

1717
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КАЗССР

ТРУДЫ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА
ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

ТОМ IV

ИЗДАТЕЛЬСТВО «КАЙНАР» 1965

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КАЗССР

06
КН-712
92

ТРУДЫ
КАЗАХСКОГО
НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА
ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

ТОМ IV

ИЗДАТЕЛЬСТВО «КАЙНАР»
Алма-Ата — 1965

ПРЕДИСЛОВИЕ

*Коммунистическая партия и Советское правительство придают исключительно большое значение подъему и всестороннему развитию сельскохозяйственного производства, созданию изобилия продуктов питания для населения и сырья для промышленности. В новой Программе КПСС говорится, что для обеспечения устойчивых, высоких, неуклонно увеличивающихся урожаев, освобождения сельского хозяйства от вредных воздействий стихийных сил природы, в особенности от засух, и в целях резкого повышения плодородия почвы, а также быстрого развития животноводства, наряду с осуществлением других мероприятий необходимо «выполнить обширную программу **ирригационного строительства** для орошения и обводнения миллионов гектаров новых земель в засушливых районах и подъема существующего поливного земледелия».*

Проводя в жизнь исторические решения XXII съезда партии, февральский Пленум ЦК КПСС разработал подробный план интенсификации сельскохозяйственного производства на основе широкого применения удобрений, развития орошения, комплексной механизации и внедрения достижений науки и передового опыта.

Осуществлению решений партии по сельскому хозяйству подчинена вся деятельность научных сотрудников Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства. Об этом свидетельствует настоящий сборник трудов КазНИИВХ, в котором помещена часть их работ. Написаны они в виде кратких сообщений и отражают вопросы орошения, техники и механизации поливов, обводнения и водоснабжения, гидрологии, автоматизации, гидротехники и экономики водного хозяйства.

Статьи предназначены для широкого круга читателей — научных работников, проектировщиков, а также специалистов орошаемого земледелия и водного хозяйства.

А. Г. ТУРБИН,
кандидат технических наук
В. Я. ЛОПАТИН,
научный сотрудник

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ПОЛИВЫ НАПУСКОМ ПО ПОЛОСАМ И БОРОЗДАМ

В условиях южной и юго-восточной частей Казахстана получение высоких и устойчивых урожаев таких культур, как хлопчатник, сахарная свекла, кукуруза, горох, кормовые бобы, овоще-бахчевые, плодово-ягодные и другие, возможно только при орошении.

Полное освоение всех орошаемых земель под посевы и насаждения, дальнейшее увеличение их площади является важнейшей задачей тружеников сельского хозяйства и всех водохозяйственных органов.

В Казахстане площадь водообеспеченных земель с оросительной сетью составляет 1,3 млн. га, а ежегодно поливается около 1 млн. га. На значительной части поливаемой площади необходимы поливы не делается, а там, где они проводятся, то далеко несовершенными способами. Поэтому урожайность сельскохозяйственных культур здесь ниже возможной.

В хозяйствах юга республики при наличии большого количества орошаемых земель и недостатка рабочей силы одной из главных причин неполного их освоения является низкая производительность труда на поливах — в среднем при поливе по бороздам 0,5—1,0 га за смену.

При такой производительности, среднем 20-суточном межполивном периоде и 5 поливах поливальщик за оросительный сезон может обслуживать площадь 10—20 га и затрачивать на это 100 человеко-дней. Если в хозяйстве 2 000 га орошаемых земель, то на поливы нужно ежедневно выделять 100 человек и затрачивать на их проведение 10 000 человеко-дней, а по всем хозяйствам Казахстана — 65 тыс. поливальщиков и 6,5 млн. человеко-дней. Следовательно, разработка и внедрение в колхозно-совхозное производство высокопроизводительных способов и приемов полива является важнейшей задачей орошаемого земледелия республики.

Выработка поливальщика зависит от величины поливной нормы и количества воды, которая поступает в поливную сеть. Потребная

величина поливной нормы устанавливается по верхней и нижней границам оптимального увлажнения корнеобитаемого слоя почвы.

Верхняя граница обычно соответствует его предельной полевой влагоемкости, а нижняя—60—70% от последней, то есть величина поливной нормы равняется 30—40% предельной полевой влагоемкости активного слоя почвы.

Глубина насыщения почвы влагой при поливах определяется видом, номером полива и возделываемой культурой. Например, при влагозарядковых поливах глубина увлажнения почвы до предельной полевой влагоемкости должна быть в пределах 1—1,5 м, а при вегетационных поливах, проводимых на фоне влагозарядки, она по мере развития корневой системы растений и иссушения почвы увеличивается. Максимальная ее величина для полевых культур должна быть 0,8—1,0 м, для овощных — 0,5—0,6 и для древесных — 1,0—1,3 м.

Следовательно, величина поливной нормы для данных конкретных почвенных условий, вида, номера полива и культуры является определенной. Проведение поливов необходимыми поливными нормами достигается путем правильного подбора величин элементов техники полива и качественной нарезки как поливной, так и временной оросительной сети.

Таким образом, выработка поливальщика целиком определяется размером поливного тока. Поэтому для повышения производительности труда поливальщику необходимо создать такие условия, при которых он мог бы работать с увеличенным и крупным поливным током.

В настоящее время в хозяйствах на значительной площади водообеспеченных орошаемых земель временная оросительная сеть нарезается по следующим двум схемам (рис. 1).

Схема первая состоит из временных оросителей и выводных борозд. В ней временные оросители и поливная сеть располагаются в направлении основного уклона, а выводные борозды — поперек его. Подача воды в поливную сеть производится из выводных борозд.

Вторая схема состоит только из одних временных оросителей, нарезаемых по направлению расположения поливной сети на расстоянии 20—25 м друг от друга. Подача воды в поливную сеть производится непосредственно из временных оросителей при боковом выпуске.

По первой схеме временная оросительная сеть нарезается в такой последовательности: сначала нарезаются временные оросители увеличенного поперечного сечения канавокопателем КПУ-2000А или КЗУ-0,3, а затем — выводные борозды малого поперечного сечения канавокопателем КПН.

Нарезка временной оросительной сети по первой схеме расположения является нерациональной, так как устройство выводных бо-

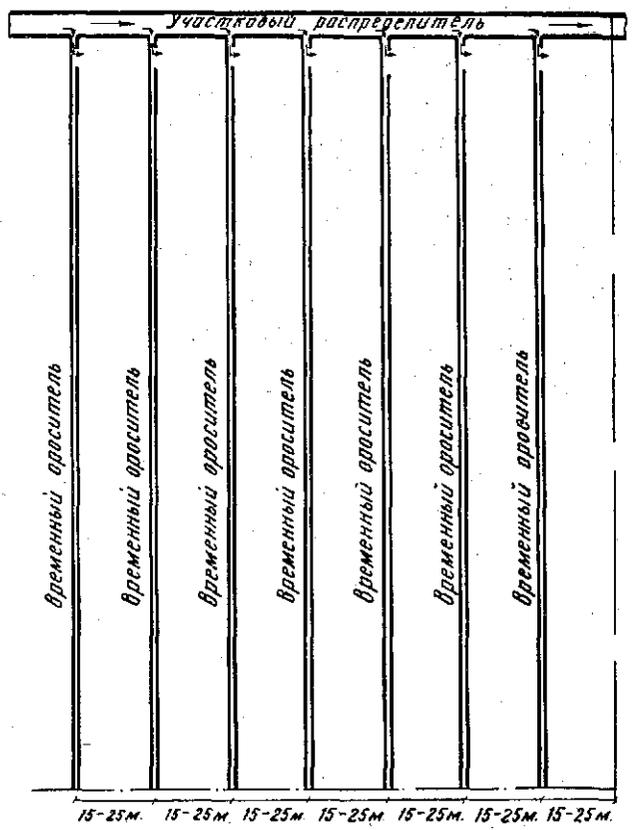
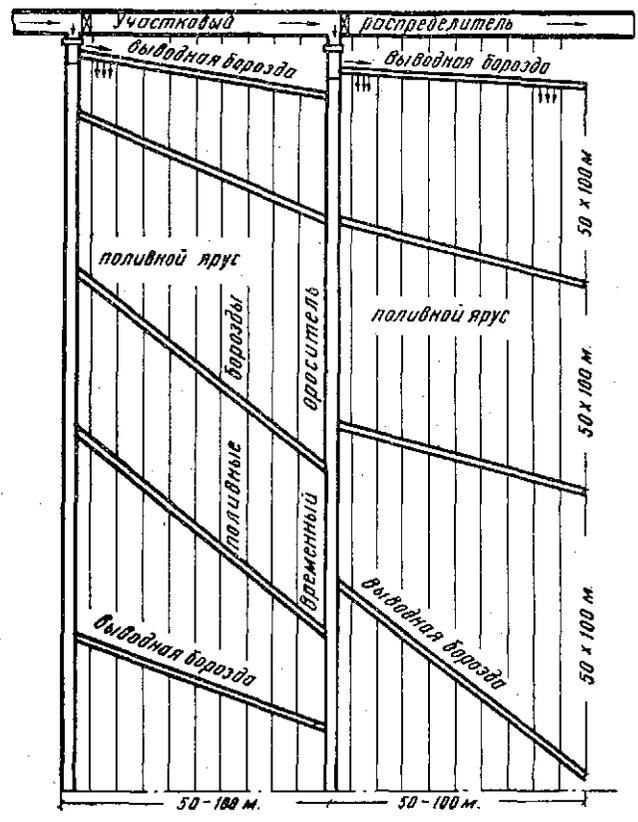


Рис. 1. Применяемые схемы расположения временной оросительной сети на поливных участках в хозяйствах Георгиевской оросительной системы.

Высокопроизводительные поливы напуском

розд после нарезки временных оросителей вызывает дополнительные затраты ручного труда на их соединение. Пропускная способность выводных борозд при малых продольных уклонах в этих случаях составляет 25—30 л/сек. По второй схеме поливальщику приходится устраивать поперечные борозды и затрачивать значительное количество труда и времени.

Следовательно, при применяемой последовательности нарезки временной оросительной сети по первой схеме и устройстве выводных борозд малого поперечного сечения, а также при расположении временных оросителей по второй схеме не обеспечивается работа поливальщика с увеличенным и крупным поливным током, поэтому он не может дать высокую выработку.

Учитывая, что в условиях юга Казахстана на значительной площади орошаемых земель сельскохозяйственные культуры наиболее выгодно возделывать при сочетании вегетационных поливов с влагозарядковыми, для указанных видов полива необходимо проводить исследования по изучению приемов повышения производительности труда поливальщиков.

При поверхностно-самотечном орошении наиболее эффективным является полив напуском по полосам и бороздам. Повышение производительности и облегчение труда поливальщика при этих способах полива достигается следующими путями:

1. Правильной и качественной подготовкой поверхности поливных участков к поливам.
2. Устройство временной оросительной сети увеличенного поперечного сечения и работой поливальщика на одном оросителе.
3. Устройство специальных схем расположения временной оросительной сети увеличенного поперечного сечения, обеспечивающих одновременную работу поливальщика на двух оросителях с поливным током крупного размера.

Исследования, направленные на значительное повышение производительности труда поливальщиков при поливах напуском по полосам и бороздам, авторами этой статьи проводились в хозяйствах, обслуживаемых Георгиевской оросительной системой Джамбулской области в течение 1959—1962 гг.

Влагозарядковые и вегетационные поливы зерновых колосовых и других культур сплошного сева проводились напуском по полосам, а вегетационные поливы пропашных культур — по бороздам. Подача воды на поливные полосы производилась через прокопы, устраиваемые в борту выводных борозд, а в поливные борозды — как через прокопы, так и сифонными трубками.

Поливные полосы нарезались полосообразователем, изготовленным в мастерских Георгиевского лубсовхоза. Временная оросительная сеть (временные оросители и выводные борозды) увеличенного и крупного поперечного сечения нарезалась канавокопателем

КПУ-2000А или КЗУ-0,3, а поливные борозды — тракторным окучником с открывками.

Исследованию были подвергнуты следующие шесть схем расположения временной оросительной сети на поливных участках (рис. 2).

Схема первая — выводные борозды одностороннего питания; временная оросительная сеть увеличенного поперечного сечения.

Схема вторая — выводные борозды также одностороннего питания; временная оросительная сеть крупного поперечного сечения.

Схема третья — выводные борозды двухстороннего питания; временная оросительная сеть увеличенного поперечного сечения.

Схема четвертая — временные оросители двухстороннего командования крупного поперечного сечения, а выводные борозды — увеличенного.

Схема пятая — выводные борозды одностороннего питания; временная оросительная сеть увеличенного поперечного сечения с дополнительным оросителем, устраиваемым в средней части временной поливной карты.

Схема шестая — на половине ширины временной поливной карты выводные борозды сдвоенные, временные оросители крупного поперечного сечения.

В первой, второй, третьей, четвертой и шестой схемах временные оросители располагались на расстоянии 100 м друг от друга, а в пятой — на 50—100 м. Выводные борозды нарезались на расстоянии от 100 до 500 м друг от друга, то есть длина поливной сети изменялась от 100 до 500 м.

Поливы по первой, второй, четвертой и шестой схемам расположения временной оросительной сети поливальщик проводил одним оросителем, а по третьей и пятой схемам он одновременно работал на двух оросителях.

Во время поливов по первой схеме поливальщик работал с поливным током 40 л/сек, а по второй, четвертой и шестой — 60—80 л/сек, по третьей и пятой схемам (на двух оросителях) — 100—120 л/сек.

Исследованиями установлено, что на поливных участках с уклонами в направлении расположения временных оросителей порядка 0,005—0,006 и почвами среднего механического состава поливной ток больше 60 л/сек вызывает размыв временных оросителей, требует от поливальщика большого напряжения сил по перекрытию воды, усложняет работы по подготовке участков к послеполивным работкам и уборке урожая. Поэтому при второй, четвертой и шестой схемах расположения временной оросительной сети работа поливальщика в указанных условиях обеспечивается с поливным током в пределах 50—60 л/сек.

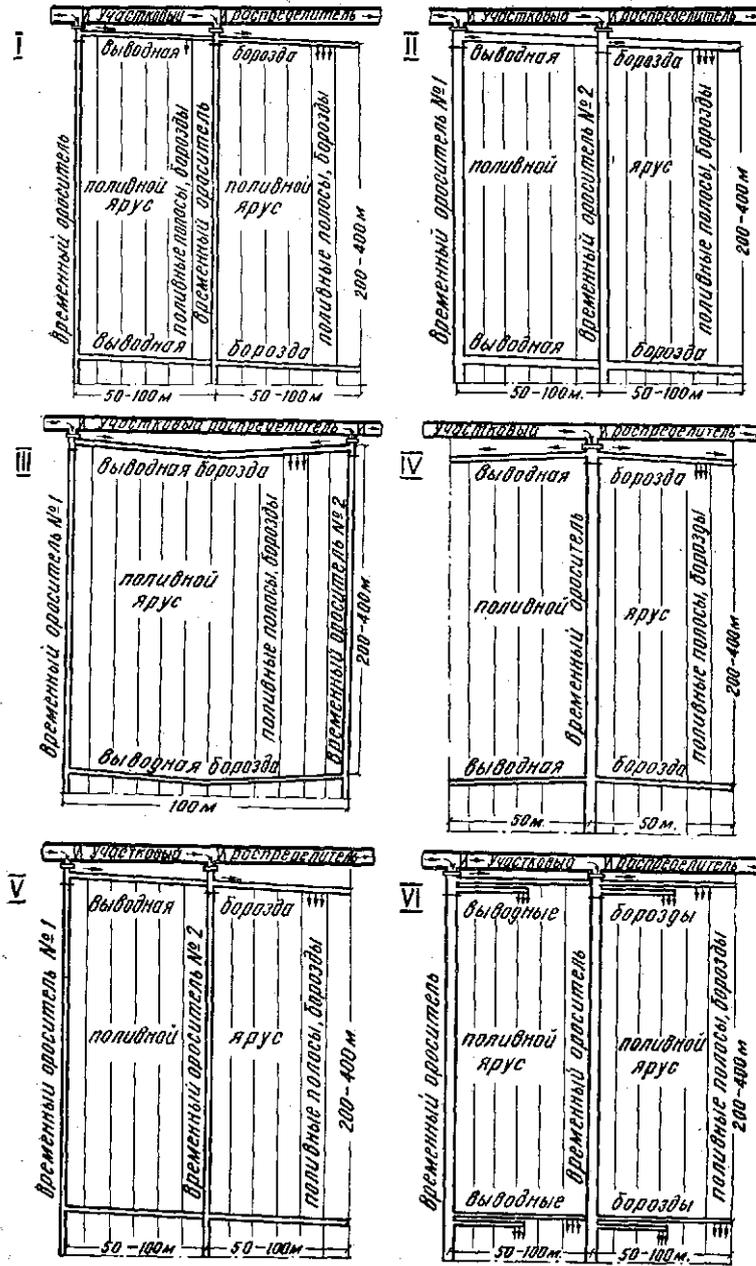


Рис. 2. Изучаемые схемы расположения временной оросительной сети.

В таблице 1 показана приведенная к определенной величине поливных норм выработка поливальщика при работе его по второй, четвертой и шестой схемам.

Таблица 1

Выработка поливальщика при работе на одном оросителе

Размер поливного тока, л/сек	Величина поливной нормы, м ³ /га	Выработка поливальщика, га		
		за один час	за 8 часов	за 12 часов
50—60	600	0,30—0,36	2,4—2,8	3,6—4,3
50—60	800	0,20—0,27	1,6—2,1	2,4—3,2
50—60	1 000	0,18—0,22	1,5—1,7	2,2—2,6

Из этих данных видно, что при расположении временной оросительной сети на поливных участках по трем указанным схемам предельная выработка поливальщика за полную смену составляет от 2,2 до 4,3 га.

Дальнейшее повышение производительности труда поливальщика достигается за счет одновременной его работы на двух оросителях. Это обеспечивается нарезкой временной оросительной сети на поливных участках по третьей и пятой схемам (рис. 3).

В третьей схеме суммарный поливной ток двух оросителей размером 100—120 л/сек одновременно поступает в одну выводную борозду и по ней от каждого оросителя доводится до половины ширины временной поливной карты, а затем выпускается в поливную сеть. Такой же поливной ток и в пятой схеме.

Выработка поливальщика, одновременно обслуживающего два оросителя при фактической величине поливных норм, показана в таблице 2.

Таблица 2

Выработка поливальщика при работе на двух оросителях

Схема	Фактическая величина поливной нормы, м ³ /га	Фактический размер поливного тока, л/сек	Выработка поливальщика, га		
			за один час	за 8 часов	за 12 часов
3	600	130	0,72	5,70	8,60
	700	100	0,47	3,90	5,80
5	1 000	120	0,45	3,60	5,40
	1 000	100	0,38	3,00	4,50

В таблице 3 показана выработка поливальщика, приведенная к поливным нормам определенной величины.

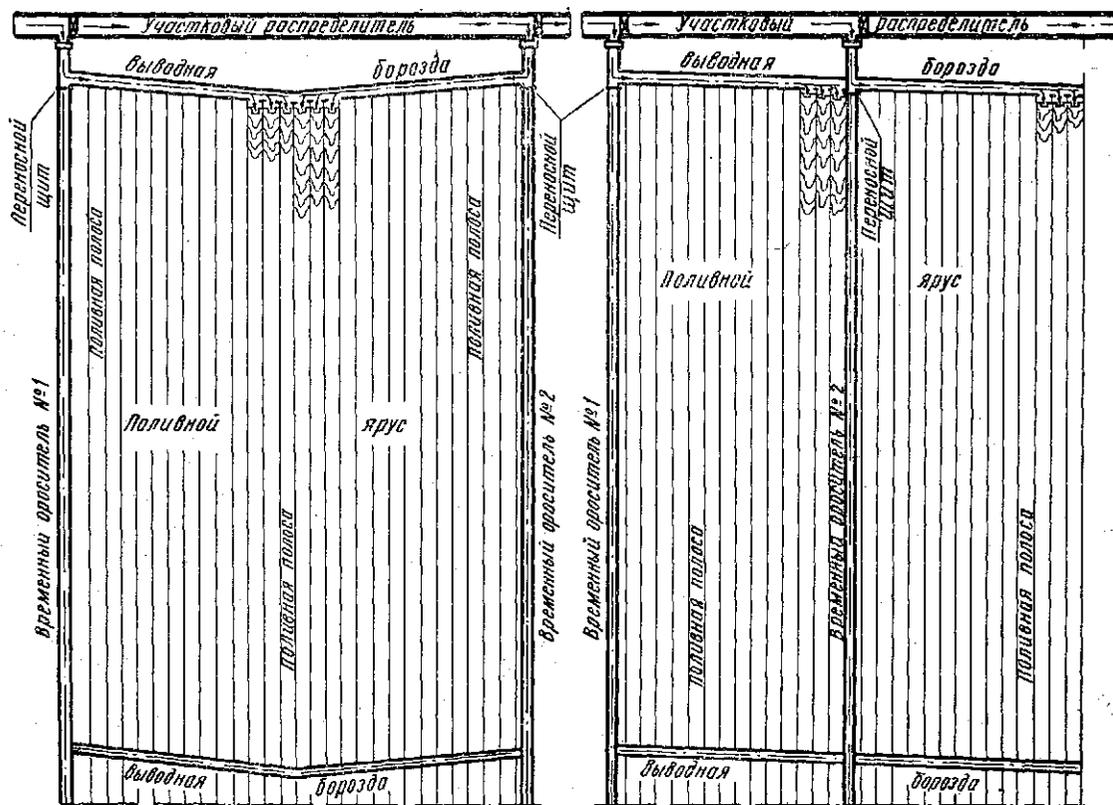


Рис. 3. Одновременная работа поливальщика на двух оросителях.

