водосборная часть бассейна представляет горную страну, где хозяйственная деятельность развита слабо, и на формирование речного стока она практически не влияет. Водные ресурсы бассейна в современных условиях и на ближайшую перспективу можно считать достаточно устойчивыми.

2. Территориальное перераспределение стока в бассейне вызывается антропогенными факторами - интенсивным развитием отраслей народного хозяйства, сопровождаемым ростом водопотребления. Основным водопотребителем здесь является орошаемое земледелие. За период 1962-1976 гг. водозабор в бассейне р. Амударьи увеличился с 30,5 до 52,6 км³, а в большом бассейне Амударьи - с 39,1 до 62,3 км³.

3. Во всех частях бассейна территориальное перераспределение стока, вызванное увеличением водозаборов на орошение, сопровождалось четко выраженным уменьшением его по длине рек и во времени. По бассейну Амударьи за период 1962-1976 гг. в устье реки сток уменьшался в многоводные годы на $37,5-43,4 \text{ км}^3$ (или на $34,2-49,0\%$ от "естественного" в створе Керки), в годы средней водности на $37,5 \text{ км}^3$ ($54,5\%$) и в маловодные годы на $44,3-51,4 \text{ км}^3$ ($76,7-80,7\%$). В большом бассейне Амударьи общее уменьшение речного стока в многоводные годы составило $47,5-55,5 \text{ км}^3$ (или $38,5-45,4\%$ от поверхностного притока вод в бассейн), в годы средней водности $44,5-59,0 \text{ км}^3$ ($57,8-76,6\%$) и в маловодные годы $49,8-58,3 \text{ км}^3$ ($81,0-95,0\%$).

4. В перспективе при дальнейшем развитии отраслей народного хозяйства будет увеличиваться водопотребление, которое вызовет более широкое территориальное перераспределение стока.

В.П. СВЕТИЦКИЙ -- канд. техн. наук

Г.А. АХМЕДОВ -- канд. геогр. наук

(САНИИРИ им. В.Д. Курица)

ИССЛЕДОВАНИЕ БАЛАНСА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Предусматриваемые в планах мелиорации земель на 1976-1980 гг. меры по улучшению использования мелиорируемых земель определяют дальнейшее развитие орошаемого земледелия в Центральной части Ферганской долины, в Голодной и Джизакской степях, Сурхан-Шерабадском районе и Каршинской степи. Последние два района, как южные, имеют благоприятные условия для выращивания ценных сортов тонковолокнистого хлопчатника.

В данной работе освещены результаты исследования баланса поверхностных вод на территории первой очереди орошения Каршинской степи. Основным водным источником Каршинской степи до 1973 г. являлась р. Кашкадарья.

С лета 1973 г. начал действовать вновь построенный Каршинский магистральный канал с водозабором из Амударьи. С этого времени основным источником орошения рассматриваемой территории является этот канал с Ульяновской веткой. По КМК часть воды транзитом подается в Касанский район.

Территория первой очереди орошения и освоения Каршинской степи объединяет в своем контуре 265,91 тыс.га валовой площади. Северная часть ее ограничена руслом р. Кашкадарьи и представляет левобережье дельтовой равнины реки, южная — массив целинных земель, ограниченный трассами южного коллектора, его северной ветки, р.Джар и КМК. Здесь намечается организация более 30 хозяйств с общей поливной площадью 206,020 тыс.га (площадь нетто 194,34 тыс.га).

После подачи Амударьинской воды в Каршинскую степь темпы освоения целинных земель значительно возросли (табл. 1). Сейчас территория первой очереди орошения Каршинской степи разделена на 5 административных районов: Каршинский, Ульяновский, Нишанский, Усман-Юсуповский и Мубаракский.

Т а б л и ц а 1

Рост орошаемых земель в Каршинокой степи

Показатель	Годы					
	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Орошаемая площадь, га	59008	69464	84810	99513	137532	156800

За рассматриваемый период (1973-1978 гг.) размер орошаемой площади (в контуре первой очереди освоения Каршинской степи) увеличился более, чем в 2,5 раза. На орошаемых землях, наряду с хлопчатником, значительную площадь занимают зерновые, люцерна, сады-виноградники, овоще-бахчевые и прочие культуры (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Состав основных сельхозкультур Каршинской степи, га

Культура	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Хлопчатник	30165	45255	53620	61060	85025	973000
Люцерна	7571	8276	6484	7515	13972	15840
Кукуруза	4243	4448	3947	4329	9888	11260

продолжение табл. 2

Культура	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Зерновые	7876	940	4431	17898	14767	16840
Сады-виноградники и прочие	9143	10545	13328	8711	13880	15580
Перелогы-залежи и пустынные участки	147012	136556	121210	106507	68488	49220
Всего:	206020	206020	206020	206020	206020	206020

Исследования баланса поверхностных вод на территории первой очереди орошения Каршинской степи до 1975 г. носили региональный характер, а начиная с 1976 г. они состоят из двух частей: 1. Изучение регионального баланса поверхностных вод территории;

2. Изучение баланса поверхностных вод в контуре отдельных ключевых хозяйств (совхозы 9, 14, 24).

Задачей исследований являлось определение притока поверхностных вод в балансируемый контур, оттока за его пределы, оценка атмосферных осадков, расчет суммарного испарения с различных подстилающих поверхностей и оценка минерализации поверхностных вод.

Для определения притока и оттока поверхностных вод на изучаемой территории было организовано 42 гидрометрических створа, из них 18 на каналах и распределителях и 24 – на коллекторах. На этих створах проводились регулярные ежелекандные замеры расходов воды по притоку в регион и отдельные хозяйства, а также по оттоку из этих балансируемых контуров. Одновременно отбирались пробы воды на химический анализ.

Водоподача на всю изучаемую территорию учитывалась во входных и выходных створах Каршинского магистрального канала и его Ульяновской ветки. Суммарный водозабор на орошение изменялся следующим образом (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Водозабор на орошение в Каршинской степи

Показатель	Годы					
	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Водозабор, млн. м ³	785	890	1321	1568	1872	1915

За период с 1973 по 1978 год он увеличился более чем в 2,5 раза. Коллекторно-дренажная сеть здесь строится с 1965 г. Ежегодно она развивается, охватывая дренажированием новые площади, вводимые в сельхозоборот. Южный магистральный коллектор протяженностью около 90 км построен в период 1965-1967 год. Они принимают 6 правобережных коллекторов (Дашт, БК, ЮК-5, ЮК-4, ЮК-6 и Северная ветка) и один левобережный (ЮК-Л-3), которые построены в период 1966-1973 год и имеют разную протяженность. Кроме этих межхозяйственных коллекторов, построены многочисленные внутрихозяйственные. Сведения о развитии коллекторной сети приведены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Развитие коллекторной сети в Каршинской степи

Наименование коллектора	Год строительства		Протяжен- ность, км	Среднегодовой расход в устье (1978), м ³ /с
	начало	окончание		
Южный магистраль- ный	1965	1967	88,7	23,0
Дашт	1966	1967	32,8	6,0
БК	1967	1968	11,0	1,1
ЮК-5	1968	1969	33,5	2,6
ЮК-4	1968	1969	23,5	0,8
ЮК-6	1969	1970	46,5	3,0
Северная ветка	1967	1968	28,5	4,4
ЮК-7	1969	1973	33,6	2,8
ЮК-8	1969	1970	26,7	1,0
Ташкудук	1970	1973	18,6	0,6
Майманак	1970	1973	16,0	0,5
Месет	1970	1973	23,2	0,5
Д-8	1970	1973	25,0	0,5
ЕК	1969	1973	33,4	0,5
Д-5	1970	1973	14,0	0,3
Д-13	1970	1973	26,2	0,5
ЮК-Л-3	1968	1970	27,0	1,0

Отток поверхностных вод из рассматриваемого региона за его пределы учитывался в конечном створе Южного магистрального коллектора (табл. 5). Этот створ расположен ниже устья Северной ветки.

Т а б л и ц а 5

Показатель	Годы					
	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Отток, млн.м ³	49,0	78,5	173,0	380,0	450,0	674
То же, проценты от водозабора	6	9	13	24	24	35

Для изучения минерализации воды отбирались пробы на химический анализ из всех коллекторов и КМК. В табл. 6 приведены среднегодовые величины общей минерализации поступающей и отводимой воды.

Т а б л и ц а 6

Показатель	Годы					
	1973	1974	1975	1976	1977	1978
КМК, г/л	0,57	0,63	0,81	1,06	0,94	0,70
Поступление солей, тыс.т	102	691	1394	2090	2185	1340
Южный магистральный коллектор, г/л	14,0	13,0	11,4	10,7	10,4	9,4
Суммарный вынос солей, тыс.т	684	1373	2260	4054	5031	6599
Разность поступления и вынос солей, тыс.т	582	682	866	1964	2846	5259

Приведенные данные показывают, что минерализация поступающих вод за годы исследований изменялась в пределах 0,57-1,06 г/л. Это объясняется тем, что суммарный сброс минерализованных вод в верхние участки р.Амударьи за этот период значительно увеличился.

Минерализация коллекторно-дренажных вод (в конечном створе Южного магистрального коллектора) за годы наблюдений уменьшилась с 14 до 9,4 г/л, причем в последние годы отмечается ее стабилизация на уровне 10-11 г/л.

За рассматриваемый период вынос солей коллекторно-дренажными водами (с учетом транзита и сброса Амударьинской воды по КМК и УВ) возрос с 684 тыс.т в 1973 г. до 5259 тыс.т в 1978 г. Атмосферные осадки здесь учитывались по данным метеорологической станции Карши (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Годовые суммы осадков в Каршинской степи

Показатель	Годы					
	1973	1974	1975	1976	1977	1978
мм	244	273	143	310	134	276
млн.м ³	504	560	296	640	278	570

Суммарное испарение рассчитывали по формуле американских исследователей Блейни и Кридла по данным о температуре воздуха метеорологической станции Карши и площади культурной растительности и пустынных участков. Эта формула в метрической системе имеет следующий вид:

$$E = 0,458 \times K \times \Sigma \rho \quad (t + 17,8),$$

где

- K — эмпирический коэффициент, зависящий от вида растительного покрова,
 t — среднемесячная температура воздуха в градусах Цельсия,
 ρ — процент дневных часов от годового, зависящий от географической широты местности.

Результаты расчета суммарного испарения в изучаемом регионе приведены в табл. 8.

Т а б л и ц а 8

Суммарное испарение в Каршинской степи

Показатель	Годы					
	1973	1974	1975	1976	1977	1978
мм	493	527	574	606	750	823
млн.м ³	1016	1088	1185	1253	1543	1690

Приведенные данные показывают, что по мере освоения пустынных и залежных земель под орошение, размер суммарного испарения в рассматриваемом регионе увеличивается (с 1016 млн.м³ в 1973 г. до 1690 млн.м³ в 1978 г.). Исследования 1973–1978 гг. по определению составляющих баланса поверхностных вод и режима суммарного испарения, проведенные на территории первой очереди орошения Каршинской степи, позволили получить количественные характеристики указанных элементов (табл. 9).

Т а б л и ц а 9

Элементы баланса поверхностных вод территории первой очереди орошения Каршинской степи, млн.м³

Годы	Атмосфер. осадки	Поверхн. приток	Поверхн. отток	Суммарное испарение	Разность $\sum \text{пр} - \sum \text{от}$
1973	504	785	49	1016	224
1974	560	890	79	1088	283
1975	296	1321	173	1185	259
1976	640	1568	380	1253	315
1977	278	1872	450	1543	157
1978	570	1915	674	1690	121

Сравнивая приходные и расходные элементы баланса поверхностных вод за рассматриваемый период, можно отметить, что по мере развития орошения в Каршинской степи происходит изменение структуры баланса в сторону повышения прихода влаги над расходом. Это является причиной пополнения запасов грунтовых вод и влаги в зоне аэрации.

В заключение можно отметить, что за рассматриваемый период орошаемая площадь возросла с 53 до 156,8 тыс.га, в том числе площадь под посевами хлопчатника увеличилась с 30 до 97,3 тыс.га. Водоподача при этом на орошение этих земель возросла более чем в три раза, а на каждый поливной гектар в 1978 г. подавалось по 16–17 тыс.м³ воды.

С ростом орошаемых площадей увеличивается и удлиняется коллекторно-дренажная сеть и, соответственно, отток дренажных вод. За 6 лет наблюдений, коллекторно-дренажный сток (вместе со сбросными водами) увеличился с 49 млн.м³ в 1973 г. до 674 млн.м³ в 1978 г.

Наличие коллекторно-дренажной сети в зоне первой очереди орошения Каршинской степи замедляет подъем уровня грунтовых вод и способствует рассолению земель. За рассматриваемый период вынос солей коллекторно-дренажными водами возрос с 582 тыс.т в 1973 г. до 5259 тыс.т в 1978 г. При этом степень минерализации этих вод в конечном створе Южного магистрального коллектора уменьшилась на 4–5 г/л.

Величина суммарного испарения увеличилась в полтора раза

за счет увеличения орошаемых площадей и соответственного уменьшения целинных и залежных земель.

Натурные исследования элементов баланса поверхностных вод в Каршинской степи с 1973 по 1978 год позволили накопить исходные данные для разработки предложений по наиболее эффективному и рациональному использованию водных ресурсов.

В настоящее время, когда освоена значительная часть первой очереди орошения Каршинской степи и нормально функционирует оросительная и коллекторно-дренажная сеть, представляется возможным осуществить полное или частичное повторное использование возвратных вод. Это позволит при сравнительно небольших капиталовложениях на технические мероприятия наиболее эффективно использовать водные ресурсы среднего течения р. Амударьи и, в частности, подаваемую по КМК.

Сущность предложения заключается в следующем.

Сток десяти коллекторов (ЮК, Дашт, БК, ЮК-5, ЮК-5-1, ЮК-4, ЮК-6, ЮК-7, Ташкудук и ЮК-8) на пересечениях с Ульяновской веткой частично или полностью перекачивается в последнюю (при сохранении уровня режима коллекторов), разбавляется чистой водой до кондиции и повторно используется на орошение.

Оставшаяся часть коллекторного стока из выходного створа Южного коллектора (ниже устья Северной ветки) может быть подана по специальному (вновь построенному) каналу в КМК на участок между насосными станциями 5 и 6, где будет разбавляться чистой водой до кондиции и также повторно использоваться на орошение.