Таблица 3

Возможная выработка поливальщика при работе на двух оросителях

Схема	Величина поливной нормы, m^3/ga	Поливной ток, $л/сек$	Выработка поливальщика, $га$		
			за один час	за 8 часов	за 12 часов
3—5	600	100—120	0,60—0,72	4,8—5,7	7,2—8,6
	800	100—120	0,45—0,54	3,6—4,3	5,4—6,5
	1 000	100—120	0,36—0,43	3,9—3,5	4,3—5,2

Из таблиц 2 и 3 видно, что при расположении временной оросительной сети на поливных участках и приемах подачи воды в поливную сеть по схемам 3 и 5 работа поливальщика обеспечивается с поливным током 100—120 $л/сек$ и выработка его за 12-часовую смену составляет от 4,3 до 8,6 $га$ при хорошем качестве полива.

На опытно-производственных участках площадью от 60 до 70 $га$, где поливы проводились по указанным схемам расположения временной оросительной сети, возделываемые культуры дали урожай в следующих размерах: конопля при 5—6 вегетационных поливах — от 75 до 82 $ц/га$; кенаф при 4 вегетационных поливах — от 75 до 80 $ц/га$; кенаф при влагозарядке и 3 вегетационных поливах — 100 $ц/га$; кукуруза на зерно при влагозарядке и 3 вегетационных поливах — 70 $ц/га$.

Таким образом, при проведении поливов по второй, четвертой и шестой схемам расположения временной оросительной сети работа поливальщика обеспечивается с поливным током 50—60 $л/сек$ и выработка его за 12-часовую смену составляет от 2 до 4 $га$, а по третьей и пятой схемам — соответственно 100—120 $л/сек$ и от 4 до 8 $га$.

Следовательно, если поливальщик будет работать по третьей и пятой схемам расположения временной оросительной сети и пользоваться указанными приемами подачи воды в поливную сеть при среднем 20-суточном межполивном периоде культур в севообороте и пяти поливах поливной нормой 800 m^3/ga , он может за оросительный сезон обслуживать поливами площадь не 20, а около 80—100 $га$ и затрачивать на гектар не 5, а 1 человеко-день.

В хозяйствах, имеющих орошаемую площадь в 2 000 $га$, требуется ежедневно выделять не 100, а 20—25 поливальщиков и затрачивать на поливы не 10 000, а 2 000—2 500 человеко-дней.

Такова эффективность применения предлагаемых третьей и пятой схем расположения временной оросительной сети и приемов подачи воды в поливную сеть.

Н. С. ГОРЮНОВ,
кандидат технических наук

Н. В. ДАНИЛЬЧЕНКО,
научный сотрудник

Р. А. КВАН,
аспирант

ОРОШЕНИЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ НА ЮГО-ВОСТОКЕ КАЗАХСТАНА

Февральский Пленум ЦК КПСС разработал обширную программу интенсификации сельскохозяйственного производства на основе широкого применения удобрений, развития орошения, комплексной механизации и внедрения достижений науки и передового опыта. В решениях Пленума указаны три главных направления интенсификации сельского хозяйства. Один из них — путь всемерного развития орошаемого земледелия.

Казахстан располагает большими водно-земельными ресурсами. На орошаемых землях здесь выращиваются хлопок, рис, свекла, овоще-бахчевые и другие ценные культуры. С поливных земель на юге Казахстана получают от 60 до 85 % всей продукции земледелия. Один поливной гектар в условиях юга республики продуктивнее 5—6 га богары.

В Казахстане в настоящее время имеется 1 280 тыс. га ирригационно подготовленных земель, что составляет только 4 % всей посевной площади. Несмотря на это, республика получает с них более 20 % продукции земледелия в денежном выражении. Водные и земельные ресурсы позволяют значительно расширить площади орошаемых земель и довести их к 1970 году до 2,5 млн. га.

На юге и юго-востоке республики на орошаемых землях возделывается на больших площадях сахарная свекла. Это не только ценная техническая культура, но и прекрасный высокопитательный корм для скота. К 1970 году производство свеклы предполагается довести до 5,8 млн. т вместо 1,4 млн. т, произведенных в 1963 году.

Перед свекловодами Казахстана в 1964 году поставлена ответственная задача — продать государству 1 млн. 700 тыс. т сахарной свеклы. Чтобы выполнить ее, надо собрать с каждого гектара не менее 300—350 ц корней. Передовые хозяйства, умело используя технику, минеральные и местные удобрения и достижения науки, получают при орошении хорошие и устойчивые урожаи сахарной

свеклы с повышенным содержанием сахара. Высокими урожаями славятся колхозы имени XXII съезда КПСС Джамбулской области, «40 лет Казахстана» Энбекши-Казахского производственного управления, имени XXII съезда КПСС и имени Крупской Талды-Курганского производственного управления Алма-Атинской области. На больших площадях здесь ежегодно получают по 450—500 ц сахарной свеклы с гектара.

Однако средний сбор фабричной свеклы в целом по республике еще весьма низок. За последние 5 лет он составил только 205 ц/га, в том числе по Алма-Атинской области — 217 и Джамбулской — 209 ц/га. В чем причина такого положения? Прежде всего в том, что нарушается агротехника возделывания сахарной свеклы, слабо используются минеральные удобрения, не применяются прогрессивные способы полива и не соблюдаются рациональные режимы орошения. А в этом, как показывают данные научно-исследовательских работ и практика передовых свеклосеющих хозяйств, — ключ к подъему урожайности.

Колхоз имени XXII съезда КПСС Свердловского производственного управления Джамбулской области, применяя разработанный КазНИИВХ режим орошения, в 1962 году с площади 730 га собрал по 501 ц корней свеклы с достаточно высокой сахаристостью, а сельхозартель «Трудовик» Курдайского производственного управления той же области в 1963 году с площади 55 га получила по 453 ц.

Для наиболее рационального использования водно-земельных ресурсов сахарную свеклу надо поливать с таким расчетом, чтобы при экономном расходовании воды получать высокие урожаи корней с большим содержанием сахара и низкой себестоимостью продукции, причем оросительная норма должна быть экономически целесообразной. Это особенно важно для юга республики, где в летний период, как правило, ощущается острая нехватка воды для орошения.

В начале массового развития свеклосеяния на орошаемых землях юго-востока Казахстана (1935—1936 гг.) проф. В. В. Колпаковым (1) были начаты исследования режима орошения сахарной свеклы. Им же (2) наиболее полно обобщены данные опытов по орошению сахарной свеклы за предвоенные годы в южных и юго-восточных районах СССР. В последующее время изучением агротехники возделывания сахарной свеклы на орошаемых землях Казахстана занимался проф. Г. З. Бияшев (3).

Казахским научно-исследовательским институтом водного хозяйства были проведены большие комплексные исследования (1958—1963 гг.) по изучению оптимальных режимов орошения сахарной свеклы. Исследованиями были охвачены степная и предгорная зоны Алма-Атинской и Джамбулской областей, где сосредоточены основные посевы фабричной сахарной свеклы. В 1959 году

опыты проводились в колхозе «Каратал» Алма-Атинской области, в 1960 и 1961 гг. — на территории Каскеленского производственного управления Алма-Атинской области, а в 1962—1963 гг. — в Джамбулской области.

Варианты опытов закладывались в четырехкратной повторности. Площадь делянок была не менее 500—600 м². Свекла возделывалась при ширине междурядий 60 см квадратно-гнездовым способом, по два растения в гнезде. Опытами Казахского научно-исследовательского института земледелия (4) и научными учреждениями Киргизии было установлено, что при таком размещении растений обеспечивается высококачественное проведение поливов по бороздам, создаются удобства для междурядных обработок и достигается высокая производительность труда. Урожай сахарной свеклы при этом оказался на 50—60 ц/га выше по сравнению с междурядьями в 45 см (4, 5, 6, 7).

В опытах поддерживался высокий уровень агротехники. До смыкания растений проводилось две-три продольно-поперечных культивации, своевременно вносились органические и минеральные удобрения (20 т/га навоза и до 7—10 ц/га минеральных с преобладанием суперфосфата). Уклон поверхности опытных полей равнялся в среднем около 0,003. Поливы проводились по бороздам (рис. 1). Во время опытов велись наблюдения за водно-физическими и химическими свойствами и механическим составом почвы, динамикой ее влажности, приростом растительной массы и сахаристостью корневой системы, метеорологическими условиями и др.

Результаты опытов прошли широкую производственную проверку.



Рис. 1. Полив по удлиненным бороздам опытных посевов сахарной свеклы.

Таблица 1

Влияние орошения на урожай и сахаристость свеклы

Время и количество поливов	Общее число поливов	Оросительная норма, м ³ /га	Общий расход влаги за период вегетации, м ³ /га	Средний урожай корней, ц/га	Коэффициент вологотребования корней, м ³ /ц	Сахаристость, %	Условный выход сахара, ц/га	Себестоимость 1 ц корней, руб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Колхоз «Каратал» Талды-Курганского производственного управления
Алма-Атинской области, 1959 год

Без полива	0	—	2 429	51,2	42,5	18,5	10,6	4,78
Июль—1	1	800	3 119	190	16,4	13,2	25,0	1,71
Июнь—1, Июль—1, Август—1	3	2 000	4 252	312	16,6	16,1	50,2	1,18
Июнь—1, Июль—1, Август—2, Сентябрь—1	5	3 400	4 907	389	12,6	16,6	64,5	1,03
Июнь—2, Июль—2, Август—1, Сентябрь—1	6	4 200	5 477	445	12,3	14,4	64,0	0,95
Июнь—1, Июль—2, Август—3, Сентябрь—1	7	5 000	6 239	493	12,6	16,4	80,8	0,89
Июнь—1, Июль—3, Август—3, Сентябрь—1	8	6 200	6 707	519	12,9	15,6	81,0	0,86
Июнь—2, Июль—3, Август—3, Сентябрь—1	9	5 400	7 644	484	14,7	15,4	74,5	0,93
Июнь—2, Июль—3, Август—3, Сентябрь—1	9	7 200	8 370	522	16,0	12,4	64,8	0,89
Июнь—3, Июль—3, Август—3, Сентябрь—1	10	8 000	9 102	520	17,5	12,4	64,5	1,0

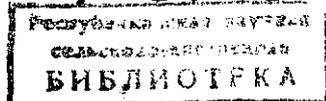
Каскеленское производственное управление Алма-Атинской области, 1960 год

Июль—1, Август—1 (60—60—60% ППВ)*	2	2 700	6 650	518,4	12,8	17,9	92,8	0,80
Июль—1, Август—2 (70—70—70% ППВ)	3	3 140	6 719	625,2	10,7	16,9	105,6	0,71
Июль—2, Август—3 (60—80—70% ППВ)	5	3 750	7 319	630,4	11,6	16,4	103,2	0,73
Июль—2, Август—4, Сен- тябрь—1 (80—80—80% ППВ)	7	4 200	7 516	682,4	11,0	16,2	110,3	0,72

Каскеленское производственное управление Алма-Атинской области, 1961 год

Без полива	0	0	4 340	90,1	48,1	20,87	18,8	3,2
Июнь—1, Август—1 (60—60—60% ППВ)	2	2 500	5 710	453	12,6	18,2	82,4	0,98
Май—1, Июнь—1, Июль—1, Август—1 (70—70—70% ППВ)	4	3 700	6 640	575,2	11,52	16,8	96,3	0,79
Июнь—1, Июль—2, Август—2, (60—80—70% ППВ)	5	3 900	6 740	587,7	11,45	16,5	97	0,80
Май—1, Июнь—2, Июль—2, Август—2 (80—80—80% ППВ)	7	4 400	7 110	609	11,70	15,54	94,64	0,80

2-1080



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Свердловское производственное управление Джамбулской области, 1962 год**								
Июнь—2, Июль—2, Август—2, Сентябрь—1 (70—70—70% ППВ)	7	5 540	7 210	556	13,0	18,5	102,5	0,97

Примечания: * Влажность корнеобитаемого слоя почвы поддерживалась поливами не ниже указанных пределов предельной полевой влагоемкости по периодам развития свеклы.

** Производственные испытания рекомендуемого режима орошения проводились в колхозе имени XXII съезда КПСС.

Исследования проводились с многоростковой и однострочковой сахарной свеклой. В 1959 году одновременно изучался режим орошения двух сортов, а с 1960 года — только однострочковой свеклы.

Почвы опытных участков в колхозе «Каратал» представлены легкими суглинками с объемным весом $1,35 \text{ г/см}^3$ и предельной полевой влагоемкостью 19% от веса сухой почвы. Сильно минерализованные грунтовые воды залегают ниже 2,5 м. По среднемноголетним данным, за вегетационный период здесь выпадает около 100 мм осадков, среднемесячная температура воздуха равна $+18,3^\circ\text{C}$, а относительная влажность — 49%.

Почвы опытных участков в Каскеленском производственном управлении Алма-Атинской области можно отнести к средним суглинкам, их предельная полевая влагоемкость составляет 24,5%, а объемный вес — $1,27 \text{ г/см}^3$. Грунтовые воды залегают ниже 5 м. Климат этого района мягкий. По среднемноголетним данным, в течение вегетации осадки составляют здесь 230 мм, относительная влажность воздуха равна 57%, а температура воздуха $+18,7^\circ\text{C}$.

В условиях Джамбулской области почвы были представлены средними и среднетяжелыми суглинками с объемным весом около $1,3 \text{ г/см}^3$. Предельная полевая влагоемкость колебалась от 24,3 до 28,7% по отношению к сухому весу. Среднемноголетнее количество осадков за вегетационный период равно 161 мм.

Основные результаты исследований представлены в таблице 1, в которой водобалансовые расчеты произведены для слоя почвы мощностью в 1 м.

При составлении схем опытов вегетационный период сахарной свеклы первого года жизни условно делился на три периода: период интенсивного роста и развития надземной массы, который длится от посева примерно до середины июня, период преимущественного роста корней — от середины июня до середины августа и период интенсивного накопления сахара в корнях. Этот период длится от середины августа до уборки.

Данные по динамике прироста корня и сахаристости свеклы в течение вегетационного периода представлены на рис. 2 и 3. Из данных табл. 1 и рисунков можно составить представление о влиянии орошения на урожай и сахаристость свеклы.

Лучшими вариантами режима орошения в 1959 году оказались те, где было дано 7—8 поливов оросительной нормой 5 000—6 200 м³/га. Поливы здесь сконцентрированы во второй период развития свеклы. На этих вариантах оптимальны показатели коэффициента водопотребления, условного выхода сахара и себестоимости продукции. Но вариант с семью поливами лучше, так как почти при одних и тех же показателях оросительная норма меньше. Режим влажности корнеобитаемого слоя почвы на данном варианте в течение вегетационного периода был весьма благоприятным, влажность почвы не опускалась ниже 70—75% полевой влагоемкости.

Дальнейшее увеличение оросительной нормы при принятой агротехнике дает незначительное увеличение урожая корней и вместе с тем понижает содержание сахара в корнях растений. Так, на варианте с продолжительным поливом, где в течение всего вегетационного периода в борозды непрерывно подавалась вода поливной струей менее 0,01 л/сек (при помощи сифонов малого диаметра),

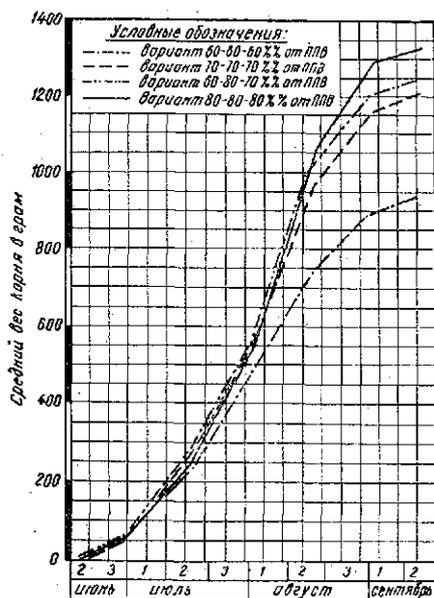


Рис. 2. Прирост корня сахарной свеклы в течение вегетации 1960 г.

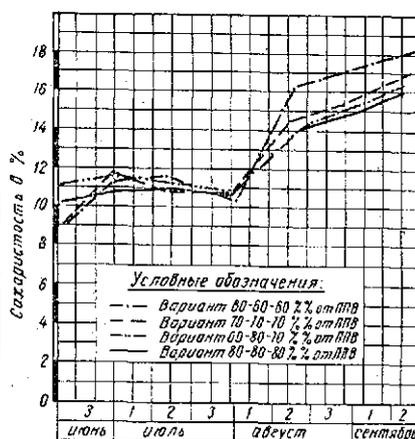


Рис. 3. Динамика сахаристости на делянках вариантов по изучению поливного режима свеклы в 1960 г.

оросительная норма оказалась около $18\ 000\ м^3/га$. Урожай корней составил только $443\ ц/га$, содержание сахара — $12,3\%$, а коэффициент водопотребления — $44,3\ м^3/ц$ корней.

В 1960—1961 гг. оптимальными по режиму орошения оказались варианты, где предполивная влажность корнеобитаемого слоя почвы в среднем поддерживалась в течение вегетации около 70% ППВ. Указанная граница предполивной влажности в зоне исследований оказалась оптимальной и в опытах кандидата сельскохозяйственных наук У. Даримбетова, который изучал биологию развития сахарной свеклы в зависимости от режима увлажнения почвы (8).

Рассмотрение суммарного водопотребления сахарной свеклы, рассчитанного по методу водного баланса, показывает (рис. 4), что при оптимальном режиме орошения на создание одного центнера корней затрачивается от 10 до $15\ м^3$ воды (табл. 1) и при урожае 500 — $600\ ц/га$ оно составляет $6\ 000$ — $8\ 000\ м^3/га$. При существующей агротехнике под влиянием одностороннего повышения оросительной нормы прирост корней резко возрастает лишь до определенных пределов (табл. 1). Дальнейшее увеличение подаваемой воды незначительно повышает прирост и снижает выход сахара с единицы площади. Поэтому в производственных условиях, поми-

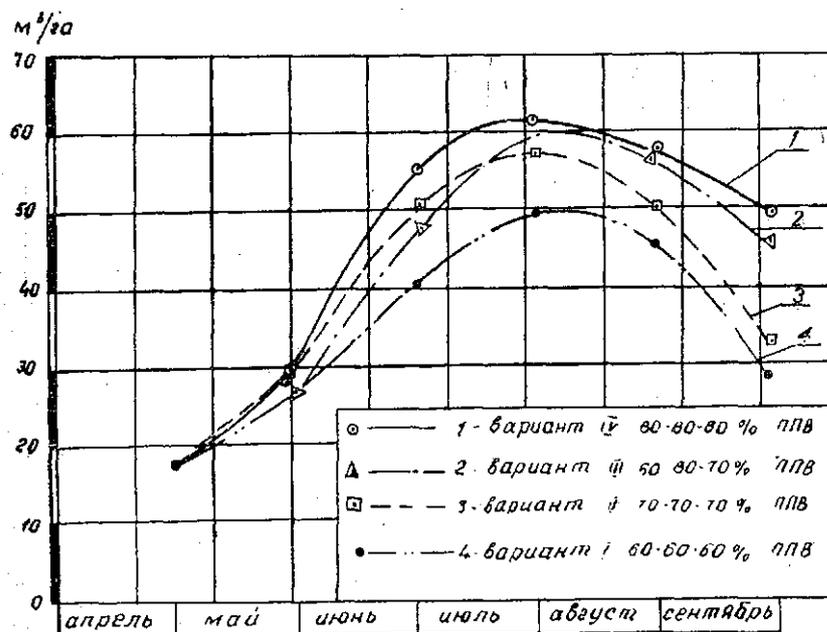


Рис. 4. Динамика суточного расхода влаги сахарной свеклой по вариантам опыта 1961 г.

мо улучшения условий орошения, надо все время повышать уровень агротехники.

Сахарная свекла потребляет различное количество воды по периодам развития. В первый период потребление воды растениями составляет 20—25%, во второй — 60—65%, а в третий оно уменьшается до 10—20% от общего суммарного потребления.

Расход влаги в первый период идет за счет испарения с почвы и изменяется в сутки от 10—15 м³/га в начале до 35 м³/га в конце периода. Оптимальную влажность почвы для свеклы в это время в рассматриваемых условиях можно обеспечить влагозарядковым и 1—2 вегетационными поливами.

Как показали исследования отдела орошения КазНИИВХ, лучшими сроками влагозарядковых поливов под сахарную свеклу являются конец октября — начало ноября нормой не более 2 000—2 500 м³/га при залегании грунтовых вод ниже 3 м. Влагозарядковый полив повышает урожай сахарной свеклы на 50—70 ц/га (9).

Наибольшая потребность в воде у свеклы наблюдается во втором периоде, когда прирост вегетативной массы и особенно корня достигает наибольших значений и резко усиливается напряженность метеорологических факторов: температура воздуха поднимается до предельных значений, а относительная влажность снижается. Расход воды свекловичной плантацией достигает в это время 60—80 м³/га в сутки. Потребность во влаге здесь может быть обеспечена 3—6 поливами, проводимыми через 8—12 или 10—15 дней, в зависимости от почвенно-климатических условий.

В третий период, когда наиболее выражен процесс сахаронакопления, водопотребление снижается до 30—40 м³/га в сутки. Для его удовлетворения достаточно 1—2 поливов через 15—20 дней. Поливы следует прекратить за 10—12 дней до уборки, чтобы не снизить содержание сахара в корнях.

Установлено, что отдельные корни сахарной свеклы при поливе по бороздам проникают на глубину более 1,5 м, но основная масса их в середине вегетации расположена в слое 0—100 см.

Поэтому в течение вегетации рекомендуется поливные нормы изменять с расчетом увлажнения почвы на глубину 60—70 см в первый период развития, а затем — до 100 см. Кроме того, величина поливной нормы сахарной свеклы во многом зависит от свойств почвы.

На легких почвах и почвах с близким залеганием грунтовых вод в первый период развития свеклы средняя поливная норма при поливе по бороздам может быть не выше 600 м³/га, во второй период она увеличивается до 700—800 м³/га. На средних и тяжелых почвах с глубоким залеганием грунтовых вод в первый период развития поливная норма принимается не менее 700—800 м³/га, а в наиболее напряженный период роста (июль — август) доводится до 900—1 100 м³/га.

В целях рационального использования водно-земельных ресурсов юга Казахстана важно применять для поливов сельскохозяйственных культур экономически обоснованные оросительные нормы (10, 11). Применение таких норм дает возможность полить большую площадь при одних и тех же водных и трудовых ресурсах, что снижает себестоимость продукции и обеспечивает наивысшую рентабельность сельскохозяйственного производства.

Для этих целей, одновременно с установлением оптимального режима орошения, проведены соответствующие технико-экономические исследования и расчеты, результаты которых изложены в работе (12) и приведены в табл. 1 и рис. 5. Расчеты проведены с учетом всех затрат на агротехнические и мелиоративные мероприятия, ко-

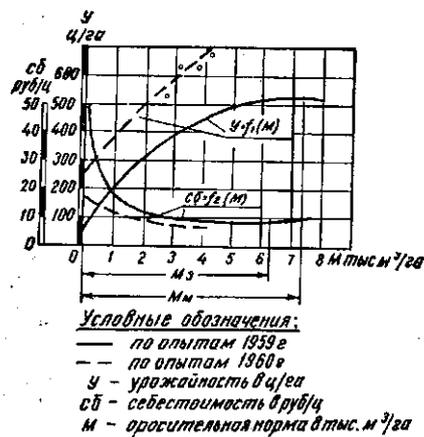


Рис. 5. Зависимость урожайности и себестоимости сахарной свеклы от размеров оросительной нормы.

чем увеличение издержек. Однако при очень больших оросительных нормах прирост урожая замедляется и не оправдывает дополнительных затрат на поливы и связанные с ними послеполивные и другие работы.

Так как размер экономически целесообразных оросительных норм меньше оптимальных, то они обеспечивают орошение большей площади при наличии одних и тех же водных ресурсов. Особое значение это имеет в засушливые годы с недостатком воды в источниках орошения. Применяя экономически целесообразные оросительные нормы, можно сэкономить до 900—1000 м³ воды на гектар при поливе сахарной свеклы. Эти резервы оросительной воды могут быть использованы для полива других культур или же дополнительных площадей сахарной свеклы.

В последние годы наряду с изучением поливного режима на де-

которые затем сравнивались с данными передовых хозяйств и типовыми технологическими картами. Каждая группа издержек определялась по фактическим материалам с учетом всех составляющих элементов. На основании этого была определена себестоимость продукции.

Установлено, что увеличение размеров оросительных норм и числа поливов приводит к повышению издержек на выращивание сахарной свеклы. Однако с ростом оросительных норм возрастает до известного предела и урожайность.

Сначала это обеспечивает снижение себестоимости, так как прирост урожая идет быстрее,

лянках институтом проводились исследовательские работы по поискам менее трудоемких, упрощенных приемов установления показателей режима орошения сельскохозяйственных культур. В этих целях изучалась возможность определения суммарного испарения с сельскохозяйственных полей методами теплового баланса и турбулентной диффузии (по методике А. Скворцова, М. Будыко и Главной геофизической обсерватории). Одновременно продолжалась проверка в полевых условиях метода дефицита испаряемости, разработанного В. И. Алексеевым и Н. В. Данильченко (16). В качестве контроля был принят метод водного баланса. Площадь опытного свекловичного поля была не менее 60 га. Сахарная свекла поливалась по удлиненным бороздам. Режим орошения поддерживался оптимальный. Влажность корнеобитаемого слоя в течение вегетации не опускалась ниже 70% полевой влагоемкости.

Приведенная на рис. 4 интенсивность суточного расхода влаги орошаемым полем сахарной свеклы, установленная различными методами, показывает, что методы теплового баланса и дефицита испаряемости достаточно близки к контролю. Однако практическое применение метода теплового баланса ограничивается отсутствием исходных данных. Вместе с тем при близком залегании грунтовых вод, где определение суммарного водопотребления по методу водного баланса невозможно, он может найти самое широкое применение.

По методу дефицита испаряемости с учетом результатов исследований и установленных коэффициентов биологической кривой Н. В. Данильченко произведен расчет и картирование оросительной нормы для сахарной свеклы на территории Алма-Атинской и Джамбулской областей (рис. 6). Все расчеты сделаны в предположении глубокого залегания грунтовых вод.

В таблице 2 приводится процентное распределение оросительных норм по месяцам вегетационного периода, которое позволяет определять сроки и число поливов.

Таблица 2

Процентное распределение оросительных норм
сахарной свеклы

Оросительная норма, м ³ /га	IV	V	VI	VII	VIII	IX	K*
1 010—2 000	0	0	0	22	52	26	0,72
2 010—3 000	0	0	0	36	47	17	0,58
3 010—4 000	0	0	7	41	40	12	0,48
4 010—5 000	0	0	16	39	35	10	0,40
5 010—6 000	0	2	24	35	31	8	0,29
6 010—7 000	0	6	25	32	29	8	0,20
7 010—9 000	0	9	24	31	29	7	0,12

* K — коэффициент естественной водообеспеченности.

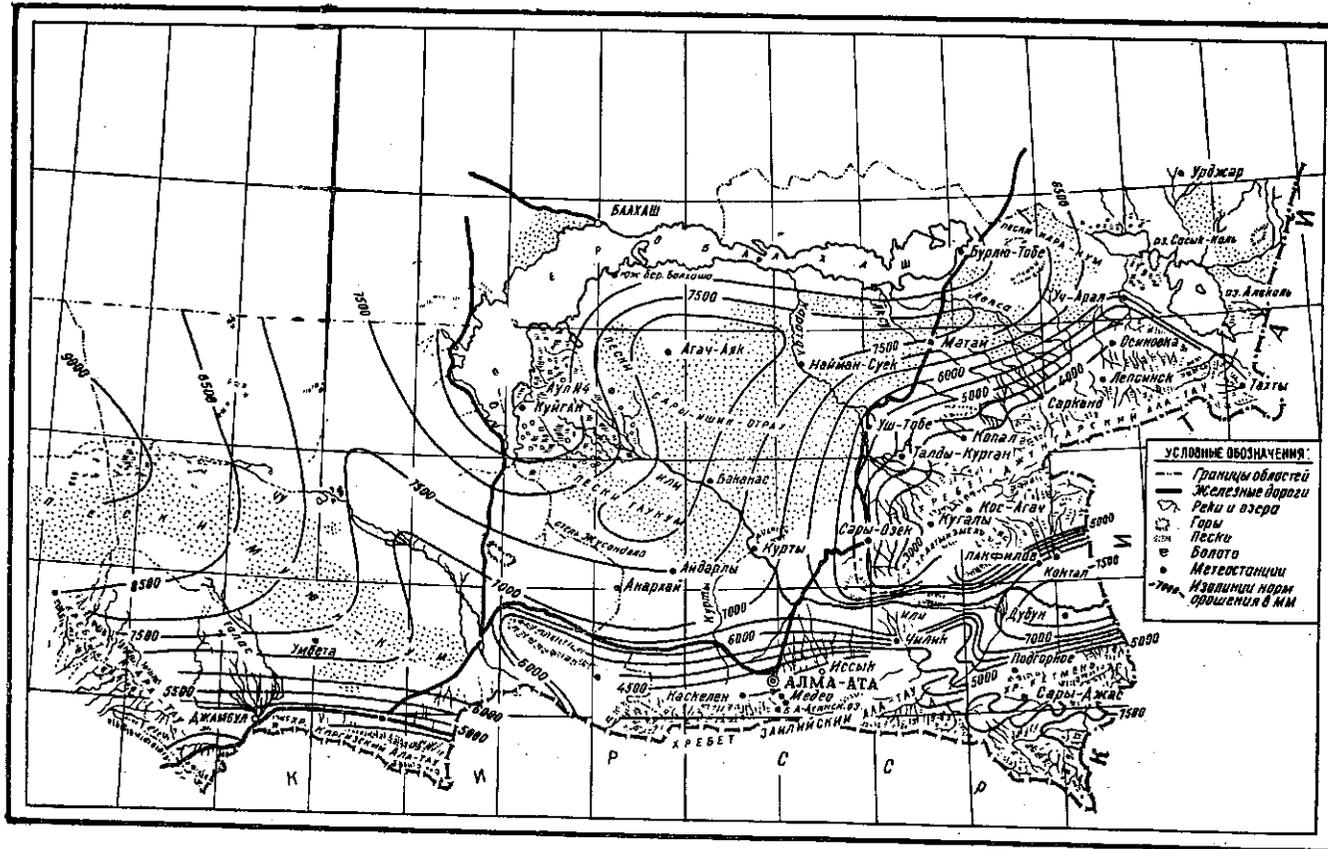


Рис. 6. Схематическая карта Алма-Атинской и Джамбулской областей с нанесением изолиний оросительных норм сахарной свеклы.

Расчет режима орошения сахарной свеклы с помощью карты может быть выполнен в следующей последовательности:

1. По карте для выбранного пункта определяется величина оросительной нормы. Если пункт не лежит на изолинии, то производится интерполяция по двум соседним изолиниям.

2. По таблице 2 устанавливается процентное распределение оросительной нормы по месяцам вегетационного периода, в соответствии с которым вычисляются ее абсолютные значения и производится графическое построение суммарной кривой (по примеру рис. 7).

На горизонтальной оси графика откладывается время, а на вертикальной — оросительная норма в $m^3/га$. Точки для построения кривой наносятся на график следующим образом: в конце апреля откладывается вверх по оси потребность в поливной воде за апрель, в конце мая — потребность апреля + потребность мая, в конце июня — потребность апреля + потребность мая + потребность июня и т. д.

Полученные точки соединяются плавной кривой. Точка пересечения кривой с осью абсцисс не назначается, а получается ее левым продолжением.

3. В соответствии с почвенно-мелиоративным состоянием орошаемых земель устанавливаются поливные нормы для сахарной свеклы.

4. По построенной суммарной кривой и принятым поливным нормам графически устанавливаются сроки поливов. Дата первого полива определяется пересечением кривой с горизонтальной осью. Дата второго полива устанавливается следующим образом: из точки пересечения кривой с горизонтальной осью (момент проведения первого полива) по оси ординат откладывается величина поливной нормы, через вершину которой проводится горизонтальная линия до пересечения с интегральной кривой. Проекция этой точки на ось абсцисс покажет дату проведения 2-го полива. Аналогичными построениями устанавливаются сроки проведения последующих поливов (по примеру рис. 7).

5. Если массив орошения характеризуется близким залеганием грунтовых вод, то к установленной по карте норме орошения необходимо внести поправку на подпитывание за счет восходящего тока по таблице 3.

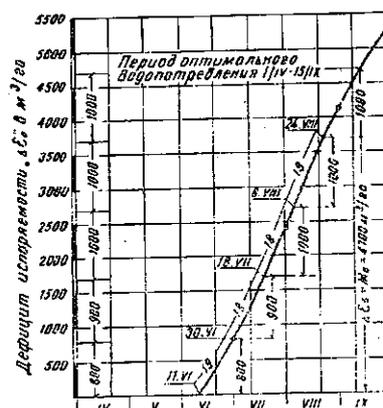


Рис. 7. Графический расчет поливного режима сахарной свеклы по кривой дефицита испаряемости.

Оросительная норма с учетом подпитывания будет равна:

$$M_r = M_o \times K_r \dots \dots \dots \text{м}^3/\text{га},$$

где M_r — оросительная норма с учетом подпитывания грунтовыми водами,

M_o — оросительная норма при отсутствии подпитывания,

K_r — поправочный коэффициент.

Таблица 3

Поправочные коэффициенты к оросительным нормам при близком залегании грунтовых вод

Глубина уровня грунтовых вод, м	Почвы	
	легкие	тяжелые
$H < 1,0$	$K_r = 0,40$	$K_r = 0,45$
$H = 1,0 - 2,0$	$K_r = 0,60$	$K_r = 0,65$
$H = 2,0 - 3,0$	$K_r = 0,95$	$K_r = 0,85$
$H > 3,0$	$K_r = 1,00$	$K_r = 0,95$

Для определения оросительной нормы сахарной свеклы различной обеспеченности установлена связь между ее среднеголетним значением и коэффициентом вариации C_v . Для территории Алма-Атинской и Джамбулской областей она характеризуется следующим выражением:

$$C_v = \frac{105}{M_o^{0,95}},$$

где C_v — коэффициент вариации,

M_o — среднеголетняя оросительная норма, мм.

Сняв с карты оросительную норму M_o и установив коэффициент вариации C_v , дальнейший расчет при нужной обеспеченности не представляет какой-либо сложности и может быть выполнен общепринятым способом из выражения:

$$M_p = M_o \times K_p,$$

где M_p — искомая норма орошения заданной обеспеченности;

M_o — среднеголетняя норма орошения, установленная по карте;

K_p — модульный коэффициент, определяющийся по таблице Рыбкина по значениям C_v и C_s для рассматриваемых условий.

Проверка достоверности установления режима орошения сахарной свеклы по методу дефицита испаряемости произведена сопоставлением расчетных показателей с данными полевых стационарных опытов (см. табл. 2 и 3 в работе 14), полученных КазНИИВХ (табл. I статьи) и Казахским институтом земледелия. Отмечается

устойчивая связь опытных данных с рассчитанными по дефициту испаряемости. Расхождения в большинстве случаев не превышают 5—10%, что вполне допустимо.

С учетом приведенных в статье материалов научных исследований и опыта передовых хозяйств, обобщения агроклиматических и почвенных условий разработан рациональный поливной режим сахарной свеклы (табл. 4).

В засушливый год число поливов на почвах с глубоким залеганием грунтовых вод в условиях первой климатической зоны необходимо увеличить до 6—9 с оросительной нормой 6 000—6 500 м³/га, а во второй климатической зоне — до 10—12 с оросительной нормой 7 000—7 500 м³/га. Во влажные годы в первой зоне проводится 2—3 полива оросительной нормой 1 500—2 000 м³/га, а во второй — 4—5 поливов оросительной нормой 4 100—4 800 м³/га.

Рекомендованный режим орошения сахарной свеклы, как говорилось выше, был внедрен в 1962 году в колхозе имени XXII съезда КПСС и других хозяйствах области (табл. 1). Результаты оказались весьма положительными. Колхоз имени XXII съезда КПСС на площади 730 га получил по 501 ц/га корней свеклы с высоким содержанием сахара.

Таблица 4

Полливый режим сахарной свеклы для условий юга и юго-востока Казахстана и распределение его показателей по периодам развития (для среднесухого года)

Почвенные разности	Периоды развития сахарной свеклы	Оросительная норма, м ³ /га	Число поливов		Поливная норма, м ³ /га	Межполивной период
			всего за вегетацию	по периодам развития		
<i>Первая климатическая (горно-степная) зона</i>						
Почвы (средние) с глубоким залеганием грунтовых вод	I			1	700—800	20—22
	II	3 500	4—5	3	800—900	15—18
	III	4 500		0—1	700—800	20—22
Почвы с близким залеганием песчано-галечниковых слоев и легкие	I			2	500—600	15—18
	II	3 500	7—8	4	600—700	12—18
	III	4 500		1—2	600—700	15—18
<i>Вторая климатическая (пустынно-степная) зона</i>						
Почвы (средние) с глубоким залеганием грунтовых вод	I	5 500	7—9	2	700—800	15—18
	II	6 500		4—5	800—900	10—15
	III			1—2	700—800	15—20
Почвы с близким залеганием песчано-галечниковых слоев и легкие	I			2—3	500—600	12—15
	II	5 500	10—12	6	600—700	8—12
	III	6 500		2—3	600—700	12—15
Почвы с близким залеганием грунтовых вод (ближе 2 м)	I			1	500—600	18—20
	II	2 500	3—5	2—3	600—700	15—18
	III	3 500		0—1	600—700	20—22

ЛИТЕРАТУРА

1. Колпаков В. В. Режим орошения сахарной свеклы. В сб.: «Культура сахарной свеклы в орошаемых районах ВНИИСП». Сельхозгиз, М., 1938.
2. Колпаков В. В. Ирригация и развитие орошаемого свеклосеяния в южных и юго-восточных районах СССР. Изв. ТСХА, М., 1961, № 4.
3. Бияшев Г. З. Культура сахарной свеклы. Алма-Ата, Казгосиздат, 1949.
4. Нечипоренко Н., Игнатова Н. Перекрестная обработка сахарной свеклы. Алма-Ата, Казгосиздат, 1958.
5. Нечипоренко Н., Колодина Т. Новая технология выращивания сахарной свеклы. Алма-Ата, Казсельхозгиз, 1963.
6. Игнатова Н. Я. Формирование урожая сахарной свеклы. Алма-Ата, Казсельхозгиз, 1963.
7. Бияшев Г. З., Акжеев А. Сахарная свекла в Казахстане. Алма-Ата, Казгосиздат, 1960.
8. Даримбетов У. Некоторые вопросы биологии развития и режим орошения сахарной свеклы в предгорной зоне Алма-Атинской области. Автореферат диссертации. Алма-Ата, КИЗ, 1963.
9. Абишев Т. К. Эффективность влагозарядковых и вегетационных поливов культур свекловичного севооборота в орошаемой зоне Казахстана. Автореферат диссертации. Алма-Ата, КазСХИ, 1961.
10. Зюзик Д. Т. Экономика водного хозяйства. М., Сельхозгиз, 1959.
11. Воропаев Г. В. Методы установления экономически целесообразных оросительных норм. Доклады АСХН КазССР, вып. 3, Алма-Ата, 1960.
12. Воропаев Г. В., Горюнов Н. С., Кван Р. А. Определение экономически обоснованных оросительных норм. «Сахарная свекла», 1961, № 12.
13. Данильченко Н. В. Физические методы нормирования орошения и установления показателей поливного режима с.-х. культур. Рефераты докл. научно-технич. конф. КазНИИВХ. Алма-Ата, 1961.
14. Горюнов Н. С., Данильченко Н. В. О методах определения испарения и применения их на практике. «Вестник с.-х. науки», М., 1962, № 9.
15. Алпатьев С. М. Влагооборот культурных растений. Л., Гидрометиздат, 1954.
16. Алексеев В. И., Данильченко Н. В. Расчет поливного режима с.-х. культур методом дефицита испаряемости. «Гидротехника и мелиорация», М., 1960, № 8.

Н. В. ДАНИЛЬЧЕНКО,
научный сотрудник

К РАСЧЕТУ ПОЛИВНЫХ НОРМ ПРИ ОРОШЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Как известно, строгое нормирование орошения составляет основу рационального использования водно-земельных ресурсов в районах с недостаточной естественной влагообеспеченностью. Дифференцированная подача воды на орошение с учетом почвенно-мелиоративного состояния поливных земель и физиологических требований растений к водному режиму — необходимое условие получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Одним из основных элементов режима орошения является поливная норма, которая определяет комплекс организационно-хозяйственных мероприятий на поливных землях (сроки проведения и число поливов, продолжительность межполивных периодов, количество послеполивных обработок и т. д.). Поэтому правильное установление размеров поливных норм имеет исключительно важное значение как для ирригационной, так и для сельскохозяйственной практики орошаемого земледелия.