Сток возвратных вод с орошаемой территории первой очереди освоения Каршинской степи приближенно оценивается в 674 млн. м³ (или более 30% от водозабора на орошение). Таким образом, представляется возможным осуществить следующее:

1. Полностью (или частично) повторно использовать возвратные воды с территории первой очереди орошения Каршинской степи;
2. При частичном использовании коллекторного стока дополнительно оросить до 20 тыс. га земель при том же головном водозаборе в КМК из Амударьи;
3. Не ухудшать качества воды р. Амударьи за счет сброса возвратных вод.

Нами выполнены предварительные расчеты по использованию стока коллекторов на пересечениях с Ульяновской веткой. В каче-

стве модели приняты фактические данные 1978 г. Рассмотрены три варианта:

1. Полное использование коллекторного стока;
2. Частичное использование коллекторного стока с исключением коллекторов (с большой минерализацией и малым расходом) БК, ЮК-4, Ташкудук;
3. Предварительная очистка промышленных и коммунально-бытовых стоков в системе коллектора Дашт (с доведением минерализации до 2 г/л).

Во всех вариантах основное мероприятие заключается в разбавлении коллекторного стока речной водой. В качестве критерия разбавления принято следующее: сумма ионов 3 г/л, в том числе хлоридов до 1 г/л.

П е р в ы й в а р и а н т: полное использование коллекторного стока всех 10 коллекторов путем перекачки в Ульяновскую ветку. Расчеты показали, что при поступлении коллекторных вод в Ульяновскую ветку минерализация смешанных вод вниз по течению увеличивается и значительно превышает принятые критерии, поэтому этот вариант не может быть принят и подробно не рассматривается.

В т о р о й в а р и а н т: частичное использование коллекторного стока. Коллекторы с сильной минерализацией БК, ЮК-4, Ташкудук исключаются из расчета, тогда минерализация смешанных вод в Ульяновской ветке в конечном створе в течение года будет колебаться в пределах 2,13-4,68 г/л, в том числе содержание хлоридов 0,43-1,03 г/л (при расходе оставшихся коллекторно-дренажных вод от 7,4 до 8,6 м³/с). Наибольшая минерализация приходится на невегетационный период, в вегетационный она не превышает принятых критериев.

Таким образом, при частичном использовании стока семи коллекторов (ЮК, Дашт, ЮК-5, ЮК-5-1, ЮК-6, ЮК-7, ЮК-8) в вегетационный период (III-УШ) можно иметь дополнительные водные ресурсы - около 250 млн.м³, которые позволят дополнительно оросить около 20 тыс.га земель.

Т р е т ь и й в а р и а н т: здесь рассматривается случай с частичной очисткой стока коллектора Дашт (в основном промышленных и коммунально-бытовых стоков) с доведением минерали-

зации до 2 г/л, по хлору до 1 г/л. В данном варианте минерализация смешанных вод в конечном створе при расходе 40–50 м³/с и более (исключая I, II, IX–XII месяцы) не превышает принятые критерии. В этом случае можно получить дополнительные ресурсы — около 400–500 млн. м³ воды. Это позволит дополнительно оросить до 40–50 тыс. га осваиваемых земель без увеличения головного водозабора в КМК из р. Амударьи.

Для полного повторного использования коллекторных вод потребуется осуществление комплекса капитальных технических мероприятий по их очистке с большими материальными затратами. На основе результатов наших исследований институтом "Средазгиэпро-водхлопок" выполнены проектные работы по повторному использованию возвратных вод в Каршинской степи.

К.Е.МАРГОВСКИЙ
(САНИИРИ им. В.Д. Журина)
Л.В.ПРОСМУШКИНА
(САНИИ им. Бугаева)

К ВОПРОСУ КИНЕТИКИ РАЗЛОЖЕНИЯ БУТИФОСА В ВОДЕ

При рассмотрении вопросов, связанных со стабильностью применяемых пестицидов и их выносом в естественные водотоки, важно знать кинетику разложения фосфорорганических ядохимикатов в воде в зависимости от различных факторов. Создание математической модели разложения пестицидов в значительной мере облегчит задачу прогноза качества речных вод и послужит целям разработки комплекса водоохраных мероприятий по защите природных вод от загрязнения ядохимикатами.

В настоящей работе рассматривается скорость разложения бутифоса в дистиллированной воде и предпринята попытка математически смоделировать этот процесс. Изучение разложения бутифоса ($C_{12}H_{27}OS_2P$) обусловлено широким применением этого препарата в хлопководстве в качестве дефолианта. Несмотря на то, что деструкция ядохимикатов является многофакторным процессом, мы ограничились рассмотрением влияния на разложение бутифоса в воде

температуры как одного из основных климатических факторов в условиях аридной зоны.

Лабораторный эксперимент был поставлен в отделе Охраны водных ресурсов следующим образом. В качестве емкостей использовали 0,5-литровые стеклянные сосуды, заполненные дистиллированной водой по 300 мл в каждом. На выбранный объем пробы вносили 0,6 мкг очищенного препарата, содержащего 99,9% действующего начала. Для создания различного термического режима опыты с бутифосом закладывали по четырем вариантам с двукратной повторностью: I — $T=10^{\circ}\text{C}$, II — $T=25$, III — $T=37$ и IV — $T=43^{\circ}\text{C}$. Пробы воды на анализ отбирали через 1, 3, 6, 9, 15 и 20 сут. Содержание бутифоса в пробах определяли газохроматографическим методом (табл. I).

Данные, полученные по двум повторностям, осреднялись и по средним результатам были построены кинетические кривые разложения бутифоса (рис. 1). Из графика видно, что во всех четырех

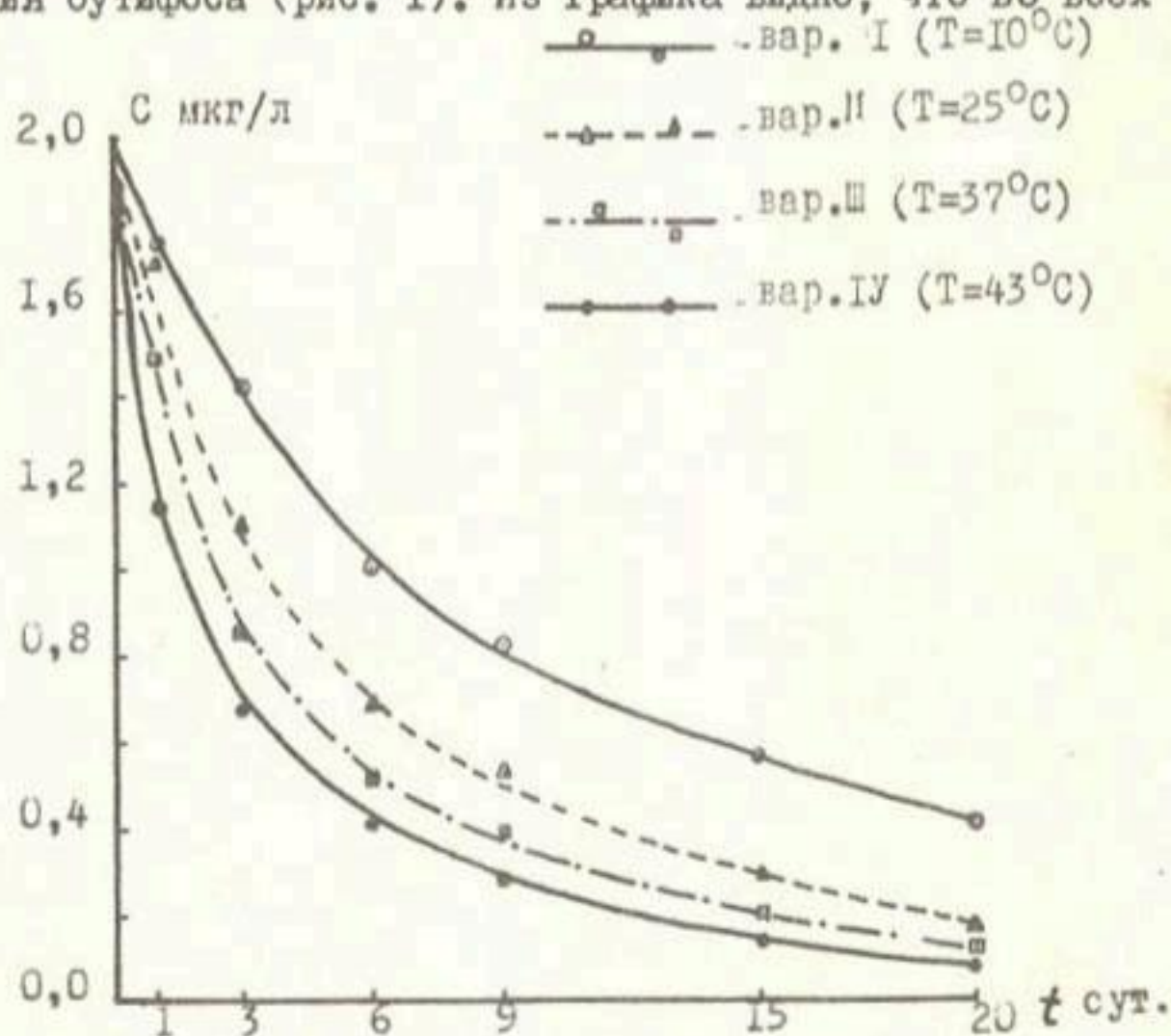


Рис. 1. Кинетические кривые разложения бутифоса в воде ($\text{pH} = 6$).

Результаты эксперимента по разложению бутифоса в воде ($pH = 6$)

Время, сут	$T = 10^{\circ}C$			$T = 25^{\circ}C$			$T = 37^{\circ}C$			$T = 43^{\circ}C$		
	C	C _{ср.}	C	C	C _{ср.}	C	C	C _{ср.}	C	C	C _{ср.}	C
I	I,96	I,78	I,63	I,71	I,49	I,13	I,13	I,13	I,13	I,13	I,13	I,13
3	I,60		I,80		-	I,13	I,13		I,13	I,13		
6	I,59	I,43	-	I,10	I,09	0,87	0,87		0,87	0,87		
9	I,27		I,10		0,61	0,50	0,50		0,50	0,50		
15	I,06	I,14	0,69	0,69	0,77	0,57	0,57		0,57	0,57		
20	I,23		-		0,25	0,30	0,30		0,30	0,30		
	0,98	0,83	0,37	0,53	0,41	0,30	0,30		0,30	0,30		
	0,68		0,69		0,37	0,26	0,26		0,26	0,26		
	0,53	0,57	0,27	-	0,20	0,16	0,16		0,16	0,16		
	0,61		0,31		-	0,17	0,17		0,17	0,17		
	0,40	0,41	0,28	0,17	0,12	0,10	0,10		0,10	0,10		
	0,42		0,07		0,11	0,042	0,042		0,042	0,042		

вариантах кривая зависимости концентрации препарата от времени имеет вид экспоненты. Причем, в I варианте при температуре 10°C процесс разложения протекает более плавно, чем при высоких температурах. Так, на 3-и сутки концентрация препарата в пробах I варианта составила $1,43 \text{ мкг/л}$, т.е. $28,5\%$ от внесенного в пробу количества бутифоса подверглось разложению, в то время как в пробах IV варианта ($T = 43^{\circ}\text{C}$) упала до $0,68 \text{ мкг/л}$, т.е. разложилось 66% препарата. За время проведения эксперимента (20 сут) ни в одном из вариантов не было достигнуто полного разложения препарата. Так, на 20-е сутки концентрация бутифоса в I варианте ($T = 10^{\circ}\text{C}$) составила $0,41 \text{ мкг/л}$, а в IV ($T = 43^{\circ}\text{C}$) — $0,080$. Так как отсутствие микроорганизмов в пробах и освещенности проб в ходе эксперимента исключает влияние этих факторов на процесс разложения бутифоса, распад препарата можно объяснить протекающим в растворе гидролизом бутифоса.

В задачу данной работы входит математическое описание процесса разложения бутифоса в воде в зависимости от времени и температуры. Для построения модели воспользуемся полиномой

n — степени, применяемой для описания уравнений реакций первого порядка, протекающих по экспоненциальной закономерности,

$$\frac{dc}{dt} = -\alpha_1 c - \alpha_2 c^2 - \dots - \alpha_n c^n, \quad (1)$$

где

c — концентрация бутифоса в момент времени t .

Для облегчения задачи ограничимся только двумя первыми членами уравнения

$$\frac{dc}{dt} = -\alpha_1 c + \beta c^2 \quad (2)$$

Найдем зависимость коэффициентов " α " и " β " от температуры T . Для этого перепишем уравнение (2) в виде

$$\frac{dc}{c(1 - \frac{\beta}{\alpha}c)} = -\alpha dt. \quad (3)$$

Представим левую часть уравнения (3) следующим образом:

$$dc \left(\frac{A}{c} + \frac{B}{1 - \frac{\beta}{\alpha}c} \right) = dc \frac{A - \frac{\beta}{\alpha}cA + cB}{c(1 - \frac{\beta}{\alpha}c)}.$$

Из условия, что $A - \frac{\beta}{\alpha}cA + cB = 0$, имеем:

$$\begin{cases} A = 1 \\ (cB - \frac{\beta}{\alpha}c) = 0; B = \frac{\beta}{\alpha}. \end{cases}$$

Подставив значения "А" и "В" в уравнение (3) и прологарифмировав полученное выражение, будем иметь

$$\ln C - \ln \left[1 - \frac{\beta}{\alpha} C \right] = \ln N - \alpha t, \quad (4)$$

где N определяется из начальных условий $N = \frac{C_0}{1 - \frac{\beta}{\alpha} C_0}$

(C_0 — концентрация бутифооса в момент времени $t = 0$).
Далее легко получить выражение зависимости вида $C = f(a, \beta, t)$:

$$C = \frac{C_0 e^{-\alpha t}}{1 - \frac{\beta}{\alpha} C_0 (1 - e^{-\alpha t})}. \quad (5)$$

Прологарифмируем уравнение (5), обозначив $\ln \frac{C}{C_0} = y$:

$$y = -\alpha t - \ln \left[1 - \frac{\beta}{\alpha} C_0 (1 - e^{-\alpha t}) \right]. \quad (6)$$

Для нахождения коэффициентов "а" и "б" воспользуемся аппроксимацией, сущность которой заключается в следующем. Положим, что при малых значениях $(1 - X)$, $\ln(1 - X)$ стремится к $-X$, т.е. в уравнении (6)

$$\ln \left[1 - \frac{\beta}{\alpha} C_0 (1 - e^{-\alpha t}) \right] \approx -\frac{\beta}{\alpha} C_0 (1 - e^{-\alpha t}).$$

Далее, решая уравнение (6) разложением в ряд Тейлора, имеем:

$$y = -(1 - A)\alpha t - A \frac{\alpha^2 t^2}{2}, \quad (7)$$

где $A = \frac{\beta}{\alpha} C_0$.