Особенно большое значение нормирование орошения приобретает в связи с внедрением в практику орошаемого земледелия новой поливной техники (поливных трубопроводов, дождевальных и поливных машин, машин для внутрпочвенного орошения и т. д.), производительность и эффективность которой непосредственно зависит от оросительных и поливных норм.

Очень важно, чтобы при расчетах норм орошения стремление к повышению производительности поливной техники не вытеснило на второй план основные требования поливного земледелия — создание поливами оптимальных условий водного режима в системе почва — растение — приземной слой атмосферы. Это необходимо помнить потому, что в практике при определении поливных норм еще очень часто исходят лишь из физических свойств почвы и ее предельной полевой влагоемкости, не соразмеряясь с развитием корневой системы и динамикой потребления воды орошаемыми культурами.

В настоящее время для расчета поливных норм наиболее широкое распространение получила формула А. Н. Костякова:

$$m = 100 h \gamma (\beta_n - \beta_o), \quad (1)$$

где m — поливная норма в $\text{м}^3/\text{га}$;

h — глубина увлажнения почвы в м ;

γ — объемный вес расчетного слоя почвы в $\text{т}/\text{м}^3$;

β_n и β_o — предельная полевая влагоемкость и предполивная влажность почвы в весовых %, соответственно.

Из этой формулы видно, что поливная норма зависит от мощности увлажняемого слоя, полевой влагоемкости почвы и степени ее иссушения перед поливом. В количественном отношении поливная норма приравнивается к тому объему воды, который может вместиться в расчетном слое почвы при насыщении его до состояния водоудерживающей способности.

Поскольку объемный вес и полевая влагоемкость того или иного типа почв являются до некоторой степени постоянными величинами (константами), то размер поливной нормы в каждом отдельном случае зависит главным образом от глубины увлажнения и предполивной влажности почвы. Для среднесуглинистых предгорных сероземов эта зависимость показана на рис. 1, из которого видно, что

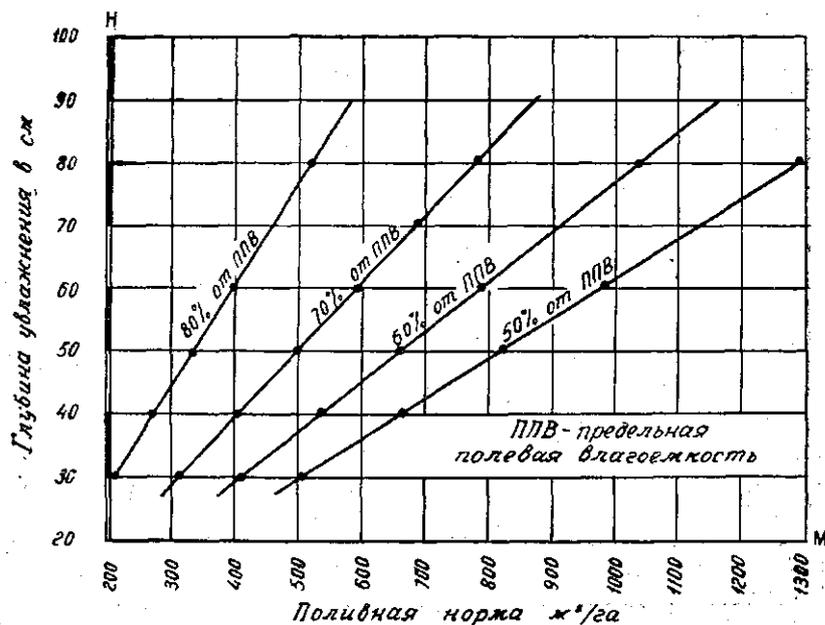


Рис. 1. Размеры поливных норм для среднесуглинистых сероземов предгорий Заилийского Алатау в зависимости от предполивной влажности почвы.

чем суше почва перед поливом, тем больше надо подать воды, чтобы увлажнить почву на нужную глубину до полевой влагоемкости.

Для правильного определения поливной нормы, помимо почвенных констант и расчетной глубины увлажнения, необходимо еще знать оптимальную границу предполивной влажности, ниже которой нельзя без ущерба для урожая допускать уменьшение запаса воды в почве.

По многочисленным данным (1, 2, 3, 4, 5), оптимальная граница предполивной влажности или нижний предел оптимального увлажнения почвы определяется как механическими и водно-физическими свойствами почв, так и биологическими особенностями орошаемых культур (требованиями растений к воде).

Почвы легкого механического состава (пески, супеси, легкие суглинки) обладают малой водоудерживающей способностью, а тяжелые по механическому составу почвы (средние и тяжелые суглинки, глины) имеют повышенную водоудерживающую способность, в тесной связи с которой находится, как известно, подвижность воды и ее доступность для растений. Поэтому на легких почвах нижний предел предполивной влажности в % от полевой влагоемкости находится на более низком уровне, чем на тяжелых почвах (6, 7, 8 и 9).

При этом, как правильно указывают В. А. Алексеев (10) и Н. С. Петин (11), оптимальная граница предполивной влажности может меняться в течение вегетационного периода: снижаться в начальный период и повышаться в момент интенсивного прироста вегетативной массы и увеличения термического напряжения внешней среды.

Однако оптимальная граница предполивной влажности для конкретных почв не отклоняется от средней по периодам вегетации различных сельскохозяйственных культур более чем на 5—10%. В качестве примера можно сослаться на приводимые в таблице 1 данные Н. С. Петина (12). Проведенные нами исследования в предгорьях юго-востока Казахстана и пустыне Муонкумы показывают, что для средних по механическому составу незасоленных почв оптимальная граница предполивной влажности может быть принята на уровне 70%, для среднелегких почв — 60—65%, а для песков — 50—55% предельной полевой влагоемкости.

Имеющиеся в настоящее время по этому вопросу данные мы считаем вполне достаточными для объективной оценки границы оптимальной водообеспеченности растений и количественного расчета поливных норм.

Более сложным при расчетах поливных норм является установление необходимой глубины увлажнения. Неопределенность в назначении этой величины часто ведет к неэкономному использованию оросительной воды и нерациональной организации ирригационно-хозяйственных мероприятий на поливных землях.

Таблица 1

Изменение оптимальной границы предполивной влажности по фазам развития яровой пшеницы и кукурузы

Культура	Стадия развития	Нижний предел предполивной влажности, % ППВ
Яровая пшеница	Кущение	65—70
	Выход в трубку	70—75
	Колошение	70—75
	Налив зерна	65—70
	Молочная спелость	65
Кукуруза	Всходы — появление пасынков	65—70
	Появление пасынков — выметывание метелки	65—70
	Выметывание метелки — потемнение нитей початков	70—75
	Налив — молочная спелость	65

Глубокое увлажнение почвы ведет к потерям воды на глубинную фильтрацию и вызывает ухудшение мелиоративного состояния орошаемых земель, особенно при высоком стоянии минерализованных грунтовых вод.

Недостаточное промачивание почвы при поливах малыми нормами сокращает межполивные периоды, увеличивает число поливов, вызывает тем самым дополнительную трудовую напряженность и удорожает стоимость ирригационных и сельскохозяйственных работ. Кроме того, частое проведение поливов ведет к непродуктивному использованию и перерасходу воды за счет дополнительных ее потерь на испарение с поверхности почвы.

Вполне очевидно, что предупреждение указанных выше отрицательных последствий применения произвольных норм полива зависит прежде всего от выбора расчетной глубины увлажнения почвы.

Считается, что в рекомендуемых сейчас для определения поливных норм расчетных формулах глубина увлажнения назначается с учетом распространения корневой системы растений к моменту проведения полива. Но так как развитие корневой системы зависит от целого ряда природно-хозяйственных условий, влияние которых не всегда поддается учету, в приводимых различными авторами данных нет достаточной согласованности. Дело в том, что динамика нарастания корневой системы и проникновения ее вглубь зависит от механических и водно-физических свойств почвы, условий водообеспеченности культуры в течение вегетации, уровня плодородия почвы и целого ряда других факторов. Поэтому у одной и той же культуры, возделываемой в различных условиях, глубина распространения корневой системы может быть различной.

Например, по данным В. М. Петрунина (13), на среднесуглинистых сероземах глубина распространения корневой системы у орошаемой кукурузы достигает лишь 120—140 см, а по данным

О. Г. Грамматикати (14) — более 2 м. По результатам наших исследований (15), на песчаных почвах пустыни Муюнкумы корни орошаемой кукурузы проникают в почву на глубину 160—170 см. Аналогичные данные можно привести и по другим культурам.

Эта неопределенность затрудняет использование данных о глубине распространения корневой системы для назначения расчетного слоя увлажнения почвы при поливах.

Рассмотрение результатов полевого эксперимента показывает, что характер влагообмена в почве в течение вегетационного периода определяется развитием корневой системы орошаемых культур и режимом влажности почвы.

При достаточном увлажнении почвы вода расходуется преимущественно из верхних горизонтов, а по мере иссушения почвы начинается ее потребление из нижележащих слоев. При этом глубина иссушения зависит главным образом от физических свойств почвы и вида растительности. Так, на паровом поле глубина иссушения на суглинистых сероземах к концу лета в 1961 г. едва достигла 60—80 см, в то время как на тех же почвах, занятых сельскохозяйственными культурами, зона иссушения распространилась до 130—140 см (рис. 2). В первом случае потеря воды полем происходила только на испарение с поверхности почвы, а во втором — еще и за счет транспирации.

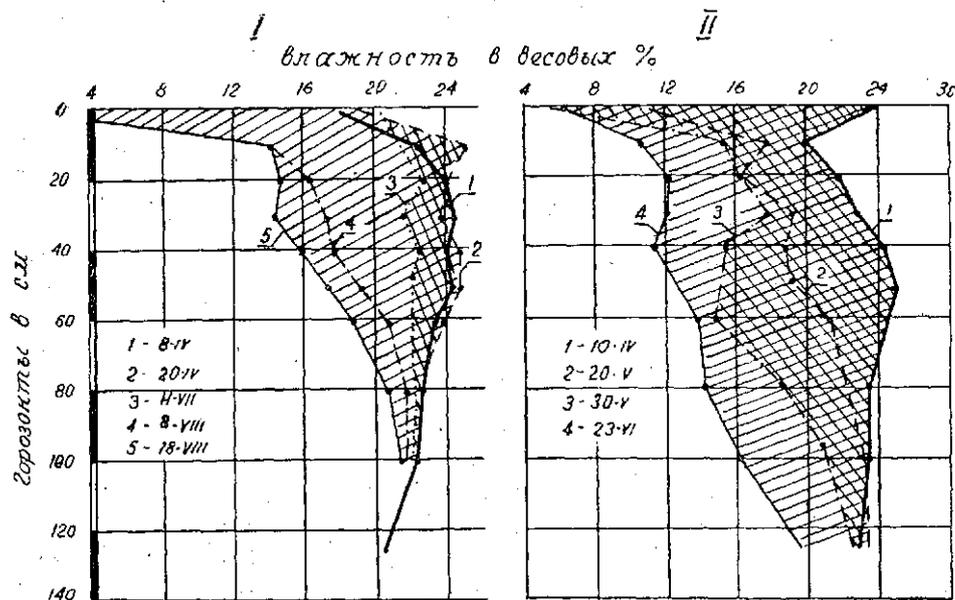


Рис. 2. Зоны иссушения почвы на паровом поле (I) и под покровом яровых колосовых (II) в течение вегетационного периода 1961 г.

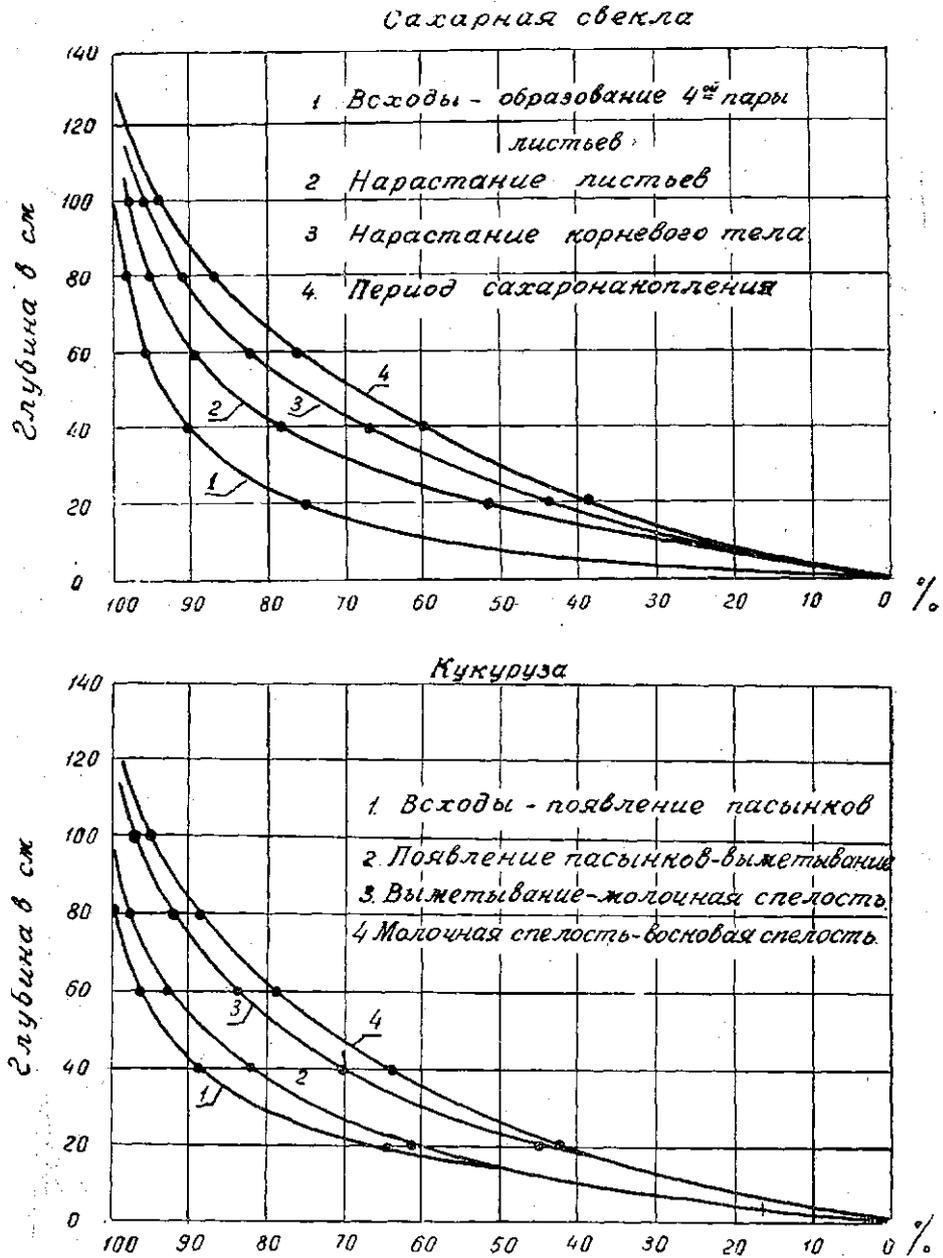


Рис. 3. Послойное потребление влаги различными сельскохозяйственными культурами (в % от суммарного) по периодам вегетации при оптимальной влагообеспеченности.

Так как в верхних горизонтах сосредоточена основная масса корней, то интенсивность водообмена в них при наличии доступных запасов влаги всегда выше, чем в нижних. Здесь, кроме транспирационной способности растений, имеет значение и то, что верхние горизонты подвержены наиболее сильному воздействию внешних условий (температурных и радиационных), оказывающих существенное влияние на процесс физического иссушения почвы. В соответствии с этим верхние слои почвы отличаются наиболее активным влагообменом, и в условиях оптимального орошения в них происходит основная часть сезонного влагооборота.

На рис. 3 приводятся кривые послойного потребления влаги (в % от суммарного расхода) по периодам вегетации сельскохозяйственных культур, построенные по результатам полевых исследований на среднесуглинистых предгорных сероземах в 1961 году. Суммарный расход влаги определялся воднобалансовыми расчетами для 2-метрового слоя почвы.

Как показано на рисунке 3, в начале вегетации влага расходуется преимущественно из 30—40-сантиметрового слоя. В нижних горизонтах влажность почвы в это время практически почти не изменяется. Затем, по мере развития корневой системы и увеличения термического напряжения внешней среды, усиливается потребление воды из более глубоких слоев. Причем оказалось, что распространение зоны иссушения вглубь зависит как от влажности почвы вообще, так и наличия влаги в верхних горизонтах, в частности.

Если поливами и осадками в почве поддерживаются оптимальные запасы влаги, и влажность почвы не опускается ниже оптимальной границы предполивной влажности, то зона влагообмена на суглинистых сероземах, как правило, не распространяется за пределы метрового слоя. Отмечавшееся потребление влаги из-за пределов метрового слоя обычно не превышало 4—6% от суммарного расхода воды полем.

На основании анализа данных о послойном потреблении влаги, приведенных на рис. 3, построены кривые изменения глубины активного влагообмена (где происходило не менее 90—95% суммарного влагообмена) по периодам вегетации сахарной свеклы, кукурузы и яровых колосовых культур (рис. 4). Эти кривые, по нашему мнению, учитывают одновременно как водные и физические свойства почв, так и динамику формирования основной массы корневой системы в течение вегетационного цикла растений. Как видно из рис. 4, нарастание глубины активного влагообмена наиболее интенсивно происходит в первой половине и почти полностью прекращается во второй половине вегетационного периода.

Характер изменения кривых находит свое объяснение прежде всего в темпах роста и развития надземной растительной массы и формирования корневой системы каждой культуры. Период стабилизации глубины активного влагообмена при орошении обычно

совпадает с уменьшением водопотребления и затухания прироста корневой системы.

Полученная в 1961 г. урожайность сельскохозяйственных культур (около 600 ц корней сахарной свеклы и более 400 ц зеленой массы кукурузы с га) и затраченное для этого количество воды показывают, что увлажнение почвы при поливах на глубину активного влагообмена способствует полному удовлетворению потребностей растений при достаточно экономном использовании оросительной воды.

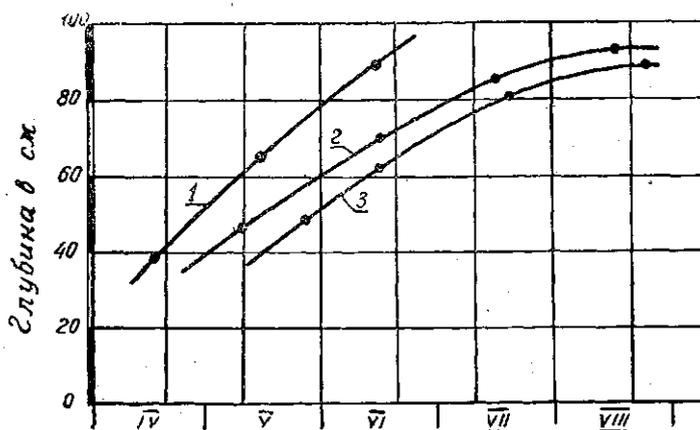


Рис. 4. Изменение по периодам вегетации глубины активного влагообмена под покровом яровых колосовых (1), сахарной свеклы (2), кукурузы (3) на фоне оптимальной водообеспеченности (суглинистые сероземы предгорий Заилийского Алатау).

Это дает нам достаточные основания считать, что приведенные на рисунке кривые могут быть использованы для назначения глубины увлажнения при расчетах оптимальных размеров поливных норм. Но следует иметь в виду, что эти кривые получены в конкретных почвенно-климатических условиях и что для других почв и условий водообеспеченности растений глубина активного влагообмена у тех же культур может быть несколько иной.

По применяемым в ирригационной практике формулам, в том числе и по приведенной выше формуле А. Н. Костякова, поливная норма определяется в предположении равномерного насыщения расчетного слоя почвы водой до состояния полевой влагоемкости. Практически при поливах верхние слои почвы в первый момент насыщаются больше ППВ, а нижние в связи с этим недоувлажняются. Затем избыточная вода под влиянием гравитационных сил постепенно перемещается вниз, а вверх остается лишь то ее количество,

которое соответствует водоудерживающей способности данной почвы. По истечении определенного времени гравитационное передвижение воды прекращается и в почве устанавливается состояние равновесия*.

Продолжительность полного перераспределения поливной воды зависит главным образом от водно-физических свойств почв и расчетной глубины увлажнения. По данным наших исследований, при глубине увлажнения от 0,6 до 1,0 м на почвах легкого механического состава практически для этого требуется 1—2, а на более тяжелых почвах — 2—3, реже — 4 дня.