Таким образом, получена система уравнений

$$\begin{cases} y = -(1 - A)\alpha t - A \frac{\alpha^2 t^2}{2} \\ \left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=0} = -(1 - A)\alpha. \end{cases}$$

Решая данную систему графически, получаем зависимости коэффициентов "а" и "А" от температуры, которые, как видно из графика (рис. 2), имеют вид прямой линии и выражаются в следующих уравнениях:

$$\alpha = 0,0065 T - 0,0182, \quad (8)$$

$$A = 0,0007 T - 0,07. \quad (9)$$

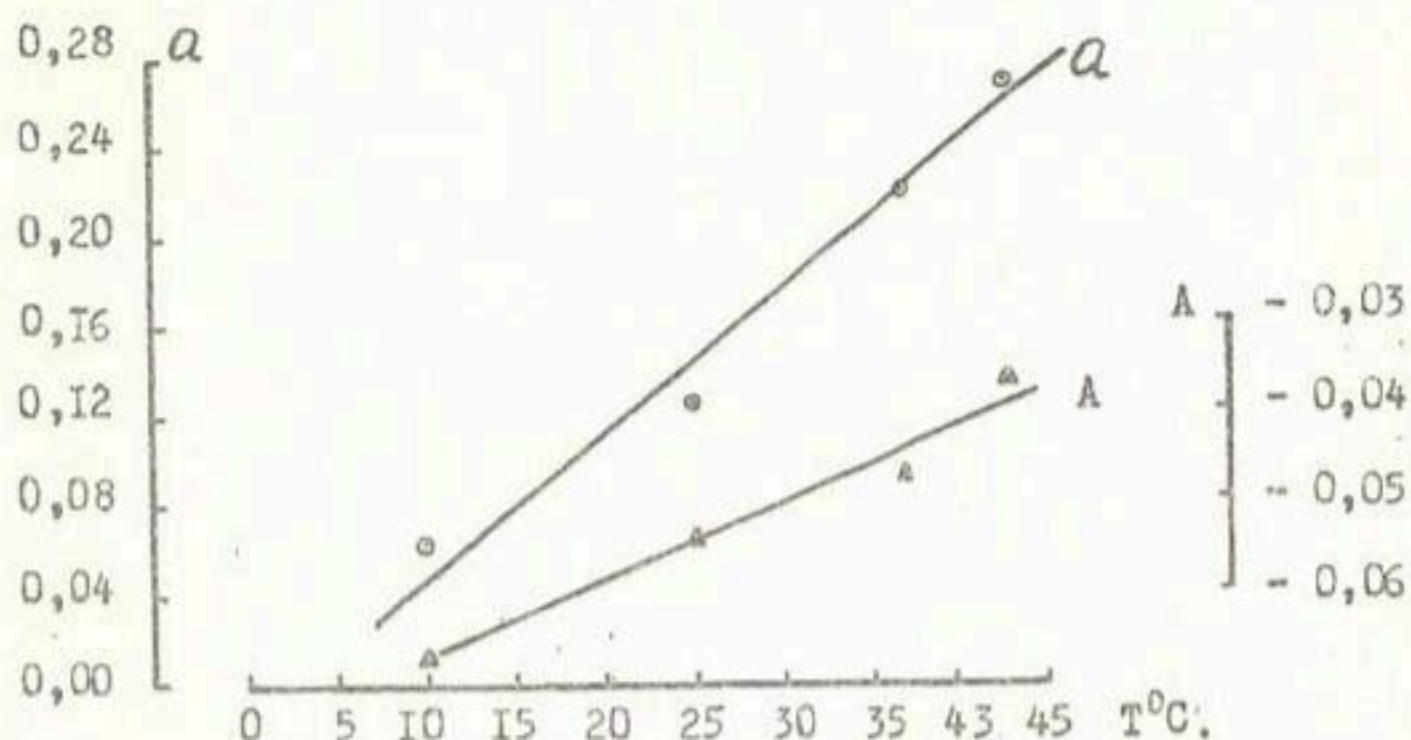


Рис. 2. График зависимости коэффициентов " Q " и " A " от температуры.

Подставляя (8) и (9) в уравнение (5) и учитывая, что $A = \frac{\beta}{\alpha} C_0$, имеем:

$$C = \frac{C_0 e^{-(0.0065T - 0.0182)t}}{\left\{ 1 - (0.0007T - 0.07) \left[1 - e^{-(0.0065T - 0.0182)t} \right] \right\}} \quad (10)$$

Полученное уравнение (10) является конечной целью, поставленной перед авторами задачи и позволяет определять концентрацию препарата бутифоса в любой момент времени в зависимости от температуры.

Для оценки полученного уравнения была проведена статистическая обработка результатов эксперимента (табл. 2). Как и следовало ожидать, при принятой аппроксимации наилучшая сходимость наблюдается на концах ряда, ограниченного выбранными точками при подсчете коэффициентов " α " и " A " (см. табл. 2). Наилучшим образом были подобраны коэффициенты во II и III вариантах. Среднее квадратическое отклонение во II варианте равняется 0,10 мкг/л.

Статистическая оценка математической модели разложения бутифоса в воде ($pH = 6$)

		T = 10°C				T = 25°C				T = 37°C				T = 43°C			
Время, сут						Содержание бутифоса, мг/л											
		C_p	C_p	$(C_p - C_p)^2$	C_p	C_p	C_p	$(C_p - C_p)^2$	C_p	C_p	$(C_p - C_p)^2$	C_p	C_p	$(C_p - C_p)^2$	C_p	C_p	$(C_p - C_p)^2$
1	1,78	1,89	0,0121	1,71	1,72	0,0001	1,49	1,58	0,0081	1,13	1,52	0,3721					
3	1,43	1,72	0,0841	1,10	1,27	0,0284	0,85	1,00	0,0225	0,68	0,89	0,0441					
6	1,14	1,48	0,1156	0,69	0,82	0,0169	0,51	0,51	0,0000	0,42	0,41	0,0001					
9	0,83	1,28	0,2025	0,53	0,53	0,0000	0,39	0,27	0,0144	0,28	0,18	0,0100					
15	0,57	0,96	0,1521	0,29	0,22	0,0049	0,20	0,07	0,0169	0,14	0,04	0,0100					
20	0,41	0,75	0,1156	0,17	0,11	0,0036	0,12	0,02	0,0100	0,08	0,01	0,0490					
Σ			0,6820			0,0544			0,0719			0,4412					
$G = \sqrt{\frac{\Sigma(C_p - C_p)^2}{n - 1}}$			0,37			0,10			0,12			0,30					

В ы в о д ы

1. При низких температурах процесс разложения бутифоса протекает довольно медленно и даже на 20-е сутки в пробах содержится значительное количество препарата. Так, на 20-е сутки при температуре 10°C в пробах обнаружено 20,5% препарата от внесенного количества бутифоса.

2. При высоких температурах процесс разложения протекает с высокой скоростью и уже при 25°C на 3-и сутки соответствуют 45% разложившегося препарата.

3. Для разработки комплекса водоохраных мероприятий по защите природных вод от загрязнения ядохимикатами, на основе данных лабораторных исследований, была построена математическая модель разложения бутифоса в воде ($\text{pH} = 6$) в зависимости от температуры

$$C = \frac{C_0 e^{-(0,0065T - 0,0182)t}}{\{1 - (0,0007T - 0,07) [1 - e^{-(0,0065T - 0,0182)t}]\}}$$

4. Коэффициент корреляции между данными эксперимента и рассчитанными по предложенной модели составляет 0,80; 0,95; 0,93; 0,77 соответственно вариантам.

Л и т е р а т у р а

1. А л е к и н О.А. Основы гидрохимии. Л., Гидрометеиздат, 1970.
2. Ф и х т е н г о л ь ц Г.М. Основы математического анализа, т. 2, М., 1968.
3. ATKINS P.W. *Physical chemistry*. Oxford University Press, L., 1978.

А.А. РАФИКОВ
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ВЕЛИЧИНЫ РАСЧЕТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Проблема повышения эффективности оросительных систем, эффективности использования водных, земельных и трудовых ресурсов — одна из наиболее актуальных на данном этапе развития народного хозяйства.

Строительство крупных оросительных систем с магистральными и межхозяйственными каналами большой протяженности обусловило рост капиталовложений на их создание.

Опыт показывает, что на крупных системах орошения удельный вес стоимости таких сооружений, как водозаборный узел, магистральный и межхозяйственный каналы достигает 40 и более % /1/. В последнее время намечается тенденция к созданию оросительных систем закрытого типа, т.е. со значительным удельным весом стоимости распределительной сети.

Различные типы систем орошения отличаются удельным соотношением стоимости, с одной стороны, водозаборного, магистрального и межхозяйственного каналов вместе взятых, а с другой — распределительной сети.

Эффективность оросительных систем зависит от обоснованного выбора параметров при проектировании систем орошения и, соответственно, от выбора величины расчетной обеспеченности водой ($P\%$). По величине $P\%$ определяются размеры оросительной системы, посевная площадь, капиталовложения и другие параметры.

Вследствие зависимости поливов от источника орошения и условий естественного увлажнения, обоснование расчетной обеспеченности необходимо производить в двух направлениях: в направлении выбора оптимальной величины обеспеченности орошения водными ресурсами из источника ($P_{ист.}$), величина которых в течение многолетнего периода колеблется в больших пределах, и в направлении выбора оптимальной величины обеспеченности оросительными нормами (P_0), которые также подвержены значительным изменениям вследствие изменчивости естественных условий увлаж-

нения осадками.

Решение первой задачи (выбор $P_{ист. \%}$), связанной с увеличением водоподачи (при $P_{ист.} < 95\%$) в оросительную систему, позволит расширить площадь орошения и с гарантией покрыть водопотребление орошаемого земледелия во все годы. Однако при наличии водных ресурсов в источнике, соответствующем маловодным годам, часть площади не сможет быть обеспечена водой. В этом случае число одновременно поливаемых площадей в дефицитные по водопотреблению годы увеличится, что вызовет необходимость увеличения пропускной способности системы (от водозаборного узла до распределительной сети).

Снижение величины до $P_{ист.} < 95\%$ неизбежно связано с увеличением мощности водозаборного узла и водопроводящих каналов (межхозяйственного и магистрального).

При решении второй задачи (выбор $P_o \%$), расширение поливной площади связано не с увеличением водоподачи (она останется без изменения), а с распределением забираемой воды на большей площади и улучшением использования воды в относительно влагообеспеченные годы или отдельные периоды. В эти годы снижается величина поливной нормы, сокращаются сроки и количество поливов на площади, соответствующей $P_o = 95\%$.

В некоторые относительно влагообеспеченные годы параметры режима орошения (m, t_o) могут не уменьшаться, но и тогда не произойдет увеличения пропускной способности сооружений, так как наблюдаемая в эти годы неравномерная потребность в поливах разных участков (на участках, где происходит естественное увлажнение, надобность в поливах отпадает), что позволяет использовать поливные агрегаты на дополнительных участках вместо полива основных орошаемых участков. В результате расход воды, подаваемый в одно и то же время во временные оросители, не увеличивается. Это обстоятельство способствует, как показали исследования, повышению сезонной производительности поливных агрегатов до 10 и более % [2].

Данные таблицы показывают, что при снижении расчетных величин обеспеченности $P_{ист. \%}$ и $P_o \%$ с 95 до 70 % и соответственном увеличении площади орошения на 18% капиталовложения в оросительные системы повышаются: на 16% в случае увеличения пло-

щади орошения за счет снижения расчетной величины $P_{\text{исг.}} \%$ и на 9% в случае повышения площади орошения за счет снижения расчетной величины $P_o \%$. Для первого случая характерно увеличение расхода пропускных сооружений с 2,6 до 3,03 м³/с, во втором случае расход не меняется.

Однако невыясненным остается вопрос: как влияет взаимное изменение мощности (соответственно стоимости) отдельных звеньев оросительной системы на выбор величины расчетной обеспеченности по водопотреблению ($P_o \%$) на крупных оросительных системах, подобных системам с магистральными каналами, перебрасывающими сток рек.

Актуальность подобных исследований очевидна, так как в настоящий период осуществляется проектирование и строительство крупных оросительных систем с магистральными каналами, перебрасывающими до 10-25 км³ водных ресурсов на расстояние до 1-2,5 км. Возрастает удельный вес капитальных затрат в сооружении (магистральные и межхозяйственные каналы, водозаборный узел), функционально связанные не с орошаемой площадью, а с забираемым для орошения количеством воды.

Задача исследований состоит в том, чтобы выявить влияние различного удельного соотношения стоимости (величины капитальных затрат) неизменяющихся сооружений и общей стоимости оросительной системы на выбор величины расчетной обеспеченности ($P_o \%$). Условное название "изменяющиеся и неизменяющиеся сооружения" принято нами потому, что одни изменяют, а другие не изменяют своей мощности, а соответственно капитальных затрат, по отношению к изменению орошаемой площади при переводе оросительной системы из режима работы в соответствии с расчетным $P_o \%$ равным 95%, в режим работы в соответствии с расчетным $P_o < 95\%$.

К неизменяющимся сооружениям следует отнести водозаборный узел ($K_{\text{нас ст.}}$), магистральный канал ($K_{\text{маг.}}$) и частично межхозяйственный ($K_{\text{меж}}$), капитальные затраты (K_i) на которые останутся без изменения, так как при снижении $P_o \%$ уменьшится расчетная величина оросительной нормы (M) в орошаемом земледелии, но (при сохранении величины водозабора) увеличится площадь орошения, т.е.

$$K_i = K_{\text{нас ст.}} + K_{\text{маг.}} + 0,5 K_{\text{меж}} = \text{const} \quad (I)$$

Т а б л и ц а

Снижение материальных затрат (с 97 до 70%) при изменении величин $P_{\text{исг.}}$ и P_o (проект Аркалыкского оросительного канала; данные Казгипроводхоза)

Величина обеспе- ченности $P_{\text{исг.}}$ P_o	Показатель	Расчет $P_{\text{исг.}}$ % при $P_o = \text{const}$	Расчет P_o % при $P_{\text{исг.}} = \text{const}$
95%	Количество забираемой воды, млн.м ³	74	74
	Расход водозаборного сооруже- ния, м ³ /с	2,6	2,6
	Оросительная норма, м ³ /га	4700	4700
	Площадь орошения, тыс.га	13,72	13,72
	Капиталовложения, млн.руб	99,18	99,18
	Издержки производства, млн.руб	5,62	5,62
70%	Количество забираемой воды, млн.м ³	86,5	74
	Расход водозаборного сооруже- ния, м ³ /с	3,03	2,6
	Оросительная норма, м ³ /га	4,700	4020
	Площадь орошения, тыс.га	16,03	16,03
	Капиталовложения, млн.руб	114,99	108,07
	Издержки производства, млн.руб	6,43	6,24
	Дополнительная площадь ороше- ния, тыс.га	2,31	2,31
	Дополнительное количество забираемой воды, млн.м ³	12,5	—
	Дополнительные капиталовло- жения, млн.руб	15,8	8,89
	Дополнительные издержки, млн.руб	0,81	0,62

К изменяющимся следует отнести капитальные затраты (K_2) в распределительную сеть, на сельхозосвоение, планировку земель и другие объекты, которые функционально связаны с изменением площади полива:

$$K_e = 0,5K_{\text{меж}} + K_{\text{хз}} + K_{\text{др}} + K_{\text{м.маш.}} + K_{\text{с.осв.}} \neq \text{const} \quad (2)$$

При решении задачи нами были рассмотрены варианты снижения расчетной обеспеченности (P_o %) при соответственном снижении оросительных норм (M) и увеличении площади орошения (W) с одновременной оценкой в каждом варианте суммы затрат на получение плановой сельскохозяйственной продукции и условий повышения эффективности использования водных ресурсов.

Расчеты, проведенные на основе материалов схемы-орошения земель в Центральных и Южных районах Казахстана, которые будут использовать воду из проектируемого канала переброски сибирских рек в бассейн Аральского моря, показали, что связь между величиной P_o % и удельным весом неизменяющейся части затрат выражается обратно пропорциональной зависимостью.

Кривые на рис. 1 показывают, что если в составе оросительной системы преобладает распределительная сеть (удельный вес K_1 в системе очень мал, $\frac{K_1}{3_{\text{пр}}} \cdot 10 = 4\%$), то расчетную величину P_o % следует задавать близкую к 95% (гарантированное водопотребление), т.е. принимать площадь орошения минимально допустимую; по мере увеличения удельного веса сооружений с неизменяющейся стоимостью расчетную величину P_o % следует снижать до определенных пределов, так как при увеличении соотношения ($\frac{K_1}{3} \cdot 10$) до 35% оптимальная величина P_o снижается до 70%.

Анализ общего характера влияния изменений ($\frac{K_1}{3} \cdot 10$) на выбор величины P % (рис. 2) позволил выявить следующие особенности.

При малых значениях величины K_1 (в размере 10–20%) расчетная обеспеченность орошения (P_o %) остается без изменения ($P_o = 95\%$), т.е. изменение K_1 сказывается на снижении расчетной обеспеченности незначительно. Повышение удельного веса неизменяющихся сооружений ($\frac{K_1}{3_{\text{пр}}}$) более чем на 20% оказывает заметное (резкое) влияние на величину P_o %: она снижается до 60–50%. Можно предположить, что преобладание затрат на сооружение водозаборного узла, магистрального и межхозяйственного ка-

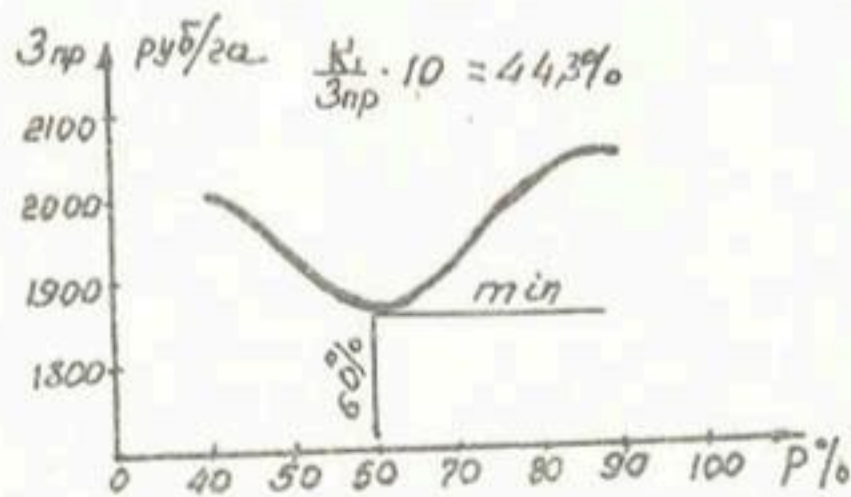
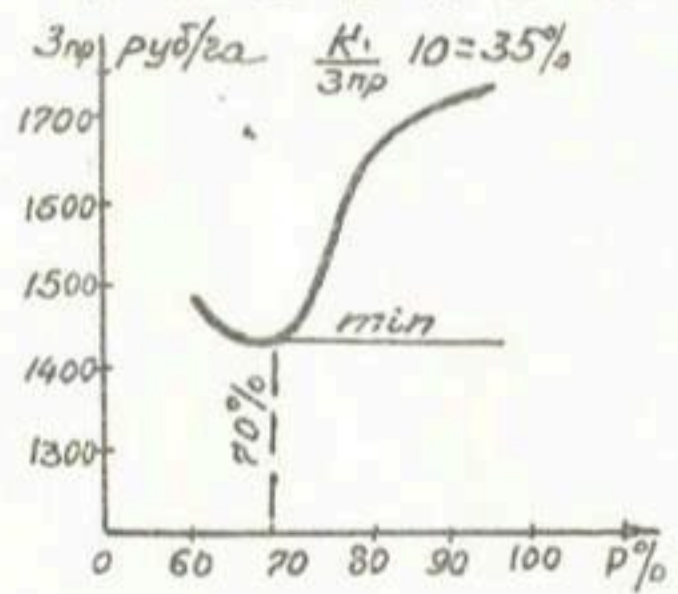
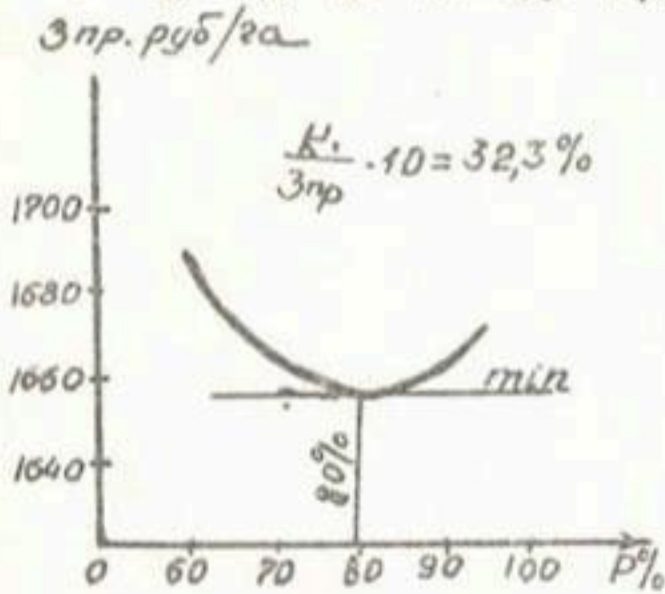
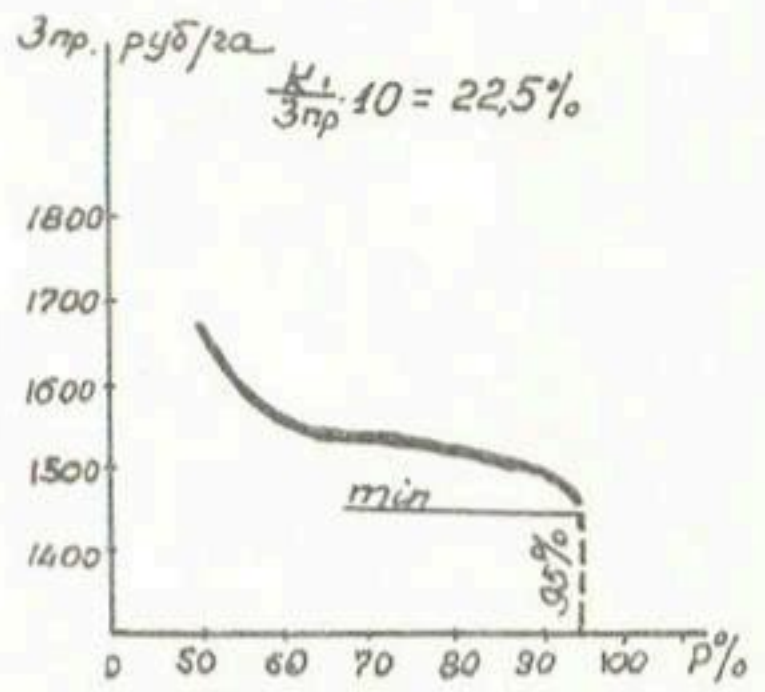
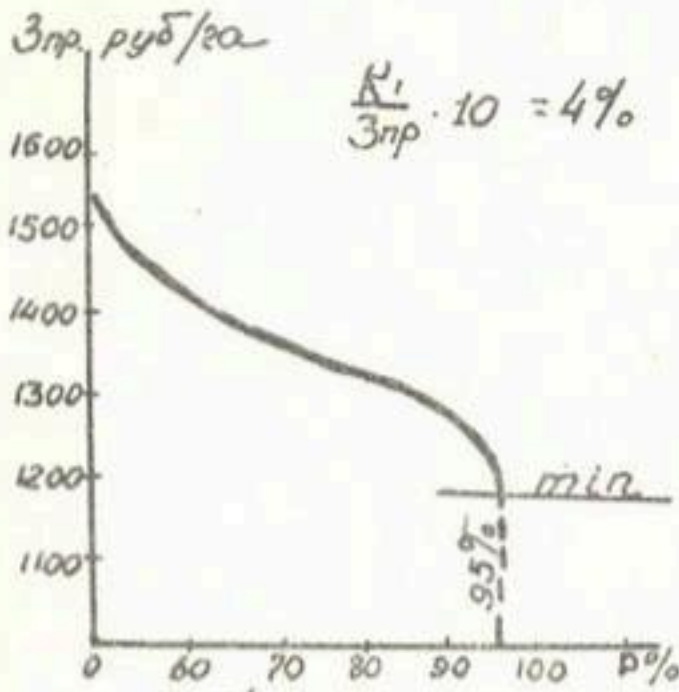


Рис. I. Зависимость расчетной величины $P_c \%$ от соотношения $\frac{K_1}{Зпр}$.

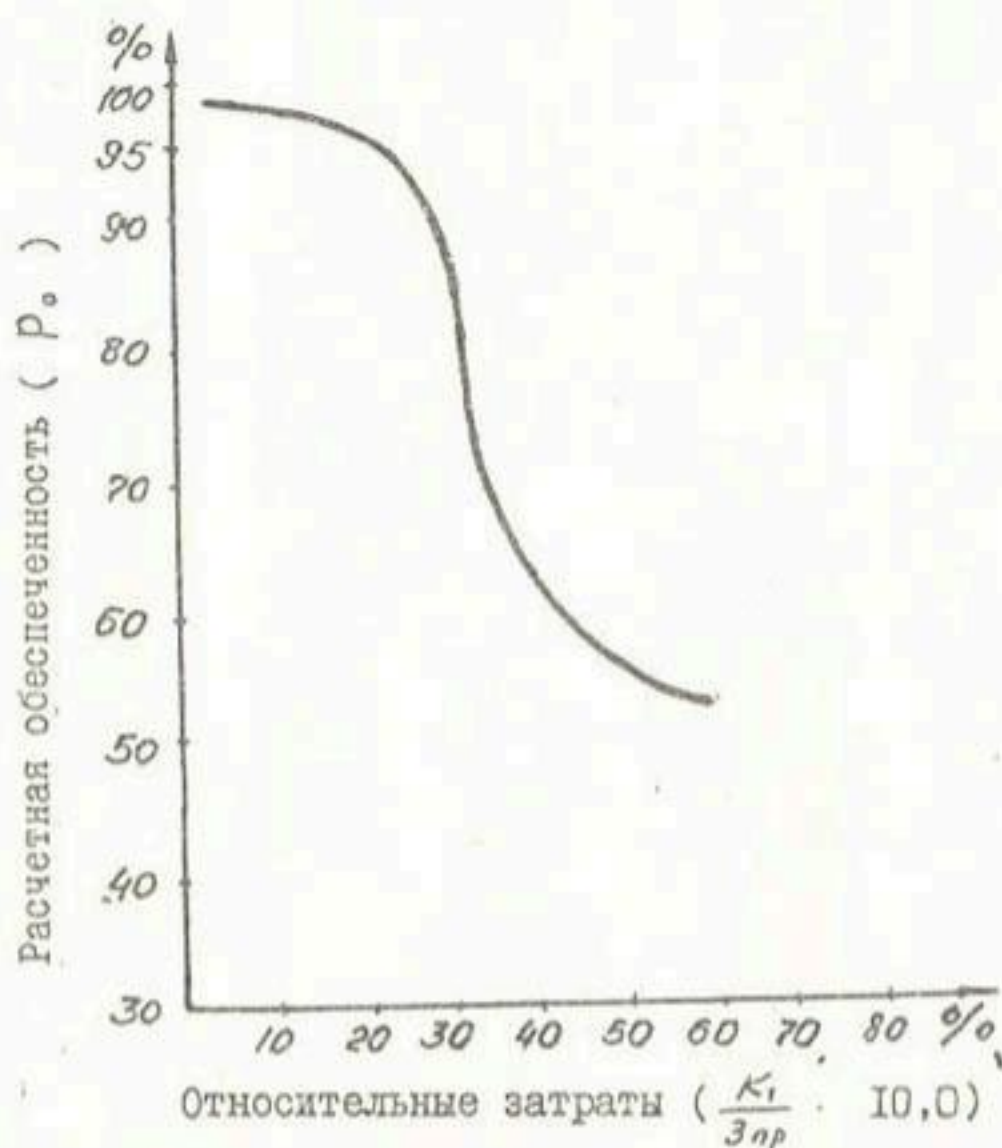


Рис. 2. Влияние размера изменяемой части затрат на выбор β :

K_1 — неизменяемая часть затрат;

$Z_{пр}$ — приведенные затраты.