Если бы поступившая на поле вода не расходовалась на испарение с поверхности почвы и транспирацию растений, то к концу указанных периодов фактическая глубина увлажнения достигла бы расчетной. Однако в первые дни после полива суммарный расход влаги полем достигает, как правило, максимальных размеров. Причем во влагообороте участвуют преимущественно верхние пресыщенные водой горизонты. Поэтому вода не успевает проникнуть вниз, и фактическая глубина увлажнения оказывается меньше расчетной.

Недоувлажнение почвы по глубине при поливах происходит систематически, о чем свидетельствуют многочисленные данные полевого эксперимента, полученные в самых различных почвенно-климатических условиях. Следовательно, для полного увлажнения намеченного слоя почвы поливная норма по сравнению с расчетной должна быть несколько увеличена. Увеличение определяется временем перераспределения поливной воды в почве, о котором говорилось выше, и интенсивностью суточного водопотребления орошаемым полем в течение этого времени.

В начале вегетационного периода (весной), когда суточный расход влаги полем сравнительно невелик, это увеличение или поправка к расчетной поливной норме значительно меньше, чем летом, когда суммарное испарение в послеполивные дни достигает больших размеров. Подтверждением тому могут служить данные наших полевых исследований, которые показывают, что интенсивность расхода воды полем зависит от физиологических свойств орошаемой культуры, метеорологических условий и уровня агротехники. При оптимальной водообеспеченности потребление воды полем меняется во времени пропорционально темпам роста и развития растений, а также изменению термического режима внешней среды, то есть имеет биоклиматический характер. Если весной суточный расход

* Правда, это равновесие является условным, так как в последующем влага в почве еще долгое время может медленно просачиваться в нижележащие горизонты, на что неоднократно указывалось О. Израильсоном, А. П. Ивановым, С. И. Долговым, А. А. Роде и рядом других исследователей. Но скорость ее перемещения при этом так мала, что в количественном выражении она сколько-нибудь существенной роли не играет.

влаги составляет лишь 20—40 м³ с га, то после полива в летнее время, при хорошо развитом растительном покрове, он может превышать 100—150 м³. В последующем, по мере старения вегетативной массы и снижения термического напряжения внешней среды, он снова уменьшается.

Кроме перечисленных выше причин, величина поправки к расчетной поливной норме зависит еще и от способа полива. Проведенные одновременно наблюдения за увлажнением почв при поливе по бороздам и дождеванием показали, что при дождевании почвоувлажнительный эффект ниже, чем при качественном поливе по бороздам. Дождевание позволяет в дневное время аккумулировать в почве лишь 60—70% поданной на поле воды. Остальная ее часть в момент полива теряется в воздухе, задерживается на листьях и испаряется непосредственно с поверхности почвы сразу же после полива. Эти потери воды и определяют несколько повышенные значения поправок к поливным нормам при дождевании в сравнении с другими способами поливов.

При выпадении осадков почвоувлажнительный эффект достигает 90% и более. Это объясняется тем, что интенсивность испарения воды с поля в пасмурные и дождливые дни очень мала, в то время как искусственное дождевание проводится в жаркую и сухую погоду, когда испарение очень высокое. Таким образом, поправка к поливной норме зависит еще и от состояния погоды в момент проведения полива. В жаркую солнечную погоду она обычно больше, чем в облачные и дождливые дни.

В качестве примера установления поправки к поливной норме можно привести следующий расчет. На среднесуглинистых сероземах с объемным весом 1,3 г/см³, полевой влагоемкостью 25,6 и предполивной влажностью почвы 18,0 весовых процентов в июле планируется полив свекловичного поля по бороздам. Слой активного влагообмена к моменту полива составляет 0,85 м. Расчетная поливная норма при этом будет равна:

$$m_p = 100 \gamma h (\beta_n - \beta_o) = 100 \times 1,3 \times 0,85 \times 7,6 = 840 \text{ м}^3/\text{га},$$

где γ — объемный вес почвы в т/м³;

h — необходимая глубина увлажнения, м;

β_n и β_o — предельная полевая влагоемкость и предполивная влажность почвы в весовых %, соответственно.

Для данного типа почв продолжительность перераспределения поливной воды в указанном слое составляет около двух суток. За это время на испарение с поверхности почвы и транспирацию растений израсходуется примерно 140—160 м³/га воды (при среднесуточном водопотреблении свекловичным полем в июле 70—80 м³/га), следовательно, в почвоувлажнительном процессе будет участвовать не 840 м³, а лишь 680—700 м³/га.

Тогда фактическая глубина промачивания окажется не 0,85 м, а только:

$$h_{\phi} = \frac{m_p - \Delta m}{100 \times \gamma \times \Delta \beta} = \frac{840 - 160}{100 \times 1,3 \times 7,6} = \frac{680}{988} \approx 0,70 \text{ м.}$$

где Δm — поправка к поливной норме в $\text{м}^3/\text{га}$.

Остальные обозначения прежние.

Для увлажнения почвы на расчетную глубину 0,85 м установленную поливную норму надо соответственно увеличить на 140—160 м^3 , то есть на величину 2-суточного расхода влаги свекловичной плантацией, и фактически подать на поле:

$$m_{\phi} = m_p + \Delta m = 840 + 160 = 1000 \text{ м}^3/\text{га},$$

или примерно на 20% больше, чем получено по расчету.

Совместный анализ экспериментальных данных об изменении глубины активного влагообмена и интенсивности потребления воды сельскохозяйственными культурами по периодам их вегетации с учетом водно-физических свойств почв позволил установить для предгорных районов юго-востока Казахстана следующие значения поправочных коэффициентов к поливным нормам, рассчитанным по общепринятым формулам (табл. 2).

Таблица 2

Поправочные коэффициенты к расчетным поливным нормам

Способы полива и механические свойства почв	Время проведения поливов		
	в начале вегетации (весной)	в середине вегетации (летом)	в конце вегетации (осенью)
<i>Полив по бороздам</i>			
Почвы легкие	1,05—1,10	1,10—1,15	1,05—1,10
» средние	1,10—1,15	1,15—1,20	1,10—1,15
» тяжелые	1,15—1,20	1,20—1,30	1,15—1,20
<i>Полив дождеванием</i>			
Почвы легкие	1,10—1,15	1,20—1,25	1,15—1,20
» средние	1,15—1,20	1,25—1,30	1,20—1,25
» тяжелые	1,20—1,30	1,30—1,40	1,25—1,30

Разумеется, приведенные в таблице поправочные коэффициенты являются ориентировочными. В каждом конкретном случае, в зависимости от расчетной глубины увлажнения, водно-физических свойств почв, физиологических особенностей орошаемой культуры и состояния погоды во время полива, они могут несколько меняться. В практике орошаемого земледелия эти поправки должны уточнять-

ся с таким расчетом, чтобы исправленная норма полива отвечала требованиям увлажнения расчетного слоя по всему его профилю и вместе с тем без потерь на глубинное просачивание.

Для упрощения расчетов поливных норм с учетом приведенных в таблице 2 поправочных коэффициентов составлен соответствующий график (рис. 5).

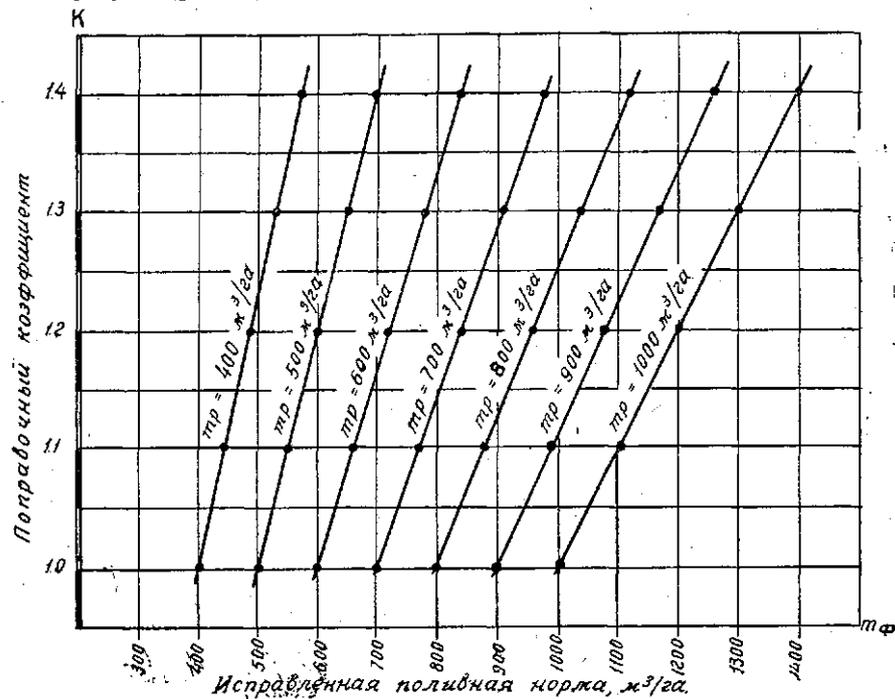


Рис. 5. График для определения поливной нормы «тф» с учетом биоклиматической поправки Δt в зависимости от расчетной нормы полива «тп».

Установив по одной из формул, например, по формуле А. Н. Костякова расчетную поливную норму и приняв из таблицы 2 поправочный коэффициент, по этому графику легко определить исправленную норму полива, то есть ту норму, которую практически надо подать на поле, чтобы равномерно увлажнить почву на заданную глубину.

В таблице 3 приводятся оптимальные размеры поливных норм некоторых сельскохозяйственных культур для орошаемых земель с глубоким залеганием грунтовых вод. Указанные в таблице нормы рассчитаны с учетом физических свойств почв, глубины активного влагообмена и биоклиматических поправок.

Изложенные здесь приемы установления поливных норм не охватывают всего многообразия природных условий. Например, при

Таблица 3

Оптимальные размеры поливных норм, м³/га

Культура	Фазы развития	Глубина увлажнения, см	Механические свойства почв		
			легкие	средние	тяжелые
Зерновые колосовые	Кущение—колошение	50—70	500—700	600—800	700—900
	Колошение — молочно-восковая спелость	70—90	700—800	800—1 000	1 000—1 200
Горох	Бутонизация — цветение	50—60	500—600	600—700	700—800
	Цветение — налив зерна	60—80	600—700	700—900	800—1 000
Картофель	Всходы — начало цветения	30—50	400—500	500—600	600—700
	Цветение — начало отмирания ботвы	50—70	500—700	600—800	700—900
Кукуруза	До выметывания метелки	40—70	500—700	600—800	700—900
	Выметывание — молочно-восковая спелость	70—90	700—800	800—1 000	1 000—1 200
Сахарная свекла	Укоренение — развитие листьев	40—60	400—600	500—700	600—800
	Развитие листьев — нарастание корневого тела	60—80	600—700	700—900	800—1 000
	Период сахаронакопления	80—90	700—800	900—1 000	1 000—1 200
Многолетние травы	а) травы первого года				
	Кущение	40—60	400—600	500—700	600—800
	Бутонизация — цветение	60—80	600—700	700—900	800—1 000
	Цветение — после укосов	80—100	700—900	900—1 100	1 100—1 300
	б) травы прошлых лет				
В течение вегетации	80—100	700—900	900—1 100	1 100—1 300	

близком залегании грунтовых вод размер поливной нормы определяется глубиной их залегания и степенью минерализации, а на маломощных почвах глубина увлажнения зависит уже от толщины мелкоземистого слоя, так как надо считаться с возможными потерями поливной воды на фильтрацию в подстилающие отложения.

Существенное влияние на размер поливных норм могут оказывать ирригационно-хозяйственные условия, особенно режим водности источника орошения и его зарегулированность. При оро-

шении из незарегулированных источников поливная норма может назначаться исходя из необходимости создания определенных запасов влаги в почве на период ее недостатка в источнике.

Таким образом, предпосылки расчета поливных норм для конкретных условий могут быть самыми различными. Однако в общем требования к определению поливных норм, изложенные в данной статье, являются обязательными, хотя и нуждаются в дальнейшей производственной проверке.

ВЫВОДЫ

1. В районах с недостаточной естественной водообеспеченностью строгое нормирование орошения является основой рационального использования водно-земельных ресурсов.

2. В связи с непрерывно повышающейся технической оснащённостью сельскохозяйственного производства и широким внедрением в практику поливного земледелия новой техники и высокопроизводительных приемов орошения правильное установление размеров оросительных и поливных норм приобретает исключительно важное значение.

3. Существующие методы определения размеров поливных норм часто не соразмеряются с динамикой потребления воды орошаемыми культурами и способами внесения воды в почву, что ведет к неэкономному ее использованию и является причиной ухудшения мелиоративного состояния орошаемых земель.

4. Рекомендуемый нами метод назначения глубины увлажнения и предлагаемая таблица оптимальных размеров поливных норм по периодам вегетации различных сельскохозяйственных культур могут быть использованы для непосредственного применения в области ирригационной и сельскохозяйственной практики орошаемого земледелия юго-востока Казахстана.

ЛИТЕРАТУРА

Рыжов С. Н. Орошение хлопчатника в Ферганской долине. Изд-во АН УзбССР. Ташкент, 1948.

Алпатыев А. М. Влагооборот культурных растений. Гидрометеиздат, 1954.

Костяков А. Н. Основы мелиораций. Сельхозгиз, 1951.

Петин Н. С. Современное состояние и пути дальнейшего развития научно-исследовательских работ по орошению и теории водного режима с.-х. растений. Сб. «Биологические основы орошаемого земледелия». Изд-во АН СССР, 1957.

Шардаков В. С. Водный режим хлопчатника и определение оптимальных сроков полива. Изд-во АН УзбССР. Ташкент, 1953.

Долгов С. И. Основные закономерности поведения почвенной влаги и их значение в жизни растений. Сб. «Биологические основы орошаемого земледелия». Изд-во АН СССР, 1957.

- Шоу Б. Физические условия почвы и растений. Изд-во иностранной литературы, 1955.
- Роде А. А. Почвенная влага. Изд-во АН СССР, 1952.
- Тори Д., Петерсон Х. Орошаемые земли. Изд-во иностранной литературы, 1952.
- Алексеев В. И. Некоторые вопросы методики изучения поливного режима сельскохозяйственных культур. «Гидротехника и мелиорация», 1953, № 10.
- Петин Н. С. О значении физиологических показателей в поливном растениеводстве. Физиология растений. Т. 1, 1954, № 1.
- Петин Н. С. Физиология орошаемых сельскохозяйственных культур. Изд-во АН СССР, 1962.
- Петрунин В. М. Поливной режим кукурузы в условиях юго-востока Казахстана. Диссертация. Дžамбул, фонды библиотеки ҚазНИИВХ, 1962.
- Грамматикати О. Г. Роль корней, проникающих в глубокие слои почвы, в водном питании растений. Сб. «Водный режим растений в засушливых районах СССР». Изд-во АН СССР, 1961.
- Данильченко Н. В., Пак И. Приемы оазисного орошения на пастбищах пустыни Муонкумы. Научный отчет за 1963 г. Дžамбул, фонды библиотеки ҚазНИИВХ.
- Израильсон О. Научные основы и практика орошения. Сельхозгиз, 1936.
- Иванов А. П. Материалы по изучению поливных норм. Труды ВНИИГим. Т. IV, 1930.
- Роде А. А. Водный режим почв и его регулирование. Изд-во АН СССР, 1963.
- Алексеев В. И., Гершунов Э. В. Передовые приемы орошения. Казсельхозгиз, Алма-Ата, 1963.

В. М. ПЕТРУНИН,

кандидат сельскохозяйственных наук

ИЗУЧЕНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ КУКУРУЗЫ

Опыт работы передовиков-кукурузоводов и исследовательских учреждений говорят о том, что на поливных землях юга Казахстана при соблюдении агротехнических приемов и особенно рационального режима орошения можно получить не менее 50—70 ц/га сухого зерна и 500—800 ц/га зеленой массы кукурузы молочно-восковой спелости.

Однако фактическая урожайность ее по некоторым производственным управлениям и областям республики остается очень низкой. Так, средняя урожайность кукурузы на зерно в Джамбулской области в 1961 г. составила 9,4 ц/га, а в 1962 г.— 12,3 ц/га. Основной причиной этого являются нарушения агротехники, невыполнение установленного плана поливов и слабое знание режима орошения кукурузы.

С 1959 г. Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства проводит исследования по обоснованию режима орошения кукурузы в условиях юго-востока Казахстана. Исследования проводились под руководством доцента, кандидата технических наук Н. С. Горюнова.

Почвы опытных участков представлены сероземами, по механическому составу — супесями и тяжелыми суглинками. Удельный вес корнеобитаемого слоя почв колеблется от 2,56 до 2,70 г/см³, объемный вес — от 1,35 до 1,45, полевая влагемкость — от 18,4 до 26,3%. Грунтовые воды залегают на глубине 3 м и ниже.

Климат зоны исследований резко континентальный, годовое количество осадков составляет 199—255 мм, из них на теплый период (V—IX) приходится 82—117 мм. За вегетационный период кукурузы осадков выпало в 1959 г.—55, в 1960—114, в 1961—141 и 1962 г.—136 мм. Температурный режим и влажность воздуха вегетационного периода не имели значительных отклонений от средних многолетних данных.

Опыты закладывались в четырехкратной повторности. Площадь

каждой делянки была не менее 400 м², учетной — 200 м². Объектом исследования служили районированные среднепоздние, позднеспелые сорта и гибриды кукурузы: Краснодарская 1/49, ВИР 156 и Стерлинг.

Полевые опыты носили комплексный характер. Особое внимание обращалось на связь физиологических показателей (концентрации клеточного сока, «плача» растений, роста и прироста надземной массы, развития корневой системы, транспирации, температуры поверхности листьев и дневного водного дефицита) с динамикой влажности почвы и метеорологической обстановкой.

РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ ПО ДЕФИЦИТУ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ И УРОЖАИ КУКУРУЗЫ

На вариантах, где влажность корнеобитаемого слоя почвы поддерживалась не ниже 60% предельной полевой влагоемкости, за вегетационный период проведено 1—2 полива оросительной нормой 1 200—1 700 м³/га; на вариантах, где влажность почвы не опускалась ниже 70% ППВ, дано от 3 до 4 поливов оросительной нормой 2 100—2 800 м³/га; и на вариантах, где влажность почвы поддерживалась около 80% ППВ, проведено от 4 до 7 поливов оросительной нормой 2 600—4 600 м³/га. Урожай зерна по годам исследований приведен в таблице 1. Из этих данных видно, что на урожай зерна кукурузы при существующей агротехнике значительное влияние оказывает влажность корнеобитаемого слоя почвы, размер поливных и оросительных норм и сроки полива. Оросительные нормы в 700—1 600 м³/га, то есть 1—2 полива (варианты, где нижний предел увлажнения почвы поддерживался около 60% ППВ), повысили урожай кукурузы по сравнению с неполиваемыми вариантами на 18—33 ц/га.

Если поддерживать нижний порог влажности корнеобитаемого слоя почвы в течение вегетационного периода около 70% предельной полевой влагоемкости и увеличивать оросительные нормы до 2 100—2 800 м³/га (3—4 полива), то это повысит урожай зерна до 50—65 ц/га. А поддержание нижнего порога влажности почвы около 80% ППВ, то есть увеличение оросительной нормы до 4 000—4 600 м³/га (5—7 поливов), дает прибавку урожая зерна кукурузы лишь на 1—3 ц/га. В данном случае вода, поданная на получение дополнительного урожая зерна (1—3 ц/га), используется нерационально. Поэтому дальнейшие пути роста урожайности сельскохозяйственных культур, как указывает академик А. Н. Костяков, надо искать не просто в режиме орошения, а в комплексном повышении плодородия почвы, в улучшении агротехники возделывания кукурузы и в ее селекции.