налов в общей величине затрат сдерживает темпы роста затрат на расширение орошаемой площади по отношению к росту доходов, получаемых с этих площадей в виде дополнительной продукции, даже с учетом ущерба, возникающего при пониженных значениях величины обеспеченности.

Обобщая результаты производственных расчетов по выбору оптимальной величины ρ_o % в зоне переброски стока сибирских рек в бассейн Аральского моря, можно сделать вывод о том, что на системах орошения с высокими значениями удельного веса стоимости сооружений (выше 30%), которые не изменяются при увеличении оро-

шаемой площади, расчетную величину P_o следует снизить до уровня 60–50%. К таким оросительным системам можно отнести системы лиманного орошения, оросительные системы с крупными магистральными каналами.

На системах закрытого типа, где удельный вес стоимости распределительной сети составляет более 30%, следует ориентироваться на гарантированное водообеспечение (величину P_o принимать близкую к 95%). Окончательную величину расчетной обеспеченности P_o % следует определять технико-экономическим расчетом.

Л и т е р а т у р а

1. Х у д я к о в П.Д. Интенсификация орошения и капиталовложений на строительство оросительных систем. Ж. "Водные ресурсы", вып. 2, Киев, "Урожай", 1965.
2. Р а ф и к о в А.А. Исследование условий рационального использования дождевальной техники в зоне неустойчивого увлажнения. Труды МГМИ, т. 60. М., 1979.

А.У.УСМАНОВ, канд.с.-х.наук
Р.В.САВЕЛЬЕВА, канд.техн.наук
М.А.БАРОН
(САНИИРИ им. В.Д.Журина)

ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОТКАЧИВАЕМЫХ ВОД ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИХ НА ОРОШЕНИЕ

Возрастающий с каждым годом дефицит оросительной воды делает задачу изыскания дополнительных источников орошения наиболее актуальной. Одним из таких источников является дренажная вода с повышенной минерализацией. Использование этой воды в сочетании с оросительной и проведение специальных агротехнических мероприятий позволяет получать устойчивые урожаи.

Вместе с тем, длительное применение минерализованных вод для орошения сельскохозяйственных культур приводит к изменению содержания солей в почвогрунтах зоны аэрации, а также в грунтовых, подземных и дренажных водах. Это, в свою очередь, может привести не только к потере дренажной воды как источника орошения, засолению почвогрунтов орошаемой территории, но и к ухудшению мелиоративного состояния земель и окружающего бассейна грунтовых и подземных вод. Для разработки режима рационального использования дренажных вод на орошение, при котором приносимый ущерб сводится к минимуму, и необходимых в этих условиях защитных мероприятий необходим обоснованный прогноз изменения минерализации подземных вод.

Процесс формирования засоления почвогрунтов, минерализации и химического состава грунтовых, подземных и дренажных вод очень сложен и зависит от многих факторов, главными из которых являются:

- содержание и состав солей в оросительной воде, обусловленные физико-географическим положением источника орошения, водообеспеченностью из поверхностных источников, водохозяйственными и другими условиями;

- содержание и состав солей в почвогрунтах орошаемых территорий, которые под воздействием комплекса оросительных мелиораций выщелачиваются и вместе с водой питают грунтовые воды. Формирование минерализации грунтовых вод происходит в полной взаимосвязи с формированием содержания и состава солей в почвогрунтах. Причем, на этот процесс большое влияние оказывают минералогический состав почвогрунтов, климатические особенности (температура, суммарное испарение, ветровая эрозия) территорий и проводимые водохозяйственные мероприятия. Обменные физико-химические реакции меняют содержание и состав легкорастворимых солей и их выщелачиваемость;

- содержание и состав солей подземных (субнапорных, артезианских и др.) вод более глубоких горизонтов, которые находятся в гидравлической связи с грунтовой водой. В зависимости от естественных или искусственно созданных (дренаж, водозабор и

др.) гидродинамических условий формирования происходит обмен солями между грунтовыми и подземными водами;

– содержание и состав солей в дренажном стоке как результат перечисленных факторов. В зависимости от объема и минерализации отводимой воды и типа дренажа в значительной степени изменяются гидродинамические процессы в почве, грунтовой и подземной воде.

Все эти факторы взаимосвязаны и должны рассматриваться в единой системе "оросительная вода – почвогрунты – грунтовые и подземные воды – дренажный сток". Доля участия каждой составляющей системы в формировании химического состава и минерализации подземных вод зависит от геолого-литологических, гидрогеологических, почвенно-мелиоративных и водохозяйственных (освоенность территорий, режим и техника орошения, тип и размеры дренажа и др.) условий района.

Нами рассматривается прогноз минерализации подземных вод в условиях функционирования вертикального дренажа и длительного использования минерализованных вод на орошение сельскохозяйственных культур.

Для расчета прогноза минерализации вся расчетная толща, начиная от поверхности земли и кончая активной зоной действия дренажа, разбивается на три зоны (рис. I).

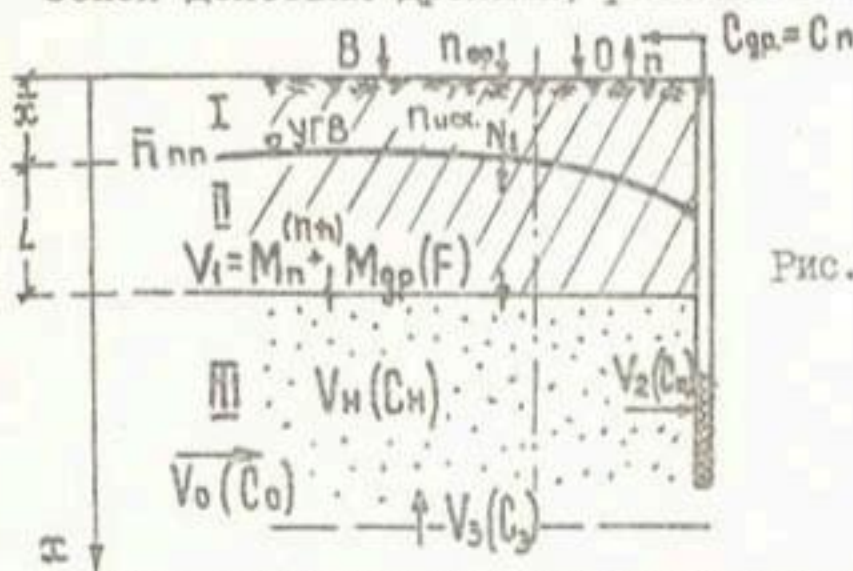


Рис. I. Расчетная схема прогноза минерализации подземных вод.

I зона – от поверхности земли до уровня грунтовых вод (зона аэрации); II – от уровня грунтовых вод до границы покровных отложений (зона насыщения); III – эксплуатационный водоносный горизонт, где расположен фильтр скважины вертикального дренажа.

В качестве расчетного метода может быть использован либо метод математического моделирования, либо балансовый метод, либо их сочетание. Нами, в частности, приняты для первых двух зон – метод математического моделирования, для третьей – балансовый метод.

Прогноз солевого режима каждой зоны проводится таким образом, что результат расчета содержания солей на границе стенок предыдущей зоны является граничным условием для последующей зоны. На поверхности земли учитывается изменение минерализации подаваемой воды в зависимости от минерализации откачиваемых вод. Цель расчета – прогноз минерализации откачиваемых вод. В результате получаем замкнутый расчетный цикл, представленный на блок-схеме (рис. 2)

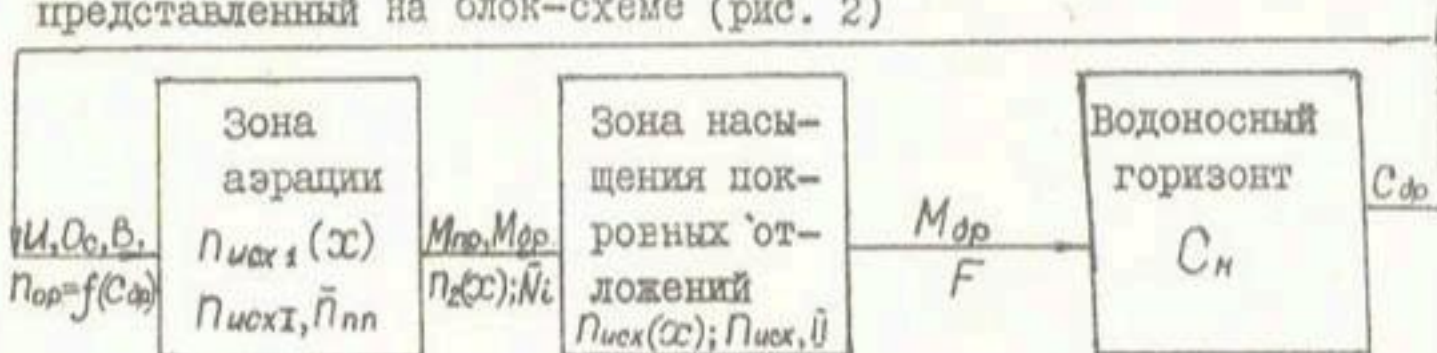


Рис. 2

- Здесь U – испарение;
 O_c – осадки;
 B – водоподача;
 $P_{ор}(C_{др})$ – минерализация оросительной воды;
 $\bar{P}_{пп}$ – исходное содержание солей на уровне грунтовых вод;
 $P_i(x)$ – исходная солевая эпюра зоны аэрации;
 $P_{исх1}$ – исходное содержание солей в зоне аэрации;
 $M_{пр}$ – норма профилактического полива;
 $M_{др}$ – нагрузка на дренаж;
 $P_2(x)$ – солевая эпюра зоны аэрации в конце расчетного периода;
 $\bar{N}_i$ – содержание солей на уровне грунтовых вод в конце расчетного периода;

F – содержание солей на границе покровных отложений и водоносного горизонта в конце расчетного периода;

$n_{исх}(x)$ – исходная солевая эпюра в насыщенной зоне покровных отложений;

$n_{исх}$ – исходное содержание солей в насыщенной зоне покровных отложений;

C_n – начальная минерализация воды в водоносном горизонте;

$C_{до}$ – минерализация откачиваемой воды в конце расчетного периода.

Как говорилось выше, для прогноза солевого режима и расчета мелиоративных мероприятий в первых двух зонах используются математические модели процесса солепереноса.

Принята одномерная схема счета, т.е. полученные результаты справедливы в середине между скважинами, а ближе к ним справедливы с некоторой долей погрешности.

Модели построены на базе диффузионного уравнения и имеют следующий вид:

I зона –

а) при промывках

$$0 < x < \bar{x} \quad \mu \frac{\partial n_1}{\partial t} = -v \frac{\partial n_1}{\partial x} + \lambda (n_n - n_1)$$

$$x > \bar{x} \quad \mu \frac{\partial n}{\partial t} = D \frac{\partial^2 n}{\partial x^2}$$

$$t = 0 \quad n_1 = \exp\left[\frac{v}{2D\mu} (\bar{x} - x)\right]$$

$$n = \bar{n}_{nn} = n_{исх}(x)$$

$$t > 0 \quad x = 0 \quad \frac{\partial n_1}{\partial x} = \eta (n_1 - n_{оп})$$

$$x = \bar{x} \quad n_1 = n$$

$$x \rightarrow \infty \quad \frac{\partial n}{\partial x} = 0$$

б) при орошении

$$\mu \frac{\partial n_i}{\partial t} = D \frac{\partial^2 n_i}{\partial x^2} - V \frac{\partial n_i}{\partial x}$$

$$t=0 \quad n_i = \frac{V_1 n_{op}}{V_1 - V_2} + \left(\bar{n}_m - \frac{V_1 n_{op}}{V_1 - V_2} \right) e^{\frac{V}{2D\mu}(x-\bar{x})}$$

$$t>0 \quad x=0 \quad D \frac{\partial n_i}{\partial x} - \frac{1}{\mu} V n_i + \frac{1}{\mu} V_1 n_{op} = 0$$

$$x = \bar{x} - \frac{V}{\mu} t \quad n_i = n_i(t),$$

где

D - коэффициент конвективной диффузии,

$$\frac{V}{\mu} = \frac{V_1}{\mu} - \frac{V_2}{\mu}$$

μ - активная пористость,

$\frac{V_1}{\mu}, \frac{V_2}{\mu}$ - соответственно интенсивность инфильтрации и испарения,

α - коэффициент сорбции,

n_m - концентрация насыщения,

η - коэффициент перемешивания.

Остальные обозначения видны из рис. 1 и 2.

II зона -

$$\frac{\partial n}{\partial t} + \frac{\partial N}{\partial t} = D \frac{\partial^2 n}{\partial x^2} - V \frac{\partial n}{\partial x}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} = \Pi(n - \varepsilon N)$$

$$t=0 \quad N = N_0 \quad n = n_0$$

$$t>0 \quad x = \bar{x}; \quad \beta \frac{\partial n}{\partial x} + \gamma n = \sigma$$

$$x = \bar{x} + L; \quad \beta_1 \frac{\partial n}{\partial x} + \gamma_1 n = \sigma_1$$

N — концентрация твердой фазы,

Π, ϵ — параметры сорбции,

$\beta; \beta_1; \delta; \delta_1; \sigma; \sigma_1$ — некоторые константы перемешивания.

Остальные обозначения видны из рис. 1 и 2.

Для обеих моделей получены аналитические решения.

В третьей зоне принят балансовый метод расчета. Рассмотрена одиночная скважина, учитываются притоки со стороны и снизу (см. рис. 1).

Для расчета изменения минерализации подземных вод $C_n^{(m)}$ в m -й год после орошения минерализованной водой получена следующая рекуррентная формула:

$$C_n^{(m)} = A_m + B_m F^{(m-1)} + D_m C_n^{(m-1)},$$

где

$$A_m = \frac{U_3^{(m)} C_3 + U_0^{(m)} C_0}{U_n + U_2^{(m)}}; \quad B_m = \frac{M_{др}}{U_n + U_2^{(m)}}; \quad D_m = \frac{U_n}{U_n + U_2^{(m)}}$$

$U_0^{(m)}, M_{др}, U_2, U_3$ — объем воды, поступающей и отводящейся в m -й год через границы балансовой зоны, $m^3/\text{га}$ (рис. 1), причем U_1 складывается из нагрузки на дренаж и потерь из оросительной сети,

$C_0^{(m)}, F^{(m)}, C_n^{(m)}, C_3^{(m)}$ — соответствующая указанным объемам степень минерализации воды,

$U_n; C_n = C_n^{(0)}$ — объем и концентрация воды водоносного горизонта в начальный момент времени.