Влияние задержки первого полива кукурузы подробно изучалось на 4 варианте в 1959 году и на 5 варианте в 1960 году. На 4 вари-

Таблица 1

46

Схемы опытов, даты, нормы поливов и урожай зерна кукурузы

Вариант	Схемы поливов	Число поливов	Оросительная норма, м ³ /га	Фазы развития, даты и норма поливов, м ³ /га										Урожай зерна, ц/га
				образова-ние 8-го листа	образова-ние 10-го листа	перед вы-брасыва-нием ме-телки	выбрасы-вание ме-телки	цветение метелки	цветение початков	перед мо-лочной спелостью	молочная спелость	перед мо-лочной-вос-ковой спе-лостью		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
<i>1959 год, Алма-Атинская область (колхоз «Каратал»)</i>														
1	Без полива	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,0	
2	Поливы по фазам разви-тия	1	800	—	3—VII 800	—	—	—	—	—	—	—	38,4	
3	»	2	1 600	—	3—VII 800	—	23—VII 800	—	—	—	—	—	43,7	
4	»	4	2 400	—	4—VII 600	19—VII 600	—	30—VII 600	—	—	10—VIII 600	—	49,7	
5	»	6	3 600	—	4—VII 600	19—VII 600	—	27—VII 600	4—VIII 600	—	13—VIII 600	20—VIII 600	51,4	
6	»	6	4 600	—	4—VII 600	18—VII 800	—	25—VII 800	4—VIII 800	—	15—VIII 800	25—VIII 800	52,8	
<i>1960 год, Алма-Атинская область (колхоз «Каратал»)</i>														
1	Без полива	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,7	
2	Один полив при дости-жении влажности поч-вы 42—45% ППВ	1	700	—	—	14—VII 700	—	—	—	—	—	—	33,2	
3	Первый полив при дости-жении влажности поч-вы 42—45% ППВ, по-след.— при 60% ППВ	2	1 640	—	—	13—VII 910	—	—	—	11—VIII 730	—	—	47,8	
4	Поливы по концентрации клеточного сока	3	2 360	—	30—VII 910	—	22—VII 730	—	—	9—VIII 720	—	—	60,1	

В. М. Петрунин

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
5	Первый полив при 42—45% ППВ, послед.— при 70% ППВ	4	2 740	—	30—VI 970	19—VII 530	—	4—VIII 580	—	—	17—VIII 660	—	65,4
6	Первый полив при 42—45% ППВ, послед.— при 75% ППВ	5	3 510	—	30—VI 1 010	15—VII 510	—	28—VII 670	—	9—VIII 610	—	24—VIII 710	67,5
7	Поливы при влажности почвы 80% ППВ	7	4 400	23—VI 600	8—VII 600	18—VII 600	27—VII 600	—	6—VIII 800	—	16—VIII 600	24—VIII 600	69,8
<i>1961 год, Алма-Атинская область (опорный пункт института)</i>													
1	Без полива	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	26,0
2	Поливы при 60% ППВ	1	1 250	—	8—VI	—	7—VII	—	21—VII 1 250	—	—	—	38,3
3	Поливы при 70% ППВ	3	2 080	—	370	—	930	—	—	—	—	1—VIII 780	59,0
4	Поливы при 80% ППВ	4	2 600	28—V 610	—	22—VI 680	—	—	13—VII 830	—	—	3—VIII 480	65,5
5	Поливы по концентрации клеточного сока	3	2 110	—	9—VI 700	—	6—VII 700	—	—	—	—	2—VIII 710	60,6
<i>1962 год, Джамбулская область (на производственных участках)</i>													
1	Поливы при влажности почвы 70% ППВ (колхоз им. XXII съезда КПСС)	4	2 770	—	20—VI 730	10—VII 720	—	—	30—VII 780	—	—	18—VIII 540	57,0
2	Поливы при влажности почвы 70% ППВ на фоне влагозарядки (Георгиевский лубсовхоз)	3	2 100	—	28—VI 700	—	27—VII 700	—	—	—	—	22—VIII 700	65,0

Изучение и обоснование режима орошения кукурузы

анте влажность почвы перед первым поливом снизилась в фазу стеблевания до 43% ППВ, на 5—в фазу образования 10-го листа—до 46% предельной полевой влагоемкости. В остальные периоды развития растений влажность почвы на этих вариантах не опускалась ниже 70% ППВ. При сравнении 4 варианта с 5 и 6 вариантами 1959 года оказалось, что дополнительные поливы и увеличение оросительной нормы на 50—90% вызвали прибавку урожая зерна всего лишь на 1—3 ц/га, а прирост надземной массы — на 12—20%. В 1960 году на варианте без подсушки (7 поливов оросительной нормой 4 400 м³/га) по сравнению с 5-вариантом, где допущена кратковременная подсушка (до 46% ППВ), урожай зерна повысился только на 4,4 ц/га, а прирост надземной массы — на 9%, в то время как расход оросительной воды увеличился на 60%.

Как видим, кратковременная подсушка корнеобитаемого слоя почвы в период, предшествующий фазе стеблевания, оказывает большое влияние на прирост надземной массы и в меньшей степени на урожай зерна. Этот вывод подтверждается исследованиями других авторов (М. П. Космодемьянской, 1958 г.; В. Л. Голодковским, 1959 г.).

Таблица 2

Показатели водопотребления кукурузы

Вариант	Число поливов	Расход воды за вегетационный период, м ³ /га				Урожай зерна, ц/га	Коэффициент водопотребления
		от поливов	естественные осадки	из запасов почвы	всего		
1959 год							
1	—	—	550	1 238	1 788	10,0	178,8
2	1	800	550	1 118	2 468	38,4	64,3
3	2	1 600	550	1 092	3 242	43,7	74,2
4	4	2 400	550	502	3 452	49,7	70,0
5	6	3 600	550	368	4 518	51,4	88,0
6	6	4 600	550	288	5 438	52,8	103,0
1960 год							
1	—	—	1 140	1 160	2 300	14,7	156,0
2	1	700	1 140	950	2 790	33,2	84,0
3	2	1 640	1 140	640	3 250	47,2	68,8
4	3	2 360	1 140	580	4 080	60,1	67,8
5	4	2 740	1 140	430	4 310	65,4	65,9
6	5	3 510	1 140	400	5 050	67,5	75,0
7	7	4 400	1 140	0	5 540	69,8	80,0
1961 год							
1	—	—	1 410	1 210	2 620	26,0	100,7
2	1	1 250	1 410	860	3 510	38,3	91,6
3	3	2 080	1 410	700	4 180	59,0	71,0
4	4	2 600	1 410	540	4 550	65,5	69,3

При орошении каждой сельскохозяйственной культуры надо экономно расходовать воду на единицу продукции, то есть при малом коэффициенте водопотребления получать высокий урожай. Расчет баланса расходования влаги по вариантам опытов показал (табл. 2), что низкие коэффициенты водопотребления получены: в 1959 году при оросительной норме 1 600—2 400 м³/га (2—4 полива) и в 1960— при оросительной норме 2 100—2 600 м³/га (3—4 полива). На этих вариантах урожай зерна составил от 40 до 65 ц/га, а коэффициент водопотребления колебался от 43 до 76 м³/ц зерна. Следовательно, оптимальным поливным режимом кукурузы можно считать такой, когда влажность в корнеобитаемом слое почвы поддерживается около 70% предельной полевой влагоемкости. Это дает возможность получать высокие урожаи зерна и наиболее целесообразно расходовать оросительную воду на единицу продукции.

ПРИРОСТ НАДЗЕМНОЙ МАССЫ КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ

Накопление воздушно-сухой массы кукурузы в течение вегетационного периода, в зависимости от условий водоснабжения, идет неравномерно. Растения, выращенные при нижнем пороге влажности почвы около 60% ППВ (1—2 полива при оросительной норме 1 200—1 700 м³/га) и ниже, по величине прироста надземной массы значительно отстают от растений, выращенных в оптимальных условиях (4 полива при оросительной норме 2 400—2 800 м³/га). В 1959 году прирост оказался меньше на 46%, в 1960— на 46—59%. С увеличением поливов до 4-х (оросительная норма 2 800—3 000 м³/га) прирост надземной массы идет интенсивнее. Однако увеличение поливов до 6—7 при оросительной норме 4 400—4 600 м³/га почти не вызывает дальнейшего прироста массы, но резко увеличивает расход воды на единицу дополнительного урожая (табл. 3). Следовательно, при оросительной норме более 3 000 м³/га в наших условиях увеличение водопотребления мало способствует приросту надземной массы растения.

4—1080

Таблица 3
Зависимость урожая надземной массы кукурузы от числа поливов и оросительных норм, 1960 год

Вариант	Число поливов	Оросительная норма, м ³ /га	Дополнительная оросительная норма, м ³ /га	Урожай воздушно-сухой массы		Расход воды на дополнительный урожай, м ³ /ц
				ц/га	дополнител. урожай, ц/га	
1	-	-	-	122,4	-	-
2	1	700	-	136,9	14,5	-
3	2	1 640	940	151,8	14,9	63,1
4	3	2 360	720	175,9	24,1	30,0
5	4	2 740	380	207,7	31,8	12,0
6	5	3 510	770	220,0	12,3	62,6
7	7	4 400	890	226,4	6,4	140,0

На формирование урожая сырой массы кукурузы в онтогенезе большое влияние оказывают сроки и нормы поливов. Неполивные растения значительно отставали от поливных по весу сырой массы как целого растения, так и по весу вегетативных и репродуктивных органов. У поливных растений на вариантах, где влажность почвы не опускалась ниже 70—80% предельной полевой влагоемкости, наблюдался более интенсивный прирост стеблей, листьев и початков, который наибольшей величины достигал в фазу молочной спелости. После этого начиналось снижение веса стеблей, листьев и метелки, что связано с потерей воды, а вес початков продолжал увеличиваться до восковой спелости.

Максимальный вес стеблей и обверток приходится на фазу выбрасывания метелки (70—75%), листьев — на фазу стеблевания (41—50%), метелки — на фазу выбрасывания султанов (3,9—6%), початков — на фазу восковой спелости (26—32%).

Таким образом, с повышением увлажнения корнеобитаемого слоя почвы прирост надземной массы увеличивается. Однако интенсивно он идет при нижнем пороге влажности почвы — около 70% полевой влагоемкости. С повышением степени ее увлажнения резко возрастает и расход оросительной воды на каждый центнер дополнительного урожая.

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ НА РАЗВИТИЕ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ КУКУРУЗЫ

Исследования показали, что корневая система у поливных и неполивных растений кукурузы более развита в верхнем пахотном слое. По данным исследований 1960 года, в слое почвы 0—20 см у поливных растений сосредоточено 69% корней от общей их массы, у неполивных — 64%, а в слое почвы 0—60 см у поливных — 83—85%, неполивных — 76%. По данным 1961 года, в слое 0—60 см размещалось 82—84% корней от их массы. По общему весу корневая система поливных растений превышала неполивные на 50—52% (табл. 4). Однако неполивные растения по развитию корневой системы в нижних слоях почвы (80—160 см) превосходили поливные почти в два раза.

Развитие корневой системы кукурузы в течение вегетационного периода идет неравномерно. У поливных растений максимального развития она достигает в межфазный период от стеблевания до выбрасывания метелки. В последующие фазы развития у корней наблюдается резкий спад процессов роста. Корневая система поливных растений кукурузы в основном заканчивает свое формирование в фазу выбрасывания метелки. Лучшее развитие ее проходит при оптимальном увлажнении корнеобитаемого слоя почвы около 70% предельной полевой влагоемкости.

Таблица 4

Размещение корней кукурузы в фазу
восковой спелости (10 сентября 1960 года)

Вариант	Число поливов	Орошительная норма, m^3/ga	Слой в см	Сухой вес корней			Число главных корней
				в г	в % к весу в слое	в % к контролю	
1	—	—	0—20	34,60	64	100	14
			0—60	40,37	76	100	
			60—160	12,70	24	100	
5	4	2 740	0—160	53,07	100	100	26
			0—20	56,10	69	162	
			0—60	67,88	85	168	
7	7	4 400	60—160	12,71	15	100	26
			0—160	80,59	100	151	
			0—20	54,30	69	156	
			0—60	64,22	83	159	
			60—160	13,90	17	110	
			0—160	78,21	100	147	

Наблюдения за развитием корневой системы кукурузы позволяют сделать вывод, что глубиной активного слоя почвогрунта для расчета поливной нормы следует считать основную зону корнеобитаемого слоя — до 60—70 см. Это значит, что в условиях зоны исследований при нижнем допустимом пределе влажности почвы 70% предельной полевой влагоемкости оптимальные поливные нормы должны быть: для средних почв — 600—700 m^3/ga , для тяжелых почв — 800—900 m^3/ga .

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВЫ
НА ПОКАЗАТЕЛИ ВОДНОГО РЕЖИМА КУКУРУЗЫ

Наблюдения показали, что при разной степени увлажнения корнеобитаемого слоя почвы дневной ход транспирации растений кукурузы (выражен одновершинной кривой) достигает максимальной величины к 13 часам. После этого наступает спад. Наблюдения за метеорологическими факторами и влажностью почвы дают основание сказать, что транспирация главным образом зависит от степени влажности почвы и солнечного освещения. Так, интенсивность транспирации кукурузы в 13 часов в фазу цветения метелки (15 июля 1961 года) при влажности почвы 80% ППВ возросла по отношению к растениям, произрастающим при увлажнении почвы около 60% ППВ, более чем в 2—3 раза.

Интенсивность транспирации кукурузы в какой-то мере харак-

теризует величину корнеобитаемого слоя почвы. Например, при увлажнении почвы до 80% полевой влагоемкости величина транспирации в 13 часов составляла 331, 365 и 353 г/м² в час, а при влажности 60% ППВ—212, 161 и 144 г/м² в час. С увеличением увлажнения почвы и интенсивности транспирации температура поверхности листьев в сравнении с температурой окружающего воздуха снижается на 2—3°C. На вариантах, где дано 1—2 полива (оросительная норма 1 200—1 700 м³/га), температура поверхности листьев близка к температуре воздуха.

Из данных таблицы 5 видно, что снижение степени увлажнения почвы и повышение концентрации клеточного сока (при 1—2 поливах) ведет к недобору урожая. Однако на вариантах, где поддерживалась высокая влажность почвы (80% ППВ) и была низкая концентрация клеточного сока (5—9%), наблюдалось увеличение коэффициента водопотребления. При недостаточном водоснабжении растений концентрация клеточного сока увеличивается, а содержание воды в листьях уменьшается и в основном наблюдается отрицательный «плач». С увеличением влажности в корнеобитаемом слое почвы повышается общее содержание воды в листьях и, следовательно, уменьшается дневной дефицит.

Таблица 5

Концентрация клеточного сока и урожай в зависимости от режимов орошения, 1960 год

Вариант	Число поливов	Оросительная норма, м ³ /га	Средние показатели концент. клеточного сока в % по периодам		Урожай зерна, ц/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /ц
			I	II		
1	—	—	6,6	13,8	14,7	156
2	1	700	—	—	33,2	84
3	2	1 640	5,8	12,7	47,8	72
4	3	2 360	4,6	10,8	60,1	64
5	4	2 740	4,4	11,6	65,4	63
6	5	3 510	4,1	10,2	67,5	73
7	7	4 400	4,0	10,1	69,8	80

Таким образом, результаты комплексных наблюдений за водным режимом кукурузы в различных условиях водообеспеченности дают возможность сделать вывод, что нормальный ход физиологических процессов и наименьший расход оросительной воды на единицу урожая наблюдается при снижении нижнего порога влажности корнеобитаемого слоя почвы после поливов до 70% предельной полевой влагоемкости.

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ НА СТРУКТУРУ УРОЖАЯ

Режим орошения оказывает значительное влияние на структуру урожая. При недостаточном увлажнении запасы почвенной влаги и летние осадки в большей степени идут на формирование вегетативных органов растения. Не случайно кукуруза на неполивных землях имеет большое количество недоразвитых початков, а иногда они вообще не образуются. Наибольший выход зерна кукурузы от общей воздушно-сухой массы получен при оптимальном поливном режиме (4 полива, оросительная норма 2 400—2 800 м³/га).

Кукуруза в условиях недостаточного водоснабжения, особенно в критические периоды жизни растений, формирует без полива мелкие, уродливые початки, а зерно — с низким абсолютным весом. На варианте с четырьмя поливами оросительной нормой 2 470 м³/га в 1960 году получены следующие показатели: длина початка — 20,9 см, вес сухого початка — 223 г, число рядков в початке — 17,6, абсолютный вес зерна 273,9 г. Аналогичные результаты по структуре урожая были также в опытах 1959 и 1961 гг.

Наиболее эффективным по этим показателям оказался вариант с 4 поливами оросительной нормой 2 400—2 800 м³/га. При таком режиме орошения лучше сохраняются сортовые высокопродуктивные гибридные свойства кукурузы, увеличивается абсолютный вес зерна, а при калибровке получается высокий выход семян первой фракции.

О ДИАГНОСТИРОВАНИИ СРОКОВ ПОЛИВА КУКУРУЗЫ

Выше были приведены результаты исследований, где сроки поливов определялись величиной увлажнения почвы от предельной полевой влагоемкости. Преимущество этого метода в том, что он дает к началу полива исходные данные для расчета поливной нормы. Однако в техническом отношении этот метод сравнительно трудоемкий, что ограничивает его массовое применение в производственных условиях (В. С. Шардаков, 1953; Д. Торн и Х. Петерсен, 1952; П. С. Гарин, 1962).

Из объективных признаков, характеризующих водный баланс растений при орошении, несомненный интерес представляют некоторые физиологические показатели. Из них (по литературным данным) наиболее чувствительными к влаге оказались: сосущая сила листьев (В. С. Шардаков, 1953, 1956; Н. С. Петин, 1954), концентрация клеточного сока (М. Ф. Лобов, 1948, 1951, 1957; О. М. Чумина, 1959; Г. М. Титев, 1960), осмотическое давление (Н. С. Петин, 1954, 1957), степень открытия устьиц (Н. Г. Васильева, 1956) и «плач» растений (Л. А. Филиппов, 1956). Однако все эти методы в производство пока внедряются слабо.

Метод диагностирования сроков полива кукурузы по концентрации клеточного сока, предложенный М. Ф. Лобовым, основан на определении рефрактометром процентного содержания сухих веществ в отжатой капле сока листьев. В силу своей простоты и доступности он привлек внимание многих исследователей. Однако среди опубликованных по этому вопросу сообщений часто встречаются разночечивые выводы по технике определения, повторности взятия образца и выделению критических величин.

а) **Диагностирование сроков полива кукурузы по физиологическим показателям.** Наблюдения автора в 1959—1961 гг. за концентрацией клеточного сока в листьях кукурузы по ярусам показали, что на протяжении вегетационного периода эта величина не является постоянной. От всходов до образования репродуктивных органов в листьях нижнего яруса она выше, чем в верхних. В дальнейшем, с оплодотворением растений, прекращением образования листьев и роста стебля, в листьях верхних ярусов концентрация возрастает. Разница в величинах концентрации между нижними и верхними листьями до образования репродуктивных органов больше выражена у неполивных растений, а с образованием репродуктивных органов — у поливных. В фазу перед выбрасыванием метелки эта разница у поливных растений в среднем составила 0,3, у неполивных — 1,7%, а в период молочной спелости — соответственно 6,2 и 1,5%. Аналогичная закономерность в распределении концентрации клеточного сока по ярусам отмечена О. Т. Чуминой (1959).

На величину концентрации клеточного сока в листьях кукурузы значительное влияние оказывает степень влажности корнеобитаемого слоя почвы. Чем выше влажность почвы, тем ниже концентрация. С повышением влажности почвы концентрация понижается.

Анализируя показатели концентрации клеточного сока испытываемых сортов и гибридов кукурузы, можно заключить, что в динамике концентрации листьев выделяются два характерных периода. Первый период характеризуется пониженными показателями концентрации. Этот период охватывает девять этапов органогенеза метелки и початка, начинается от всходов растений и кончается цветением метелки, оплодотворением початка. В поливной период растений при влажности почвы выше 70% предельной полевой влагоемкости концентрация клеточного сока в листьях 7 яруса понижается до 6—4 и менее процентов, а при полевой влагоемкости почвы ниже 70% концентрация повышется до 7 и более процентов.

Второй период характеризуется более повышенными показателями концентрации клеточного сока в листьях растений. Он охватывает десятый, одиннадцатый и двенадцатый этапы органогенеза початка, когда происходит формирование плода, накопление питательных веществ и перевод их в запасные. В этот период при влажности почвы 80% ППВ в 10—11 часов концентрация клеточного сока в листьях 7—10 ярусов не опускалась ниже 9—10%, а с понижением

влажности почвы до 70% ППВ и меньше концентрация повышалась до 11—12 и более процентов.

По данным исследований 1961 года, средние показатели концентрации клеточного сока на протяжении первого периода составили: на варианте без полива — 6,3%, на варианте, где нижний предел увлажнения корнеобитаемого слоя почвы поддерживался около 70% ППВ — 5,3% и на варианте при нижнем пределе увлажнения почвы 80% ППВ — 4,3%. За второй период показатели концентрации составили соответственно по вариантам 13,7, 12,1 и 10,8%.

Очевидно, резкое изменение величины концентрации клеточного сока между выделенными периодами связано со старением растений, накоплением осмотически активных веществ, сопровождающимся повышением концентрации клеточного сока.

Таким образом, для характеристики водообеспеченности растений в зоне исследований, а также для диагностирования сроков полива кукурузы в течение поливного периода следует выделять только два градиента концентрации клеточного сока. Влажности почвы 70% ППВ на первом периоде соответствует критическая величина концентрации клеточного сока в листьях 7 яруса 7%, на втором периоде в листьях 10 яруса — 11—12%. Достижение указанных величин концентрации клеточного сока в листьях кукурузы говорит о необходимости проведения очередных сроков полива.

Установленные нами величины концентрации клеточного сока обеспечивают нормальный рост и развитие растений, дают мощный прирост зеленой массы, позволяют наиболее продуктивно использовать поливную воду на единицу урожая.

Для диагностирования сроков полива кукурузы по концентрации клеточного сока на первом периоде развития образцы берутся из средней части листовой пластинки 7-го яруса. На втором периоде, учитывая доминирующую способность верхних листьев над нижними, образцы целесообразно брать из листьев 10-го яруса. Результаты исследований и их статистическая обработка говорят о том, что на небольших спланированных опытных участках (не более 400 м²) можно пользоваться 6-кратным повторением взятия образцов. На больших площадях образцы берутся в 8—10-кратной повторности.

На величину концентрации клеточного сока значительное влияние оказывают метеорологические факторы, особенно температура и влажность воздуха. Дневные различия в колебаниях величин концентрации доходят до 3—5%. Определенные концентрации сока необходимо проводить не при минимальных и максимальных метеорологических показателях, а при средних, что примерно соответствует 10—11 часам дня. Это позволяет наиболее правильно судить о водообеспеченности растений.

Значительные колебания концентрации клеточного сока были получены при производственном испытании на больших площадях. Однако, несмотря на некоторые отклонения концентрации от уста-

новленных критических величин, при повторном взятии образцов на хорошо спланированных участках она правильно характеризует состояние водоснабжения кукурузы и является объективным показателем диагностирования сроков полива. Таким образом, на однородных почвах хорошо спланированных участков сроки поливов кукурузы можно устанавливать по критической величине концентрации клеточного сока в листьях.

Изучение диагностирования сроков полива по «плачу» растений показало, что «плач» хорошо характеризует водообеспеченность растений и наличие влаги в корнеобитаемом слое почвы. Между «плачем» растений и степенью влажности почвы существует прямая зависимость. Чем выше влажность почвы, тем интенсивнее «плач» и, наоборот, с понижением влажности почвы положительный «плач» переходит в отрицательный. Изменение положительного «плача» на устойчивый отрицательный происходит не в узком диапазоне влажности почвы, а в пределах от 60 до 70% предельной полевой влагоемкости.

Широкий диапазон колебаний перехода положительного «плача» в устойчивый отрицательный при соответствующих показателях влажности почвы (60—70% ППВ) затрудняет использовать величину интенсивности «плача» в целях диагностирования сроков полива и расчета поливных норм. Кукуруза очень чувствительна к недостаточному водоснабжению в критический период развития. Следовательно, снижение влажности почвы в это время до 60% предельной полевой влагоемкости вызвало бы потерю зерна и зеленой массы до 15—20%. В этом направлении еще требуются дополнительные исследования.

б) Распределение сроков полива по фазам развития кукурузы. В орошаемых зонах Казахстана и других республик широкое распространение получил принцип распределения поливов по фазам развития кукурузы. Однако этот метод не дает возможности точно определить, с каким периодом формирования репродуктивных органов связана у растений наибольшая потребность в воде. Поэтому вызывалась необходимость изучить чувствительность растений к водоснабжению в различные межфазные периоды развития, выявить наступление жизненно важных фаз и на основании полученных результатов установить режим орошения кукурузы.

Проведенные нами исследования показали, что по интенсивности прироста надземной массы и водопотреблению вегетационный период кукурузы отчетливо делится на четыре периода развития: первый — от всходов до образования 7-го листа, второй — от образования 7-го листа до выбрасывания метелки, третий — от выбрасывания метелки до молочной спелости и четвертый — от молочной спелости до восковой.

В первый период развития кукурузы идет слабый рост в высоту и прирост надземной массы. За 17—20 дней накопление воздуш-

но-сухой массы составляет лишь 1,8—3,0%. В это время преобладает расход влаги на испарение почвой. Суммарное водопотребление за весь период составляет в среднем около 15% от общего водопотребления и, как правило, обеспечивается за счет влагозарядковых или предпосевных поливов и весенних осадков.

Второй период характеризуется более быстрым приростом надземной массы. Его продолжительность составляет примерно 40—45 дней. За это время накапливается воздушно-сухой массы до 18—25%, а среднесуточный прирост возрастает от 45 до 70 кг/га. После поливов в начале периода рост в высоту достигает 2—3 см, а в конце — до 6—8 см в сутки. У кукурузы закладываются метелки и початки, заканчивается формирование корневой системы. Чем благоприятнее условия водного режима в этот период, тем лучше идет опыление и прирост надземной массы в следующем периоде. Поэтому в фазу стеблевания и перед выбрасыванием метелки обязательно надо проводить поливы.

Максимального среднесуточного прироста сухой массы кукуруза достигает в период от выбрасывания метелки до молочной спелости. За это время (20—25 дней) поливные растения накапливают сухой массы до 50—65%, что составляет более половины урожая. Суточный прирост массы колеблется от 300 до 500 кг/га. Третий период развития кукурузы протекает в наиболее жаркое время года. Суммарное водопотребление в сутки составляет в среднем 50—55 и более м³/га. В это время кукуруза предъявляет наибольшие требования к влаге. Чем лучше условия водного режима, тем эффективнее проходят процессы оплодотворения и налива зерна. Если в этот период влаги недостаточно, потенциальные возможности прироста растений, а следовательно, и урожая не реализуются.

В четвертый период сухая масса еще продолжает возрастать, достигая у поливных растений 15—30%. Суммарное водопотребление на поливных вариантах в это время снижается до 30—35 м³/га в сутки. Как видим, у растений продолжается процесс накопления сухих веществ и налив зерна, на образование которых требуется значительное количество воды.

Сроки поливов на вариантах, где нижний порог влажности почвы поддерживался около 70% полевой влагоемкости (3—4 полива оросительной нормой 2 100—2 800 м³/га), хорошо согласуются с жизненно важными межфазными периодами развития кукурузы. На основании комплексных исследований, обобщения опыта передовых хозяйств и опубликованных данных, а также климатических условий зоны исследования можно рекомендовать следующие поливные режимы для кукурузы (см. табл. 6).

Рекомендации составлены для условий глубокого залегания пресных грунтовых вод. Когда они залегают ближе 2,5 м к поверхности, в поливные нормы вносятся соответствующие поправки.

Таблица 6

Рациональный режим орошения для среднепоздних, позднеспелых сортов и гибридов кукурузы

Поливы	Полная норма, м ³ /га	Поливной период		Средний день поливов	Междуполливной период (дней)	Фазы развития	
		начало	конец				
<i>Для среднесухого и сухого года</i>							
Влагозарядковый	1 500						
Вегетационные:							
1	600	8/VI	4/VII	21/VI	21	Стеблевание	
2	600	5/VII	22/VII	13/VII		17	Перед выбрасыванием метелки
3	700	23/VII	6/VIII	30/VII		13	Перед молочной спелостью
4	700	7/VIII	19/VIII	13/VIII			Перед молочно-восковой спелостью
Оросительная норма	2 600						
<i>Для влажного года</i>							
Влагозарядковый	1 500						
Вегетационные:							
1	600	6/VI	4/VII	20/VI	28	Стеблевание	
2	700	5/VII	3/VIII	19/VII		21	Выбрасывание метелки
3	700	4/VIII	17/VIII	10/VIII			Молочная спелость
Оросительная норма	2 000						
<i>В маловодные годы</i>							
Влагозарядковый	1 500						
Вегетационные:							
1	800	28/VI	27/VII	13/VII	27	Перед выбрасыванием метелки	
2	800	28/VII	24/VIII	10/VIII			Молочная спелость
Оросительная норма	1 600						

Примечание: На тяжелых почвах со слабой водопроницаемостью поливные нормы увеличиваются до 800—1 000 м³/га.

ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫЕ ОРОСИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ

Основным показателем при установлении оптимальных оросительных норм и поливных режимов является максимальный урожай с единицы площади. Однако, как отмечает Г. В. Воропаев (1960 г.), оросительные нормы, обеспечивающие наиболее высокую урожайность, в районах с недостаточными водными ресурсами экономиче-

ски нецелесообразны. Поэтому требуется определить наиболее эффективные поливные и оросительные нормы, которые бы обеспечили высокий урожай и рентабельность производства. В этих целях автором проведены технико-экономические исследования, показанные в таблице 7.

Таблица 7

Себестоимость и рентабельность производства кукурузы в зависимости от режимов орошения

Число поливов	Оросительная норма, м ³ /га	Урожай зерна, ц/га	Издержки, отнесенные на зерно, руб/га	Себестоимость зерна, руб/ц	Чистый доход, руб/га	Рентабельность, %
1959 год						
—	—	10,0	32,60	3,80	14,15	44
1	300	38,4	81,00	2,30	107,65	139
2	1 600	43,7	87,50	2,10	136,80	161
4	2 400	49,7	99,20	2,17	152,70	153
6	3 600	51,4	105,50	2,25	154,10	144
6	4 600	52,8	110,20	2,25	156,55	144
1960 год						
—	—	14,7	47,4	2,77	40,11	100
1	700	33,2	81,05	2,44	101,55	166
2	1 640	47,2	96,88	2,05	162,72	168
3	2 360	60,1	113,42	1,89	217,13	190
4	2 740	65,4	123,06	1,88	236,64	192
5	3 510	67,5	127,42	1,89	243,83	190
7	4 400	69,8	133,38	1,90	248,87	189

Из таблицы видно, что рентабельность производства продукции зависит от себестоимости зерна: чем ниже себестоимость, тем выше рентабельность. Наивысшей эффективности она достигла в 1959 году при двух поливах оросительной нормой 1 600 м³/га, а в 1960 и 1961 гг.— при четырех поливах оросительной нормой 2 740—2 600 м³/га.

Как видим, самая низкая себестоимость зерна и высокая рентабельность производства получена не при максимальном расходе воды (4 600—4 400 м³/га), а ниже ее в среднем на 40% (1 600—2 740 м³/га). Следовательно, дальнейшее увеличение оросительных норм экономически нецелесообразно.

Таким образом, поливной режим кукурузы должен строиться на учете экономических факторов. Целесообразной оросительной нормой надо считать ту, которая обеспечивает наиболее низкую себестоимость и высокую рентабельность производства, а также наиболее выгодное использование водно-земельных ресурсов.

ПРОВЕРКА ОПТИМАЛЬНОГО ПОЛИВНОГО РЕЖИМА КУКУРУЗЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

На производственном участке колхоза имени XXII съезда КПСС Джамбулской области в 1962 году под руководством автора выдерживался оптимальный поливной режим кукурузы на площади 24 га при влажности корнеобитаемого слоя почвы не ниже 70% предельной полевой влагоемкости. За вегетационный период было проведено четыре полива средней поливной нормой 692 м³/га. Оросительная норма составила 2 770 м³/га, суммарное водопотребление — 4 627 м³/га, из них за счет орошения — 59,8%, осадков — 27,2% и запасов почвы — 13,0%. Фенологические наблюдения показали, что поливы, проведенные по дефициту влажности почвы, хорошо согласуются с наступлением жизненно важных фаз развития кукурузы. Первый полив дан в фазу стеблевания, второй — в начале выбрасывания метелки, третий — в фазу цветения початков и четвертый — в начале молочно-восковой спелости.

Урожай початков полной спелости составил в день уборки 100 ц/га, после сушки — 75,0 ц/га. Выход зерна после обмолота — 76%. Урожай зерна кукурузы при влажности 14% составил 57,0 ц/га.

В Георгиевском лубсовхозе под руководством сотрудника института В. Лопатина на фоне влагозарядкового полива, при том же режиме влажности почвы, на площади 62 га было проведено три вегетационных полива средней поливной нормой 700 м³/га, оросительная норма составила 2 100 м³/га. Поливы распределялись следующим образом: первый — в фазу перед стеблеванием, второй — в период выбрасывания метелки и третий — в начале молочно-восковой спелости. Урожай зерна кукурузы составил 65,0 ц/га.

Эти данные позволяют сделать вывод, что при внедрении рекомендуемого поливного режима кукурузы в хозяйствах зоны исследований можно значительно поднять ее урожайность и наиболее целесообразно использовать водно-земельные ресурсы.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Кукуруза хорошо отзывается на поливы. При оптимальном поливном режиме по сравнению с неполиваемыми растениями урожай вегетативной массы увеличивается в 2—3 раза, а зерна — в 3—5 раз.

2. Для получения высоких и устойчивых урожаев зерна кукурузы не менее 50—60 ц/га при существующей агротехнике в зоне исследований влажность корнеобитаемого слоя почвы в течение вегетационного периода необходимо поддерживать не ниже 70% предельной полевой влагоемкости.

3. Оптимальная оросительная норма для кукурузы колеблется от 2 400 до 3 000 м³/га. С увеличением или уменьшением оросительной нормы коэффициент водопотребления возрастает.

4. Учитывая характер развития корневой системы кукурузы и динамику урожая зерна, поливные нормы при рекомендуемом режиме на легких и средних почвах должны быть не менее 600—700 м³/га. На тяжелых суглинках поливные нормы увеличиваются до 800—1 000 м³/га.

5. Для поддержания рекомендуемой оптимальной влажности корнеобитаемого слоя почвы поливы необходимо проводить в следующие фазы развития: в среднесухие годы первый полив — в фазу стеблевания, второй — перед выбрасыванием метелки, третий — перед молочной спелостью и четвертый — перед молочно-восковой спелостью; во влажные годы поливы проводятся в фазы стеблевания, выбрасывания метелки и молочной спелости. Для районов с недостаточными водными ресурсами и в засушливые годы поливы проводят в фазы перед выбрасыванием метелки и молочной спелостью.

6. На однородных, хорошо спланированных участках сроки поливов кукурузы можно установить по критической величине концентрации клеточного сока в листьях. При поддержании оптимальной влажности почвы около 70% ППВ критическая величина концентрации клеточного сока листьев кукурузы до образования репродуктивных органов равна в среднем 7%, а в последующий межфазный период — от образования репродуктивных органов до молочно-восковой спелости — 11—12%. При достижении указанных критических величин необходимо проводить очередные поливы нормой 600—700 м³/га, а на тяжелых почвах — 800—1 000 м³/га. Определение концентрации клеточного сока проводится в средней части листа седьмого — десятого ярусов в 10—11 часов, через 3—5 дней в 8—10-кратной повторности.

7. Лучшие показатели структуры урожая (количество початков, их вес, число рядков, длина початков и абсолютный вес) получены при четырех поливах оросительной нормой 2 400—2 800 м³/га. При недостаточном водоснабжении получаются мелкие, уродливые початки, а зерно — с низким абсолютным весом. Хозяйствам, производящим гибридные семена кукурузы, на это следует обратить особое внимание.

8. В условиях зоны исследований экономически целесообразные оросительные нормы для кукурузы при существующей агротехнике и способах полива колеблются в средние и влажные годы от 1 600 до 2 800 м³/га.

*Р. А. КВАН,
аспирант*

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ ПОЛИВА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Высокие урожаи сахарной свеклы в условиях орошения во многом зависят от своевременного проведения поливов. Причем способы полива должны обеспечивать увлажнение почвы необходимыми поливными нормами при высокой производительности труда.

Отделом орошения КазНИИВХ с 1959 по 1962 год проводились специальные исследования эффективности различных способов полива сахарной свеклы на юге Казахстана, в частности, в колхозе имени XXII съезда КПСС Свердловского производственного управления Джамбулской области. Исследовались поливы дождеванием с помощью агрегата ДДА-100М (рис. 1) и установки КДУ-55

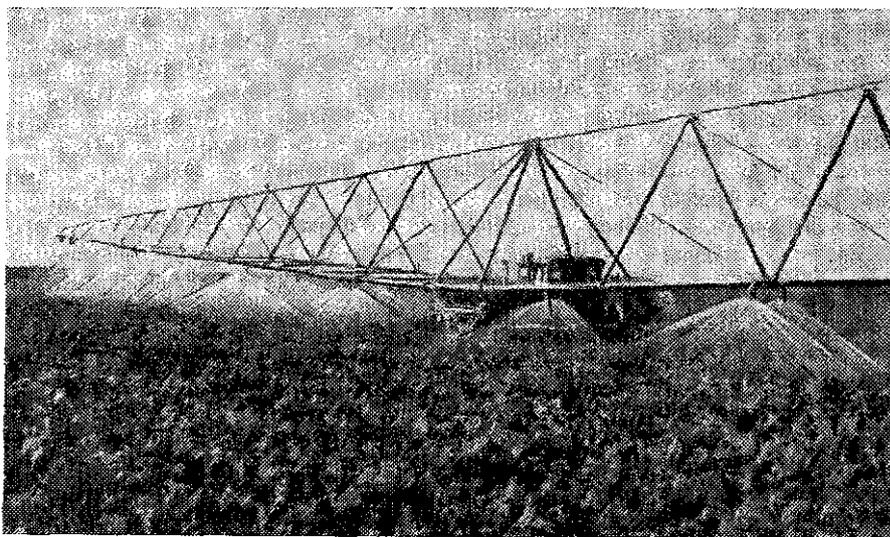


Рис. 1. Полив сахарной свеклы дождевальным агрегатом ДДА-100М (1962 г.).

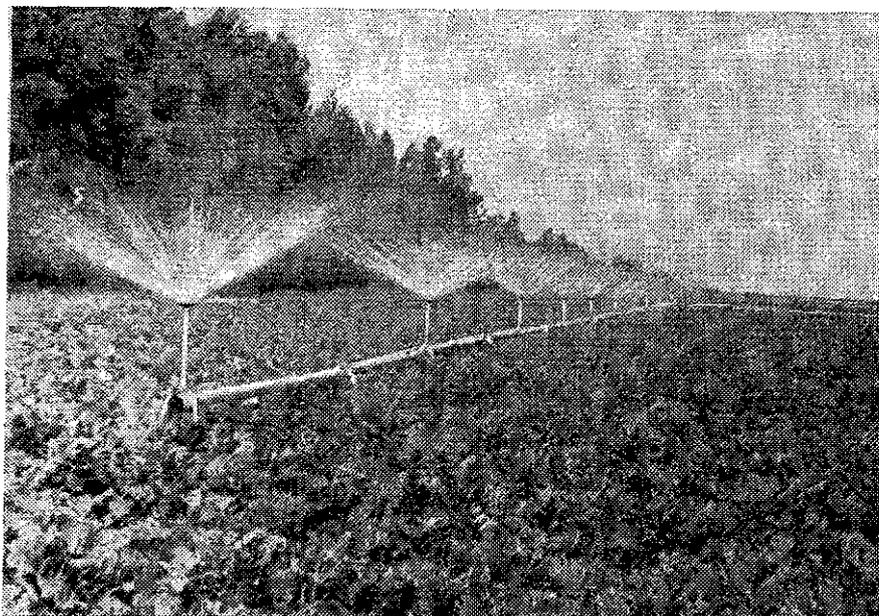


Рис. 2. Полив сахарной свеклы дождевальной установкой КДУ-55.

(рис. 2) по удлиненным бороздам с подачей воды в них гибким трубопроводом (рис. 3) и с применением поливной арматуры (щитки, сифоны и дерн), а в качестве контроля — полив нерегулируемым напуском, который еще широко распространен во многих хозяйствах.

Опыты закладывались на больших производственных массивах в одной или двукратной повторности. Площадь каждого варианта была не менее 3 га (табл. 1).

Таблица 1

Варианты опытов, проведенных в 1962 году

Способы полива	Число повторностей	Площадь, га	Режим увлажнения, % ППВ
Нерегулируемым напуском	1	4	70
По бороздам	2	6	70
Дождеванием машиной ДДА-100М	2	12	70
Дождеванием установкой КДУ-55	1	3	70

Дождевальный агрегат ДДА-100М обслуживал в колхозе около 100 га, а его эффективность изучалась только на 12 га.

Для всесторонней оценки способов полива на всех вариантах в течение вегетационного периода изучались следующие показатели: прирост корня и зеленой массы, динамика сахаристости и влажности почвы, изменение структуры и объемного веса почвы, фенология, урожайность, метеорологические условия и др.



Рис. 3. Полив сахарной свеклы по бороздам при помощи гибкого поливного трубопровода.

Посев сахарной свеклы произведен 6—10 марта. Агротехника на всех вариантах была единой и выполнялась согласно агроуказаниям принятых для района опытов. По климатическим условиям вегетационный период 1962 года характеризуется в основном средними многолетними данными. Осадков за это время выпало 157 мм, что примерно соответствует норме (161 мм).

Почвы опытных участков относятся к сероземным, по механическому составу—средние и тяжелые суглинки. Объемный вес колеблется по профилю в довольно широких пределах: в слое 0—60 см — от 1,18 до 1,30 т/м³, а в слое 0—100 см — от 1,27 до 1,40 т/м³. Сквозность верхних горизонтов — около 55%. Водопроницаемость средняя. Засоления не наблюдается, плотный

остаток не достигает 0,2%. Глубина залегания грунтовых вод колеблется от 1,0 до 2,5 м. Но наличие плотного, сильно набухающего слоя на глубине 90—120 см препятствовало подпитыванию корнеобитаемого слоя за счет капиллярного повышения грунтовых вод.

Фенологические наблюдения. Они проводились путем глазомерной оценки наступления фаз развития свеклы. Дружные массовые всходы появились на 24 день после посева. В конце марта наблюдались небольшие (от -1° до -3°) заморозки. В результате часть всходов (по глазомерной оценке 10—15%) погибла, что вызвало небольшую изреженность посевов. Наступление фаз развития на вариантах отмечено в сроки, указанные в таблице 2.