На основании всех моделей составлены программы расчета на ЭВМ норм капитальных и профилактических промывок (исходя из заданного солевого режима корнеобитаемой зоны); прогноза минерализации грунтовых вод и воды, поступающей из покровных отложений в водоносный горизонт; нагрузки на дренаж (исходя из заданной нормы осушения); динамики минерализации дренажного стока.

Таким образом, согласно принятой схематизации расчет проводится последовательно в три этапа.

На первом этапе рассчитывается норма капитальной промывки, получаемая в результате этой промывки солевая эпюра почвогрунтов зоны аэрации и минерализации верхнего слоя грунтовых вод является исходным для начала эксплуатационного периода. Затем для различных вариантов минерализации оросительной воды рассчитываются соответствующие нормы профилактического полива (исходя из требований поддержания достигнутого солевого режима), а также нагрузка на дренаж при заданной норме осушения. Результатом расчета является величина водоподачи и нагрузки на дренаж. Второй результат расчета – прогноз минерализации грунтовых вод – является граничным условием при переходе ко второму этапу.

На втором этапе рассчитывается прогноз распределения солей в грунтовых водах по глубине – от их свободной поверхности до границы покровных отложений с водоносным горизонтом. Выход расчета – определение минерализации воды, поступающей из покровных отложений в водоносный горизонт. Этот результат является границей при переходе к третьему этапу расчета.

На третьем этапе дается непосредственно прогноз динамики минерализации подземной воды, причем, принимается, что минерализация дренажного стока равна минерализации воды водоносного горизонта. Как говорилось, расчет здесь ведется обычным балансовым методом. Приходной статьей на границе с покровными отложениями служит результат расчета объема поступающей воды и ее минерализации для этой границы во II зоне. Очевидно, здесь принята предпосылка мгновенного перемешивания, что предопределяет значительный запас в расчете. Областью, для которой составляется баланс, является объем, заключенный между границей с покровными отложениями и линией активного действия дренажа – по вертикали, и между радиусом влияния скважины и самой скважиной – по горизонтали. Все данные берутся в пересчете на гектар.

Пользуясь предлагаемой методикой, можно прогнозировать солевой режим почвогрунтов, грунтовых и подземных вод, вод,

откачиваемых скважинами вертикального дренажа, а также разрабатывать мероприятия по охране земель от засоления.

И.Е. КАРАЧАРСКАЯ

С.А. ПЕЧАТКИН — канд.эконом.наук

(САНИИРИ им. В.Д. Журина)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ СЫРДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ УзССР

Одним из основных направлений развития орошаемого земледелия в Узбекской ССР является реконструкция гидромелиоративных систем с целью повышения эффективности использования орошаемых земель и водных ресурсов. В годы X пятилетки проведены большие работы по совершенствованию межхозяйственной и внутрихозяйственной ирригационной сети, планировке орошаемых земель, укрупнению поливных участков, совершенствованию дренажных систем и т.д. Анализ результатов осуществленных мероприятий позволяет наметить их дальнейшее развитие с целью получения максимума эффекта от вкладываемых средств. Такой анализ проведен на примере Сырдарьинской области УзССР.

Сырдарьинская область — одна из крупнейших в республике. В 1980 г. здесь произведено 6,7% всего хлопка-сырца республики (420 тыс.т); земли подвержены засолению; условия водообеспеченности характерны для всей республики.

Согласно проектным проработкам, для обеспечения планируемого производства сельхозпродукции в области необходимо переустроить 66,0 тыс.га или 30,6% орошаемых земель, облицовать бетоном 65,0 км или 20% межхозяйственных каналов, реконструировать 250 км или 25% межхозяйственных коллекторов, провести планировку на 92,3 тыс.га и т.д. /1/. На все эти мероприятия предусматривается затратить 155,85 млн.руб. В результате пла-

нируется увеличить площадь орошаемых земель на 11,0 тыс.га за счет увеличения КЗИ с 0,6 до 0,7, получить дополнительные объемы оросительной воды в 79,2 млн.м³ ежегодно за счет повышения КПД систем с 0,62 до 0,7.

За период 1976-1980 гг. в Сырдарьинской области проведены работы по реконструкции на сумму 51,5 млн.руб., т.е. примерно 33% от всех планируемых на эти цели средств (табл. I).

Т а б л и ц а I

Капитальные вложения и виды работ по реконструкции ГМС Сырдарьинской области за годы X пятилетки (по материалам годовых технических отчетов Сырдарьинского ОблУОС)

Показатель	Един. изм.	Годы					Всего
		1976	1977	1978	1979	1980	
Капитальные вложения	млн. руб.	10,5	10,1	11,5	10,0	9,4	51,5
Капитальная планировка	тыс. га	0,9	1,3	0,7	0,1	1,3	4,3
Реконструкция оросительной сети	"	3,6	3,5	7,4	5,7	4,0	24,2
Комплексное переустройство	"	-	-	0,1	0,03	0,02	0,15
Мелиоративное улучшение земель	"	6,2	20,4	9,0	6,0	2,3	43,9

В результате осуществленных мероприятий и освоения новых земель были обеспечены водохозяйственные условия для роста производства основной продукции орошаемого земледелия области - хлопчатника - с 345,0 тыс.т в 1975 г. до 420,0 тыс.т в 1980 г., или на 21,7%. Причем, основной прирост был получен за счет увеличения площадей под посевами хлопчатника. Так, в 1975 г. урожайность составила 24,8 ц/га при площади посевов 139,3 тыс.га, а в 1980 г. соответственно, 26,2 ц/га и 160,5 тыс.га. Возможность увеличения урожайности хлопчатника в годы X пятилетки на 1,6 ц/га была в значительной мере обеспечена осуществлением мероприятий по реконструкции ГМС.

Для оценки эффективности вложенных в реконструкцию средств были проанализированы показатели хлопководства в Сырдарьинской области за 1976 и 1980 гг. (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Показатели хлопководства Сырдарьинской области за годы X пятилетки (по материалам МСХ УзССР)

Показатель	Един. изм.	Значение показате- ля за 1976 г.	Значение показа- теля за 1980 г.	Изменение показателя	
				абсолютные значения	%
Валовый сбор хлопка-сырца	тыс.т	345,0	420,0	+75,0	121,7
Площадь посевов	тыс.га	139,3	160,5	+21,2	115,2
Урожайность	ц/га	24,8	26,2	+1,4	105,6
Чистый доход хозяйств	млн.руб	45,1	48,9	+3,8	108,4

Как видно, за годы X пятилетки валовое производство хлопка-сырца увеличилось на 21,7%, урожайность — на 5,6%, а чистый доход хозяйств возрос на 8,4%.

Однако весь прирост показателей по хлопководству в Сырдарьинской области принять как эффект от затрат на реконструкцию нельзя, так как одновременно проводились мероприятия по освоению новых земель, на что также были сделаны дополнительные капитальные вложения. Поэтому при оценке эффективности затрат на реконструкцию ГМС был учтен лишь прирост хлопка-сырца, полученный в области за счет повышения его урожайности. Этот прирост составил:

$$\Delta Y = 139,3 \text{ тыс.га} \cdot 1,4 \text{ ц/га} = 19,5 \text{ тыс.т.}$$

В 1980 г. с каждой тонны хлопка-сырца хозяйства получили 116,4 руб. чистого дохода, а в расчете на весь прирост за счет урожайности хлопчатника

$$\Delta ЧД = 19,5 \text{ тыс.т} \cdot 116,4 \text{ руб.} = 2,3 \text{ млн.руб.}$$

Согласно инструкции ММВХ СССР [2], эффективность капитальных вложений в мелиорацию по объектам, охватывающим ряд сельскохозяйственных предприятий, определяется по выражению

$$Э_{кпчд} = \frac{\Delta ЧД}{K_c}.$$

где

- $Э_{кпчд}$ — коэффициент экономической эффективности капитальных вложений в мелиорацию по совокупному чистому доходу;
- $\Delta ЧД$ — прирост годового чистого дохода с учетом относимой к сельскому хозяйству части налога с оборота на продукцию мелиорированных земель и затрат водного хозяйства;
- K_c — капитальные вложения.

При относимом на долю орошаемого земледелия величине налога с оборота в 410 руб. за 1 т хлопка-сырца эффективность затрат на реконструкцию составит:

$$Э_{кпчд} = \frac{2,3 \text{ млн.руб.} + 410 \text{ руб./т} \cdot 19,5 \text{ тыс.т} - 0,4 \text{ млн.руб.}}{51,5 \text{ млн.руб.}} = 0,19.$$

Полученный коэффициент эффективности 0,19 превышает нормативный, установленный для зоны орошения $E_n = 0,12$, и мероприятия по реконструкции могут считаться экономически оправданными.

Однако опыт проведения реконструкции ГМС Сырдарьинской области за годы X пятилетки показал, что эффективность их может быть значительно увеличена. За прошедшее пятилетие здесь были проведены работы по реконструкции в 23 хозяйствах, т.е. более чем в половине.

Работы по реконструкции выполнялись по отдельным элементам:

- мелиоративное улучшение, включая строительство скважин вертикального дренажа, строительство и реконструкция закрытого горизонтального дренажа;
- реконструкция оросительной сети: спрямление русла канала, производство бетонных работ;

– капитальная планировка.

В целом по Сырдарьинской области за 1976–1980 гг. только в двух хозяйствах было проведено 3 вида работ по реконструкции, включающих мелиоративное улучшение, реконструкцию оросительной сети, капитальную планировку, в 4 хозяйствах – по 2 вида работ, в оставшихся 17 хозяйствах – по одному виду.

Около 1/3 части всех хозяйств, в которых проведены работы по реконструкции, находятся в Ворошиловском районе. Основной вид работ в большинстве хозяйств района – мелиоративное улучшение земель. Процент реконструированных земель составляет от 3 до 16% от общей орошаемой площади хозяйства.

Распределение денежных средств по районам также неравномерно.

Наибольший объем капитальных вложений на реконструкцию гидромелиоративных систем приходится на Сырдарьинский район – 9340 тыс.руб. По Ворошиловскому району эта величина составила лишь 5698 тыс.руб.

По Сырдарьинскому району работы по реконструкции были сконцентрированы в двух хозяйствах: колхозе "Ленинград", где было мелиоративно улучшено 58% орошаемой площади, проведены капитальная планировка на 19%, работы по бетонированию канала на 39 км. Во втором хозяйстве района – колхозе "Узбекистан" за прошедшие пять лет были проведены работы по мелиоративному улучшению земель, построено 6 скважин вертикального дренажа.

Следовательно, практически нет в области такого хозяйства или района, где реконструкция ГМС была бы полностью завершена. Выделяемые средства для этого явно недостаточны. Было бы целесообразным в порядке эксперимента выполнить в полном объеме работы по реконструкции хотя бы в одном хозяйстве. Это позволит в дальнейшем изучить опыт проведения подобных работ и выявить их эффективность более обоснованно.

Кроме того, в ряд ли целесообразно так распределять средства по объектам и видам работ. Необходимо обосновать и вы-

явить наиболее эффективные методы реконструкции — или по объектам, т.е. проводить работы сосредоточенно в ограниченных массивах, или по таким видам работ, как планировка, строительство и реконструкция дренажных систем, повышение КПД крупных каналов и т.д.

Принятие любого из этих направлений позволит, во-первых, сконцентрировать работы, во-вторых, добиваться значительно большей отдачи от вкладываемых средств.

Л и т е р а т у р а

1. У з г и п р о в о д х о з. Схема развития реконструкции оросительных систем в Узбекской ССР. Ташкент, 1976.
2. М М и В Х С С С Р. Инструкция (методика) по определению экономической эффективности капитальных вложений в орошение и осушение земель и обводнение пастбищ. М., 1972.

Б.Е.МИЛЬКИС—канд.физ.-мат.наук
Э.И.УЗЕНБАЕВ—канд.сельхоз.наук
Т.М.НИГМАНОВ
(САНИИРИ им. В.Д.Курина)

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОРОШЕНИЯ

Рациональное использование имеющихся водных ресурсов связано с созданием совершенных оросительных систем, в т.ч. с техникой полива.

Техника полива в настоящее время развивается в трех основных направлениях: полив по бороздам, дождевание и подпочвенное орошение. Каждый из указанных способов имеет свои особенности, оказывающие влияние на рост, развитие и продуктивность сельхозкультур, а также на их водопотребление.

В 1974–1977 гг. на территории Каршинской и Голодной степей были проведены полевые работы, организованные для выявления особенностей водопотребления при различной технике орошения.

Исследования в Каршинской степи проводились на хлопковых полях в совхозах № 9 и 26, орошаемых дождеванием (с помощью дождевальных машин ДДШ "Волжанка") и бороздковым поливом.

Почвы опытно-производственного участка в совхозе № 9 относятся к сероземно-луговым, глубина залегания грунтовых вод – 2–3 м. В пределах опытного участка в совхозе № 26 распространены серо-бурые почвы, грунтовые воды здесь залегают на глубине 7–8 м.

Исследования проводились методом теплового и водного балансов.

Для измерения и регистрации составляющих теплового баланса и градиентов температуры и влажности воздуха на опытных участках использовались как стандартные приборы, так и автоматические дистанционные устройства АФНИИ – теплобалансографы ТБ-72 м. Систематически фиксировались уровни грунтовых вод, учитывался приход или расход оросительной воды, проводились фенологические наблюдения над ростом, развитием и состоянием растений.

В 1974 и 1976 гг. на бороздковом поле было проведено, соответственно, 4 и 5 вегетационных поливов общей нормой 9680 и 9190 м³/га; на полях, орошаемых дождеванием, – 5 и 7 вегетационных поливов общей нормой, соответственно, 3760 и 4200 м³/га.

Исследования в Голодной степи проводились в совхозе № 10-а на опытном участке внутрипочвенного орошения (ВПО) и на участке с орошением по бороздам (БО).

Почвы здесь сероземно-луговые, незасоленные, легко- и среднесуглинистые с прослоями супесей и тяжелых суглинков. Уровень грунтовых вод изменялся от 3,7 до 1,5 м.

Исследования проводились методом теплового баланса. Для измерения и регистрации составляющих баланса и градиентов температуры и влажности воздуха были использованы автоматические дистанционные устройства АФНИИ - теплобалансографы ТБ-72 м.

На опытных участках учитывался приход или расход оросительной воды, проводились наблюдения над ростом и развитием растений.

В 1976 и 1977 гг. на бороздковом поле было проведено, соответственно, по 2 вегетационных полива общей нормой 4900 и 6600 м³/га; на полях внутрипочвенного орошения - 3 и 4 полива общей нормой 3950 и 3660 м³/га.

Результаты опытов в Каршинской степи показали, что размеры общего водопотребления хлопчатника при орошении дождеванием и поливе по бороздам практически мало различаются (табл. I).

Т а б л и ц а I

Сопоставление сезонных сумм испарения хлопчатника в Каршинской степи при различных способах полива, м³/га

Год	Суммарное испарение		Разность	
	поверхностный полив	дождевание	м ³ /га	%
1974	7920	8160	240	3,0
1976	7160	6830	-330	4,6

Недополученное при орошении дождеванием количество влаги растения потребляют за счет грунтовых вод и влаги зоны аэрации. Это четко видно из анализа данных водно-

балансовых наблюдений в рассматриваемом районе. Они свидетельствуют, что суммарное испарение с хлопкового поля, орошаемого дождеванием, формируется за счет оросительных вод и осадков (54,3%), грунтовых вод (28,6%) и запасов влаги в почве (17,1%).

Как на участке дождевания, так и на участке полива по бороздам наибольшие месячные величины испарения наблюдаются в июле и составляют 1960–2550 м³/га, наименьшие (в апреле) равны 640–650 м³/га.

В период вегетации максимум суточной величины суммарного испарения составлял 8–13 мм.

Влияние отдельного полива на суммарное испарение зависит от степени развития растительного покрова (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Суточные величины суммарного испарения (мм) до полива (E_1) и после (E_2), по данным опытов 1974 г.

Дата полива	E_1	E_2	$E_2 - E_1$	$\frac{E_2}{E_1}, \%$
4.УП	3,8	12,3	8,5	323
24.УП	4,0	12,8	8,8	320
18.УШ	4,5	8,6	4,1	192
6.ІХ	5,8	8,0	2,2	138

Как видим, в начальный период развития растений отдельный полив вызвал увеличение суммарного испарения в 3,2 раза. В последующий период, когда степень затенения почвы растениями увеличивается, эффект отдельного полива ослабевает; суточная величина суммарного испарения после полива выше предполивной всего в 1,4–1,9 раза.

В табл. 3 показан ход изменений суточной величины испарения после полива 24.VII и 6.IX.

Т а б л и ц а 3

Дата по- лива	До по- ли- ва	Дни после полива								
		I	4	II	13	15	19	21	23	
24.VII	4,0	12,8	10,7	6,5	5,7	7,0	4,7	4,2	4,5	
		Дни после полива								
		I	3	5	7	9	15	17	21	24
6.IX	5,8	8,0	6,8	7,8	6,7	5,4	4,4	4,5	4,8	4,7

Как видим, в первом случае дополнительное значение суммарного испарения восстанавливается только на 21-23-й день после полива; во втором - уже на 7-9-й день после полива.

Материалы опытов, проведенных в Голодной степи, показали, что внутрипочвенное орошение на 14-19% снижает водопотребление хлопчатника (табл. 4 и 5).

Т а б л и ц а 4

Водопотребление хлопчатника при различных способах орошения, м³/га

Год	Сумма за период		Разность	
	поверхностный полив	внутрипочвенное орошение	м ³ /га	%
1976	7080	5730	1350	19
1977	6680	5750	930	14

Примечание: в 1976 г. рассматривался период с III декады мая по I декаду октября, в 1977 г. - с I декады мая по I декаду октября.

Согласно данным табл. 5, на участке внутрипочвенного орошения транспирация ниже на 8,4-15,7%, а физическое испарение меньше на 27,6-30,9% по сравнению с участком поверхностного орошения.

Т а б л и ц а 5

Сезонные величины суммарного испарения (E_c), транспирации (E_r) и физического испарения (E_ϕ) с хлопкового поля в совхозе № 10-а Голодной степи при различных способах орошения

Год	Элемент	Поверхностный полив	Внутрипочвенное орошение
1976	E_c	7080	5730
	E_r	5090	4290
	E_ϕ	1990	1440
1977	E_c	6680	5750
	E_r	5030	4610
	E_ϕ	1650	1140

Данные фенологических наблюдений, организованных в рассматриваемом районе, говорят о том, что жизнедеятельность растений на участке ВПО (внутрипочвенное орошение) протекает в более благоприятных условиях, чем на участке БО (полив по бороздам). Площадь листьев одного растения на участке ВПО была значительно выше площади листовой поверхности растения на участке бороздкового орошения: 3988 см² против 3222 в 1976 г. и 2620 см² против 2370 в 1977 г. Более высокой на участке ВПО оказалась и средняя продуктивность фотосинтеза хлопчатника за сезон: 7,81 г/м² в сутки против 6,80 в 1976 г. и 9,1 г/м² в сутки против 7,6 в 1977 г. Это привело к тому, что к концу вегетации на одном растении на участке ВПО в 1976 и 1977 гг. накопилось соответственно 7,1 и 14,0 коробочек против 6,4 и 8,3 на участке БО.

В 1977 г. величина урожая хлопка-сырца на участке ВПО составила 44,5 (39,5) ц/га против 36,2 (37,5) на участке БО. В скобках здесь и ниже указаны данные за 1976 г.

Отсюда следует, что для создания 1 ц хлопка-сырца на участке ВПО было затрачено 129 (144) м³ воды против 184 (188) м³ на участке БО.

Б.Е.МИЛЬКИС – канд. физ.-мат. наук
(САНИИРИ им. В.Д.Курина)

ОЦЕНКА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ХЛОПЧАТНИКА В ОРОШАЕМОЙ ЗОНЕ УЗБЕКИСТАНА

В современных условиях интенсивного развития орошаемого земледелия особенно в районах, расположенных в аридной зоне, наиболее актуальными являются вопросы рационального использования водных ресурсов, а отсюда и разработка научно обоснованных показателей водопотребления, соответствующих современному уровню развития мелиоративных систем.

В настоящее время для определения величины суммарного испарения – водопотребления используют методы водного и теплового балансов, испарителей или лизиметров, градиентных измерений и гидрометеорологический. Наиболее широкое распространение получил метод теплового баланса. В результате исследований данным методом суммарного испарения-водопотребления на орошаемых полях в различных районах Средней Азии в САНИИРИ был разработан метод расчета величины испарения-водопотребления с полей, занятых основной культурой орошаемой зоны – хлопчатником /1-3/.

Проверка метода по данным независимых наблюдений в различных районах Узбекистана показала, что ошибка определения месячных величин испарения в большинстве

случаев не превышает $\pm 20\%$, а сумма за сезон – 5–10%.

На основе этой методики были проведены расчеты суммарного испарения – водопотребления хлопчатника за многолетний период (по данным наблюдений ряда метеостанций). Расчеты показали, что за период вегетации на суммарное испарение с хлопкового поля расходуется 6330–9040 м³/га воды в зависимости от района и года наблюдений. Экстремальные значения суммы испарения хлопчатника за период отличаются на 500–1850 м³/га. Наибольшие месячные величины испарения наблюдаются в июле – 1560–2300 м³/га, наименьшие в апреле – 450–780 м³/га.

Одновременно с расчетами суммарного испарения были определены средние многолетние суммы атмосферных осадков за теплый период. В показания осадкомеров были введены поправки на смачивание (табл. I).

Данные таблицы характеризуют средние значения элементов для каждой высотной зоны в пределах Ферганской долины, Ташкентской области, Голодной степи, Каршинской степи и сопредельных районов, а также низовий Амударьи. В последней колонке приведено суммарное испарение за вычетом атмосферных осадков, т.е. величина водопотребления, необходимая для покрытия суммарного испарения. Так, в центральной части Ферганской долины на высотах 401–500 м она составляет 7900 м³/га, а дефицит водопотребления – 7280 м³/га. Ближе к предгорьям наблюдается уменьшение испарения до 7720 м³/га, а дефицита водопотребления до 5900 м³/га. В западной части долины (301–400 м) характерны несколько завышенные значения испарения – 8080 м³/га, однако дефицит водопотребления здесь почти такой же, как и в центральной части, за счет большой величины атмосферных осадков. Таким образом, распределение испарения и дефицита водопотребления в Ферганской долине обусловлено климатическими особенностями: в восточной части выпадает больше

осадков, чем в западной.

Т а б л и ц а I
Среднемноголетние величины суммарного испарения
суммы осадков и дефицита водопотребления в хлоп-
ковой зоне Узбекистана за вегетационный период,

----- м ³ /га -----				
Район	Высотная зона, м	Величина суммарно- го испа- рения	Атмосфер- ные осад- ки	Дефицит водопот- ребле- ния

Ферганская долина	30I-400	8080	830	7250
	40I-500	7900	620	7280
	50I-900	7780	1140	6640
	90I-1200	7720	1820	5900
Ташкентская область	20I-400	7690	1010	6680
	40I-500	7520	1220	6300
	50I-900	7370	1580	5790
Голодная степь	20I-400	7720	980	6740
Каршинская степь и сопредельные районы	20I-400	8160	540	7620
	40I-500	8060	660	7400
	50I-900	7970	1150	6820
Низовья Амударьи	5I-80	7730	470	7260
	8I-100	8060	330	7730

В Ташкентской области суммарные величины испарения хлопчатника и дефицита водопотребления на высотах от 20I-400 до 50I-900 м соответственно равны 7690-7370 и 6680-5790 м³/га.

В Голодной степи среднемноголетняя величина испарения с хлопкового поля составляет $7720 \text{ м}^3/\text{га}$, а дефицита водопотребления — $6740 \text{ м}^3/\text{га}$.

Суммарные расходы воды орошаемым полем в Каршинской степи и сопредельных районах более значительны — $8160-7970 \text{ м}^3/\text{га}$, больше и дефицит водопотребления — $7620-6820 \text{ м}^3/\text{га}$.

В низовьях Амударьи наибольшие значения испарения и дефицита водопотребления наблюдаются в Хорезмской области (на высоте 81-100 м) — 8060 и $7730 \text{ м}^3/\text{га}$, наименьшие в северной Каракалпакии (на высоте 51-80 м) — 7730 и $7260 \text{ м}^3/\text{га}$ соответственно.

Характер сезонного хода испарения представлен в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Распределение величины суммарного испарения хлопчатника по месяцам за период вегетации, %

Район	Месяцы					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Ферганская долина	7,8	11,2	16,0	25,2	21,8	18,0
Ташкентская область	7,5	11,3	16,9	25,7	21,2	17,4
Голодная степь	7,3	11,3	17,0	24,8	21,9	17,7
Каршинская степь и сопредельные районы	8,0	11,8	16,1	25,6	21,3	17,2
Низовья Амударьи	8,1	11,6	16,4	26,0	20,7	17,2

Из табл. 2 видно, что почти половина сезонной суммы испарения (47%) приходится на июль и август.

Величина испарения за невегетационный период, согласно имеющимся данным наблюдений, составляет от 21 (Ферганская долина) до 27% (низовья Амударьи) от испарения за период вегетации.

Распределение величины суммарного испарения по месяцам за невегетационный период на хлопковых полях представлено в табл. 3.

Как показывают данные табл. 3, около 60% сезонной суммы испарения приходится на октябрь и март.

Т а б л и ц а 3

Распределение величины суммарного испарения
по месяцам за невегетационный период, %

Район	Месяцы					
	X	XI	XII	I	II	III
Ферганская долина	34,2	12,7	6,3	8,2	14,1	24,5
Низовья Амударьи	36,4	9,7	2,1	6,3	19,2	26,3
Каршинская степь и сопредельные районы, Ташкентская область и Голодная степь	35,3	11,2	4,2	7,2	16,7	25,4

В табл. 4. приведены результаты расчетов средних многолетних величин суммарного испарения и суммы осадков за год. Отсюда видно, что наименьшая величина дефицита водопотребления за год наблюдается в Ташкентской области — 3460–5950 м³/га, наибольшая в низовьях Амударьи — 8710–9270 м³/га.

Подсчет суммарного испарения за минусом осадков для осредненного гектара, исходя из среднего для каждого района состава культур в севообороте показал, что удельная величина дефицита водопотребления за год находится от 6060 (Ташкентская обл.) до 9790–9950 м³/га (Хорезмская обл. и КК АССР) [4].

Как показывают материалы теплобалансовых наблюдений, за период вегетации транспирация хлопчатника составляет около 70% (при междурядьях, равных 60 см) и 60% (при ширококорядных посевах) суммарного испарения. При экспериментах величина транспирации определялась как разность суммарного испарения, найденного методом теплового баланса и испарения с почвы под растительным покровом, измеренного испарителями малой модели.

Коэффициент перехода от испарения хлопчатника к испарению люцерны равен в среднем 1,3, а к испарению

Т а б л и ц а 4

Среднемноголетние величины суммарного испарения, сумм осадков и дефицита водопотребления в хлопковой зоне Узбекистана за год, м³/га

Район	Высотная зона, м	Величина суммарного испарения	Атмосферные осадки	Дефицит водопотребления
Ферганская долина	301-400	9780	2170	7610
	401-500	9560	2010	7550
	501-900	9410	3400	6010
	901-1200	9340	5130	4210
Ташкентская область	201-400	9530	3580	5950
	401-500	9330	4440	4890
	501-900	9140	5680	3460
Голодная степь	201-400	9570	3440	6130
Каршинская степь и сопредельные районы	201-400	10120	1840	8280
	401-500	10000	2380	7620
	501-900	9880	4110	5770
Низовья Аму-дарьи	51-80	9820	1110	8710
	81-100	10240	970	9270

с переложных земель (при УГВ 1-3 м) 0,6-0,8.

Анализ результатов опытов по изучению режима орошения и водопотребления хлопчатника в условиях Каршинской и Голодной степей показывает, что на начальной стадии освоения целины под хлопчатник оросительные нормы на 20-40% выше, чем в последующие годы. В процессе освоения количество поливов уменьшается с 7-8 до 4-5 и даже 2-3 раз. В первый год освоения с опытного участка с по-

севами хлопчатника испаряется почти в 4 раза больше воды.

Как показывают материалы наблюдений, при близком залегании минерализованных грунтовых вод наблюдается задержка в росте и развитии растений, происходят задержка урожая и уменьшение величины транспирации на 20-40%.

Оценка влияния на водопотребление густоты стояния растений показала, что на участке с густотой стояния растений порядка 300 тыс.кустов на гектар суммарное испарение было выше на 11,3%, транспирация больше на 21,1%, а физическое испарение ниже всего на 2,3% по сравнению с участком с меньшей густотой стояния растений (150 тыс.кустов на гектар).

Различная густота стояния растений вызывает заметные изменения в структуре теплового баланса; при большей густоте на 6-43% увеличиваются затраты тепла на испарение, недостаток радиационного тепла компенсируется из окружающей среды за счет турбулентного теплообмена и, иногда, за счет тепла из более глубоких слоев почвы.

Материалы, приведенные в настоящей работе, дают возможность оценить величину водопотребления хлопчатника в районах, где специальные наблюдения не проводились. Данные о дефиците водопотребления за год и вегетационный период позволяют производить расчеты водопотребления нетто и брутто для различных районов с учетом сложившегося мелиоративного режима и фактических КПД системы и техники полива.

Л и т е р а т у р а

- И. М и л ь к и с Б.Е., А х м е д о в Г.А.,
 Т у й ч и е в Т. К вопросу о зависимости
 суммарного испарения с орошаемого хлопкового
 поля от суммарной радиации и радиационного
 баланса. Тр. САНИИРИ, вып. 118, Ташкент,
 1969.

2. М и л ь к и с Б.Е., М у м и н о в Ф.А.
Вопросы методики расчета испарения с орошаемых полей. Тр. САРНИГМИ, вып. 66(81). Л., Гидрометеиздат, 1971.
3. М и л ь к и с Б.Е. Расчет оросительных норм с использованием характеристик радиации. Сб. "Экономика водного хозяйства", вып.2, М., ВНИИГМ, 1979.
4. Д у х о в н ы й В.А., М и л ь к и с Б.Е.
Уточнение методики расчетов водопотребления на орошение в аридной зоне, их практическое приложение и задачи научных исследований. Сб. научных трудов САНИИРИ, вып. 144, Ташкент, 1975.

РЕФЕРАТЫ

к сборнику научных трудов, вып. 165 (Пути рационального использования водных ресурсов Средней Азии и их охрана)

УДК 628.394

ПРИЕМЫ ПРОГНОЗА И НОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

А.П. Орлова

Сборник научных трудов, вып. 165, Ташкент, САНИИРИ, 1981.

В статье рассмотрены лимитирующие показатели вредности для водозаборов всех видов водопользования; даны основные разработки универсальной методики нормирования качества воды по компонентам; приведена методика прогнозирования содержания ядохимикатов в водотоках.

Табл. I.

УДК 628.394

К ВОПРОСУ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОД ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Л.Н. Даниелова

Сборник научных трудов, вып. 165, Ташкент, САНИИРИ, 1981

Проанализировано состояние контроля качества вод оросительных систем, проводимого в настоящее время службой мелиорации ММВХ УзССР на мелиорируемых землях Узбекистана; определены основные задачи контроля качества вод оросительных систем и методический подход к его осуществлению.

Библиогр. 4.

УДК 628.394

ПРОГНОЗ ВЫНОСА ЯДОХИМИКАТОВ С ОРОШАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

А.П. Орлова, О.С. Дунин-Барковская

Сборник научных трудов, вып. 165, Ташкент, САНИИРИ, 1981

Дается характеристика основных свойств пестицидов, используемых на орошаемой территории Средней Азии, режим их приме-

ния. Приводятся также данные о режиме и величине их возможного выноса в коллекторно-дренажную сеть и прогноз содержания пестицидов в КДВ, отводимых с территории трех хозяйств, расположенных в районах с различными почвенно-мелиоративными условиями.

Табл. 2, библиогр. 4.

УДК 628.394

ПРОГНОЗ КАЧЕСТВА ВОДЫ р. ГУНТ

В.А.Николаенко, К.В.Громыко

Сборник научных трудов, вып. 165, Ташкент, САНИИРИ, 1981

Река Гунт расположена в центральной части Памирского региона. Гидрохимический анализ этой реки показал, что на современном этапе воды ее бассейна практически не загрязнены: минерализация воды составляет в среднем 135 мг/л, соединения азота 0,33, фосфаты 0,0164 мг/л.

По биологическим показателям вода относится к олигосапробному типу: индекс сапробности колеблется в пределах 1,2-1,3.

Исследования показали: с учетом водоохраных мероприятий минерализация воды достигнет 40 мг/л, соединения азота 0,42, фосфаты 0,0324. Сапробность воды не изменится.

Гидрохимические и гидробиологические показатели качества воды р. Гунт позволяют сделать вывод, что в дальнейшем она будет пригодна для всех видов водопользования.

Табл. 1, библиогр. 9.

УДК 628.394

ОХРАНА ВОДОТОКОВ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПЕСТИЦИДАМИ, ПРИМЕНЯЕМЫМИ В ХЛОПКОВОДСТВЕ

А.П.Орлова, Л.В.Ярошенко

Сборник научных трудов, вып. 165, Ташкент, САНИИРИ, 1981

Дана краткая характеристика выноса фосфорорганических ядохимикатов в зависимости от различных факторов и необходимые водоохраные мероприятия, предохраняющие загрязнение водотоков ядохимикатами.

Иллюстр. 1.

УДК 631.67:626.822:633.511

ВЕЛИЧИНА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ХЛОПЧАТНИКА НА ЦЕЛИННЫХ
ЗЕМЛЯХ КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Э.Д.Чолпанкулов, Т.А. Гапич

Сборник научных трудов, вып. 165, Ташкент, САНИИРИ, 1981

Рассматриваются закономерности изменения эвапотранспирации в ходе освоения целинных земель. Приводятся затраты оросительной воды на единицу урожая в ходе освоения при сопутствующем переходе от автоморфного к гидроморфному типу почвообразования.

Табл. 5, биол. I.

УДК

РЕЖИМ СУММАРНОГО ИСПАРЕНИЯ И ЕГО СТРУКТУРА НА
ХЛОПКОВОМ ПОЛЕ В КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

Т.М.Нигманов

Сборник научных трудов, вып. 165, Ташкент, САНИИРИ, 1981

В статье на примере поливного поля хлопчатника в зоне нового орошения (Каршинокая степь) рассматриваются режим суммарного испарения и его структура. Приводятся данные трехлетних исследований по суммарному испарению и его составляющим на полях, орошаемых способом дождевания и бороздковым поливом, отражающие некоторые изменения характеристики этих показателей под воздействием полива.

Табл. 6, иллюстр. I.

УДК 626.810

ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТОКА В БАССЕЙНЕ
р. АМУДАРЬИ

В.П. Светицкий

Сборник научных трудов, вып. 165, Ташкент, САНИИРИ, 1981

Рассмотрены гидролого-водохозяйственная характеристика, факторы вызывающие необходимость территориального стока, влияние перераспределения на речной сток. Показано, что в современных условиях в результате территориального перераспределения стока

величина его в устье реки уменьшилась на 34–81% в годы разной водности; в перспективе уменьшение стока будет проявляться более отчетливо.

УДК 628.80

ИССЛЕДОВАНИЕ БАЛАНСА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД КАРШИНСКОЙ СТЕПИ

В.П.Светицкий, Г.А.Ахмедов

Сборник научных трудов, вып. 165, Ташкент, САНИИРИ, 1981

В результате исследования поверхностных вод в Каршинской степи, проведенных в 1973–1978 гг., выявлено, что водозабор на орошение увеличился более, чем в 2,5 раза, отток коллекторных вод – с 6 до 35% (от водозабора); вынос солей возрос в 9 раз; суммарное испарение увеличилось более, чем в 1,5 раза. Даются конкретные предложения по повторному использованию возвратных вод, а также по наиболее эффективному использованию водных ресурсов среднего течения р. Амударьи.

Табл. 9.

УДК 631.4:51

К ВОПРОСУ КИНЕТИКИ РАЗЛОЖЕНИЯ БУТИФОСА В ВОДЕ

К.Е.Марговский, Л.В.Просмушкина

Сборник научных трудов, вып. 165, Ташкент, САНИИРИ, 1981

Рассматривается разложение бутифоса в воде на основе данных лабораторных исследований. Приводится математическая модель разложения пестицида в воде ($pH = 6$) в зависимости от температуры. Результаты расчетов по полученной модели подвергнуты статистической обработке. Дан коэффициент корреляции между данными, рассчитанными по предложенной модели, и результатами эксперимента.

Табл. 2, илл. 2, библиогр. 3.

УДК 626.810

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ВЕЛИЧИНЫ РАСЧЕТНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

А.А.Рафиков

Сборник научных трудов, вып. 165, Ташкент, САНИИРИ, 1981

В статье рассмотрены принципы экономического обоснования выбора величины расчетной обеспеченности оросительных систем по водопотреблению (P_0 %). Эффективность использования оросительных систем определяется величиной орошаемой площади и стоимостью водопроводящей и распределительной сети, которая зависит от величины P_0 %, выбираемой при проектировании оросительных систем. Приведены расчеты, показывающие необходимость снижения величины P_0 с 95 до 70%.

Табл. 1, иллюстр. 2, библиогр. 2.

УДК 631.67:626.810.3

ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОТКАЧИВАЕМЫХ ВОД ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИХ НА ОРОШЕНИЕ

А.У.Усманов, Р.В.Савельева, М.А.Барон

Сборник научных трудов, вып. 165, Ташкент, САНИИРИ, 1981

Рассматривается прогноз минерализации подземных вод в условиях функционирования вертикального дренажа и длительного использования минерализованных вод на орошение сельскохозяйственных культур. Принцип предлагаемого расчета заключается в том, что вся расчетная толща, начиная от поверхности земли и кончая активной зоной действия дренажа, разбивается на три зоны: зону аэрации, зону насыщения породных отложений, а также водоносный горизонт. Согласно принятой схематизации расчет проводится в три этапа.

Пользуясь предложенной методикой, можно прогнозировать солевой режим почвогрунтов, грунтовых и подземных вод, откачиваемых скважинами вертикального дренажа.

Табл. 2, библиогр. 2.

УДК 338.94:631.6

110

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ
ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ СЫРДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ УЗССР**

И.Е.Карачарская, С.А.Печаткин

Сборник научных трудов, вып. 165, Ташкент, САНИИРИ, 1981

Проведен анализ типов и видов работ по реконструкции гидромелиоративных систем Сырдарьинской области и эффективности произведенных капитальных вложений за годы X пятилетия. С целью более эффективного использования капитальных вложений обоснованы предложения о концентрации средств и отдельных видов работ по совершенствованию гидромелиоративных систем.

Табл. 2, библиогр. 2.

УДК 626.8

**ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ
СПОСОБАХ ОРОШЕНИЯ**

Б.Б.Милькис, Э.И.Узенобаев, Т.М.Нигманов

Сборник научных трудов, вып. 165, Ташкент, САНИИРИ, 1981

На основе опытов, проведенных в Голедной и Каршинской степях, показаны водопотребление хлопчатника при различных способах орошения и снижение испарения при внутрипочвенном орошении.

Табл. 5.

УДК 626.810:633.5

**ОЦЕНКА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ХЛОПЧАТНИКА В
ОРОШАЕМОЙ ЗОНЕ УЗБЕКИСТАНА**

Б.Б.Милькис

Сборник научных трудов, вып. 165, Ташкент, САНИИРИ, 1981

Приводятся результаты расчетов среднеемноголетних величин водопотребления с хлопкового поля за год и вегетационный период, оценивается дефицит водопотребления.

Рассматриваются результаты экспериментальных исследований суммарного испарения на орошаемых землях.

Табл. 4, библиогр. 4.

С о д е р ж а н и е

1. О р л о в а А.П. Прием прогноза и нормирования загрязнения поверхностных водных источников.	3
2. Д а н и е л о в а Л.Н. К вопросу контроля качества воды оросительных систем	17
3. О р л о в а А.П., Д у н и н - Б а р к о в с к а я О.С. Прогноз выноса ядохимикатов с орошаемой территории	21
4. Н и к о л а е н к о В.А., Г р о м и к о К.В. Прогноз качества воды р. Гунт.	28
5. О р л о в а А.П., Я р о ш е н к о Л.В. Охрана водотоков от загрязнения пестицидами, применяемыми в хлопководстве.	34
6. Ч о л п а н к у л о в Э.Д., Г а п и ч Т.А. Валичина водопотребления хлопчатника на целинных землях Каршинской степи	42
7. Н и г м а н о в Т.М. Режим суммарного испарения и его структура на хлопковом поле в Каршинской степи	45
8. С в е т и ц к и й В.П. Территориальное перераспределение стока в бассейне р. Амударьи	52
9. С в е т и ц к и й В.П., А х м е д о в Г.А. Исследование баланса поверхностных вод Каршинской степи	54
10. М а р г о в с к и й К.Е., П р о с м у ш к и н а Л.В. К вопросу кинетики разложения бутифоса в воде....	63
11. Р а ф и к о в А.А. К вопросу о выборе величины расчетной обеспеченности оросительных систем	71
12. У с м а н о в А.У., С а в е л ь е в а Р.В., Б а - р о н М.А. Прогноз изменения минерализации откачиваемых вод при использовании их на орошение	78
13. К а р а ч а р с к а я И.Е., П е ч а т к и н С.А. Оценка эффективности мероприятий по реконструкции гидромелиоративных систем Сырдарьинской области УзССР	86

14. М и л ь к и с Б.Е., У з е н б а е в Э.И., Н и г -
м а н о в Т.М. Водопотребление хлопчатника
при различных способах орошения 91
15. М и л ь к и с Б.Е. Оценка водопотребления хлоп-
чатника в орошаемой зоне Узбекистана 97
16. Р е ф е р а т ы 105

Редакторы: А.Ш.Меркина, Р.П.Худаянц

Р- 05261 Подписано в печать 13.X-1981 г. Формат бумаги
60 x 90 1/16. Усл.-п.л. 57 Уч.-изд.л. 6,0 Заказ № 1611
Тираж 450 экз. Цена 0-75 руб.

Картфабрика ин-та "Узгипрозем", г.Ташкент, ул. Мухоморова, 176