Прохождение фаз в первый период развития сахарной свеклы на вариантах было одинаковым. Во втором периоде на вариантах с дождеванием фазы развития свеклы на 7—10 дней опережали другие варианты.

Таблица 2

Наступление фаз развития по вариантам

Варианты опыта	Посев	Всходы (75%)	Образование 1-й пары настоящих листьев	Образование 2-й пары листьев	Момент смыкания листьев в рядах и междурядьях	Начало размыкания листьев в рядах и междурядьях	Кол-во растений на 1 га в момент уборки (тыс. шт.)
Полив дождеванием	6—9 марта	1 апреля	20 апреля	5 мая	13 июня	25 августа	61,6
Полив по бороздам	„	„	„	„	20 июня	5 сентября	58,7
Полив нерегулируемым напуском	„	„	„	„	23 июня	18 августа	52,5

Режим орошения. Поливы на всех вариантах проводились при влажности корнеобитаемого слоя почвы около 70% предельной полевой влагоемкости. Для поддержания необходимой влажности потребовалось провести при дождевании агрегатом ДДА-100М 13 поливов оросительной нормой 5 650 м³/га, установкой КДУ-55 проведено 11 поливов оросительной нормой 5 050 м³/га, а по бороздам и напуском — по 7 поливов нормой 5 540 и 6 100 м³/га (см. табл. 3).

Таким образом, оросительная норма на всех вариантах была почти равна, а поливные нормы различны. При дождевании они не превышали 500—600 м³/га, при поливе по бороздам составляли 910 м³/га, при поливе напуском иногда достигали 1 100 м³/га. В последнем случае большая поливная норма объясняется несовершенством поливной техники.

При поливе сахарной свеклы дождеванием (с середины второго периода развития растений) проводить его качественно при большой поливной норме за один раз оказалось невозможным. При норме более 400—500 м³/га на опытных участках, начиная примерно с 30—40 минуты, образовывался сток воды. Уменьшалась глубина увлажнения почвы. Так, при 2—3 поливах нормой 300 м³/га почва увлажнялась на глубину 50—60 см, а уже после 5—7 поливов той же нормой — только на 30—40 см.

Эти особенности при поливе дождеванием объясняются тем, что с каждым поливом происходит некоторое уплотнение и ухудшение структуры верхних слоев почвы и соответственно — снижение ее водопроницаемости. Но положение усугубляется в основном еще тем, что во второй период развития сахарной свеклы происходит полное смыкание листьев и проводить рыхления междурядий после поливов почти невозможно. Поэтому, чтобы подать необходимую норму воды и хорошо увлажнить корнеобитаемый слой почвы без

Таблица 3

Поливной режим сахарной свеклы при различных способах полива

№ полива	Дата полива				Величина поливной нормы, м ³ /га			
	дождева- ние агрегатом ДДА-100М	дождева- ние установкой КДУ-55	по боро- здам	напуском	дождева- ние агрегатом ДДА-100М	дождева- ние установкой КДУ-55	по бо- роздам	напу- ском
1	15/V	3/VI	25/V	30/V	600	400	580	810
2	27/V	17/VI	19/VI	21/VI	600	400	820	1100
3	8/VI	27/VI	4/VII	10/VII	300	450	860	980
4	16/VI	5/VII	22/VII	29/VII	300	450	910	920
5	25/VI	12/VII	2/VIII	7/VIII	300	450	880	810
6	8/VII	23/VII	16/VIII	23/VIII	300	550	870	800
7	19/VII	31/VII	1/IX	7/IX	600	550	620	680
8	1/VIII	7/VIII	—	—	550	550	—	—
9	12/VIII	15/VIII	—	—	600	450	—	—
10	23/VIII	27/VIII	—	—	600	400	—	—
11	1/IX	10/IX	—	—	300	400	—	—
12	8/IX	—	—	—	300	—	—	—
13	23/IX	—	—	—	300	—	—	—

образования поверхностного стока воды, поливы проводились в этот период чаще и небольшими нормами (200—300 м³/га).

В производственных условиях, когда один агрегат ДДА-100М обслуживает площадь около 100 га, проводить частые поливы не-

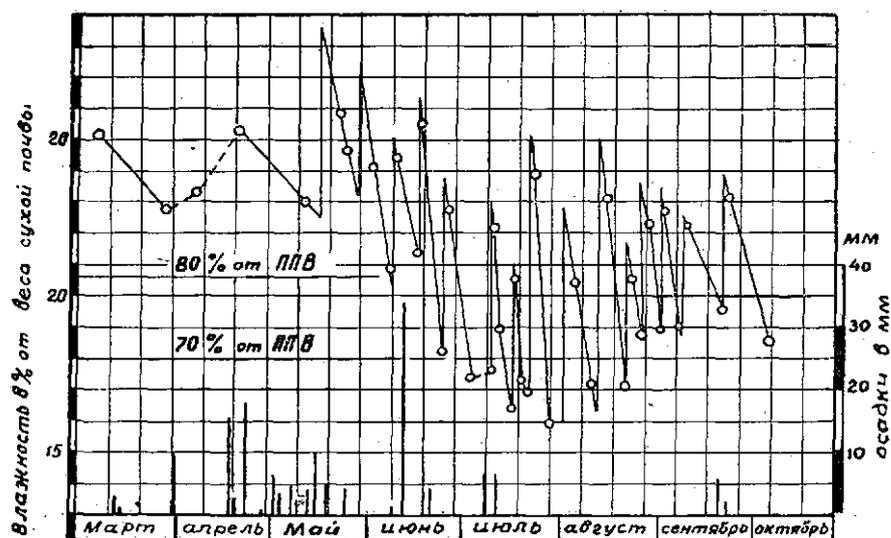


Рис. 4. Динамика влажности почвы при поливе дождевальным агрегатом ДДА-100М (1962 г.).

большими нормами не представляется возможным. Поэтому во второй период развития свеклы влажность корнеобитаемого слоя почвы была ниже оптимальной (рис. 4).

Таким образом, для поддержания оптимальной влажности почвы свекловичной плантации при дождевании целесообразно в конце второго периода развития свеклы (конец июля — первая половина августа) проводить частые поливы малыми нормами, для чего надо уменьшить в этот период нагрузку на один агрегат. А это не всегда возможно. Отсюда — лучше применять комбинированный способ полива, то есть в период максимального водопотребления сахарной свеклы (июль — август) целесообразно проводить один-два полива по бороздам нормами 800—900 м³, чтобы увлажнить полностью корнеобитаемый слой почвы. Поверхностные поливы в это время можно осуществлять при помощи поливных трубопроводов или поливной машины.

Динамика влажности почвы свекловичной плантации более благоприятна при поливе дождевальной установкой КДУ-55 (рис. 5).

Поливы здесь проводились каждые 6—8 дней.

Влажность корнеобитаемого слоя почвы на участках с поливом по бороздам и полосам на протяжении вегетации сахарной свеклы не опускалась ниже оптимальной.

Динамика прироста массы. Наблюдения за ростом надземной массы и корня свеклы осуществлялись путем взятия проб на вари-

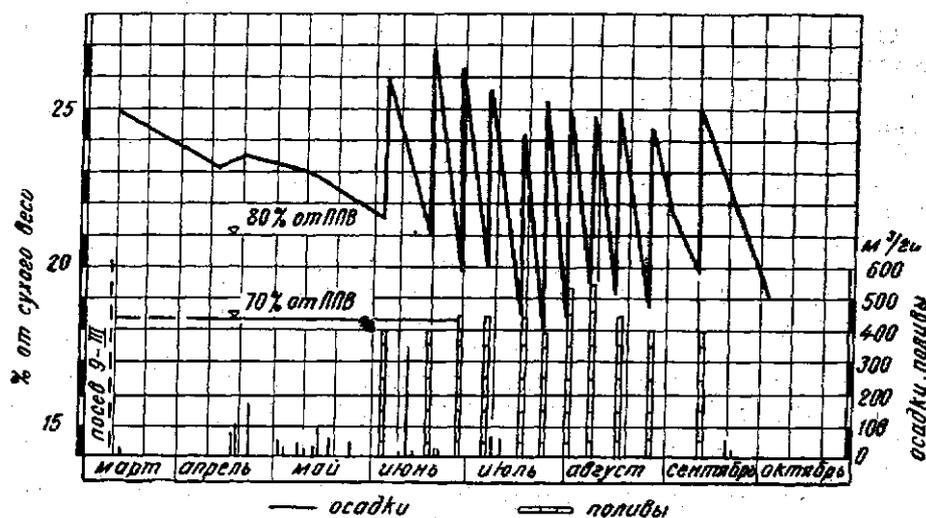


Рис. 5. Динамика влажности почвы при поливе дождевальной установкой КДУ-55 (1962 г.).

антах опыта. Они брались через 14—16 дней, начиная с июня и кончая уборкой. Проба составлялась из 40 растений с каждого варианта, которые выкапывались в шахматном порядке на специально выделенных участках. На всех вариантах в первый период происходит интенсивное накопление надземной массы, а затем — активный рост корнеплодов (табл. 4).

Таблица 4

Динамика прироста массы сахарной свеклы по вариантам опыта (средний вес в г)

Дата наблюдений	Полив дождеванием				По бороздам				Напуском			
	надземная масса		корнеплод		надземная масса		корнеплод		надземная масса		корнеплод	
	динамика накопления	суточный прирост										
7/VI	211	23,6	147	7,4	133	15,1	44	7,0	115	13	44	6,3
21/VI	546	21,6	150	9,4	345	19,1	142	7,95	297	16,3	132	7,7
4/VII	848	0,47	281	13,5	613	11,5	253	12,6	525	10	240	11,4
20/VII	855	-2,7	482	17,05	785	5	442	16,1	675	2,0	411	14,0
4/VIII	814	-1,8	737	9,0	860	-1,5	684	11,3	705	-5	622	7,8
20/VIII	785	-5,4	881	1,5	836	-4	865	2,38	625	-7,5	747	1,0
5/IX	698	-2,1	905	0,56	772	-2,7	903	1,5	505		763	0,5
5/X	635		922		690		948		460	-1,5	778	

Однако интенсивность роста сахарной свеклы в зависимости от ее возраста и способов полива различна. До июля более интенсивно шел процесс накопления зеленой массы при поливе свеклы дождеванием. В этот период максимальный суточный прирост надземной массы одного растения доходил до 23,9 г, тогда как при поливе по бороздам и напуском он не превышал 13—19 г. В начале июля суточный прирост при дождевании снизился до 0,47 г, что на 7—11 г меньше, чем при поливе по бороздам, и даже на 4—9 г меньше, чем при поливе напуском. Начиная с середины июля, на участках дождевания преобладает процесс отмирания старых листьев.

В течение второго периода развития свеклы наибольший прирост зеленой массы имеет место на варианте с поливом по бороздам. При этом способе затухание суточного прироста зеленой массы происходит более постепенно и только в конце первой декады августа наблюдается преобладание процесса отмирания старых листьев.

Примерно то же происходит с величиной суточного прироста массы корня. Вначале ее накопление идет интенсивнее при поливе дождеванием, а начиная с августа, — при поливе по бороздам. Перед уборкой все показатели по приросту массы при обоих поливах

становятся близкими. В худшем положении оказываются растения на участках с поливом напуском. При этом способе на протяжении всего вегетационного периода показатели были ниже, чем при поливах по бороздам и дождеванием (рис. 6).

Таким образом, полив дождеванием благоприятно действует на развитие сахарной свеклы в период укоренения и усиленного роста надземной массы и начала роста корнеплода. В это время дождевание вполне обеспечивает потребность растений во влаге, так как основная масса корней находится неглубоко, и расход влаги на их питание идет в основном из верхнего слоя почвы. Во второй период с развитием корневой системы и увеличением водопотребления растениями при дождевании, как и при поливе по бороздам, надо увеличивать поливные нормы или учащать поливы.

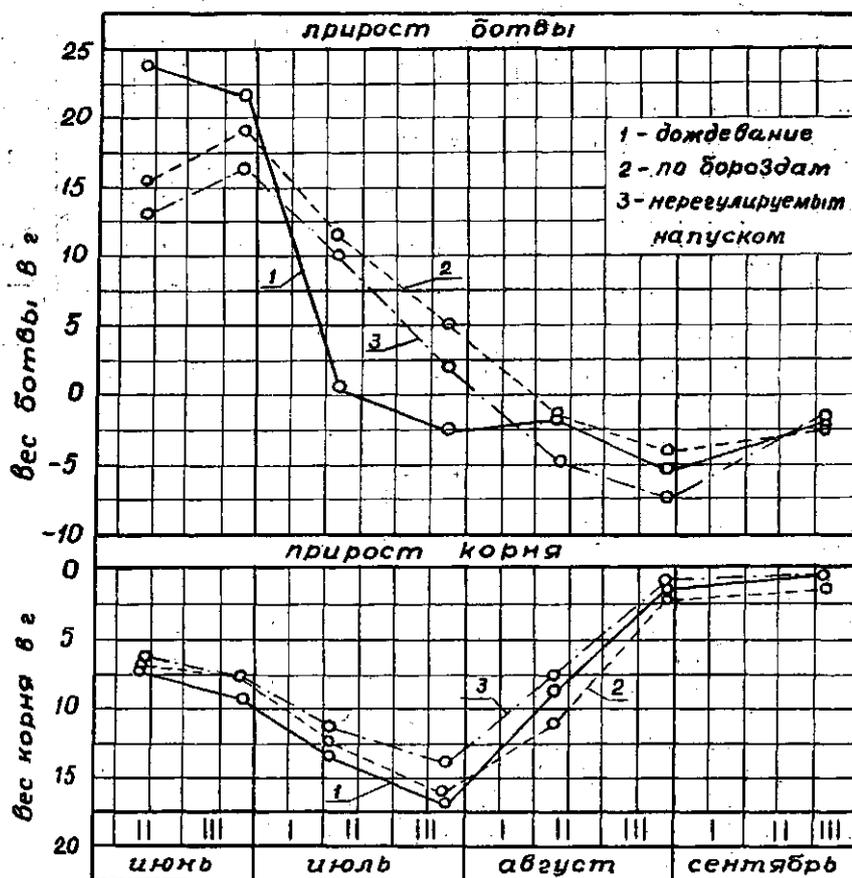


Рис. 6. Суточный прирост ботвы и корня сахарной свеклы при различных способах полива (1962 г.).

Урожай. Уборка и учет урожая были произведены со всей площади вариантов 5—10 октября. Данные таблицы 5 показывают значительные прибавки урожая корней свеклы при более прогрессивных способах полива. Прибавка от полива сахарной свеклы дождеванием по сравнению с нерегулируемым напуском составила 160—176 ц/га (39—43%), а при поливе по бороздам — 148 ц/га (36,3%). Прибавка урожая в данном случае является результатом высокой техники дождевания и бороздкового полива.

Таблица 5

**Влияние различных способов полива
на урожай и сахаристость свеклы**

Способы полива	Число поливов	Оросительн. норма, м ³ /га	Средний уро- жай корней, ц/га	Прибавка		Сахаристость, %	Выход сахара	
				ц/га	%		ц/га	при- бавка, ц/га
Дождевание агрегатом ДДА-100М	13	5 650	568	160	32,2	18,1	103	31,5
Дождевание установкой КДУ-55	11	5 050	584	176	43	17,9	104	32,5
По бороздам	7	5 540	556	148	36,3	18,5	103	31,5
Нерегулируемый напуск (контроль)	7	6 100	408	—	—	17,5	71,5	—

Из данных таблицы видно, что урожай корней сахарной свеклы и выход сахара на участках дождевания и качественного бороздкового полива близки между собой.

ВЫВОДЫ

1. Дождевание особенно эффективно в ранние периоды развития сахарной свеклы, когда не требуется глубокого увлажнения почвы.
2. Полив дождеванием и по бороздам повышает урожай корней сахарной свеклы по сравнению с поливом нерегулируемым напуском на 36—43%.
3. При поливе дождеванием, как и при поливе по бороздам, поливные нормы в конце второго периода развития свеклы необходимо увеличить на 10—20%.
4. Наибольший эффект дают частые поливы свеклы дождеванием нормой 300—450 м³/га с межполивным периодом в 6—8 дней.
5. Дождевальную машину ДДА-100М целесообразно превратить в универсальную, чтобы ее можно было использовать и как поливную.

Н. С. ГОРЮНОВ,
кандидат технических наук
Е. В. СУШКОВА, Н. И. ОГРЫЗКОВА,
научные сотрудники

ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СХЕМ ОРОШЕНИЯ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

Возделывание зернобобовых культур на орошаемых землях — дело новое. Известно лишь, что это культуры больших возможностей. В ближайшие годы они займут на орошаемых землях большие площади. Зернобобовые позволяют увеличить производство зерна, решить проблему обеспечения скота в необходимых количествах белковыми кормами и, накапливая в почве азот, способствуют повышению плодородия полей. Некоторые вопросы агротехники их возделывания в какой-то мере изучены, но режимы орошения и способы полива еще нет.

Отделом орошения Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства начато изучение режимов орошения и способов полива гороха и кормовых бобов. Получены интересные данные по физиологическим показателям, которые характеризуют влияние различной водообеспеченности на продуктивность этих культур.

Опыты проводились на полях областной сельскохозяйственной опытной станции и колхоза имени XXII съезда КПСС Джамбулской области. Почвы опытных участков — сероземы, по механическому составу — средние суглинки. Объемный вес метрового слоя колеблется около $1,37 \text{ г/см}^3$. Предельная полевая влагоемкость (ППВ) корнеобитаемого слоя почвы равна 24,1% по отношению к сухому весу. Грунтовые воды залегают ниже 2,5—3 м.

По климатическим особенностям район исследований относится к засушливо-жаркой зоне предгорий. Гидротермический коэффициент здесь равен 0,7—1,0, сумма положительных температур выше 10° составляет 3400—3600°, сумма осадков за год колеблется от 220 до 290 мм. Осадки преимущественно выпадают в теплый период года, максимумом — в апреле — мае. Вегетационный период для гороха в 1962 г. был влажным, когда выпало более половины годовой нормы осадков.

Опыты с каждой культурой закладывались в трех-четырёхкратной повторности. Площадь каждой делянки равнялась в среднем

400 м², а учетной — около 200 м². Для изучения были приняты следующие варианты по каждой культуре: первый — вегетационные поливы при снижении влажности корнеобитаемого слоя почвы до 60% предельной полевой влагоемкости, второй — вегетационные поливы при снижении влажности почвы до 70% ППВ, третий — вегетационные поливы при снижении влажности почвы до 80% ППВ и четвертый — контроль (без полива).

Предшественником обеих культур на опытном участке была сахарная свекла, посеянная в свою очередь после пшеницы. Способ посева гороха — узкорядный, бобов — гнездовой (70×60 см по 4—5 растений в гнезде). Агротехнические работы выполнялись на высоком уровне.

По всем вариантам одновременно проводились наблюдения за динамикой влажности почвы, приростом массы, развитием корневой системы, фенологией, концентрацией клеточного сока, транспирацией, оводненностью листьев, суммарным водопотреблением согласно рабочей программе. Все перечисленные исследования тесно увязывались с метеорологическими наблюдениями. Ниже излагаются краткие результаты наблюдений за основными физиологическими показателями отдельно по каждой культуре.

Горох. Массовые всходы появились на двенадцатый день после сева. На 28 день (25 апреля) средняя высота растений составила 7—8 см (4—5 листьев). На 41 день (8 мая) растения достигли высоты 27—30 см (8 листьев). Бутионизация отмечена на 54 день (21 мая), высота растений в это время уже была 60 см.

На третий день после первого полива наблюдалось посветление зеленой окраски листьев по сравнению с общим фоном на контрольных вариантах. Примерно через 6 дней окраска листьев выравнивалась с общим фоном. Цветение наступило на 57 день. После сильного дождя с градом (24—25 мая) горох на участке полег. Бобы появились на 61 день вегетации. Нижние бобы начали созревать около 25 июня.

Прирост надземной сухой массы и зерна гороха зависит от водообеспеченности. Динамика прироста надземной массы показана на рис. 1. Надземная масса гороха лучше развивалась на том варианте, где поливы проводились при влажности корнеобитаемого слоя почвы около 80% ППВ. Заметное различие по всем вариантам начинало сказываться только во второй половине мая, то есть в фазу бутонизации. Наиболее равномерный прирост зеленой массы наблюдался на варианте, где поливы производились при влажности почвы 70% ППВ.

Корневая система является основным органом, обеспечивающим растения влагой. Результаты исследований по этому вопросу приводятся на рис. 1 и в табл. 1.

Развитие корневой системы изучалось путем отмывки корней по известной методике Н. А. Качинского: послойно через 10 см с пло-

щади 0,25 м², в трехкратной повторности на каждом варианте по фазам развития. Установлено, что корневая система гороха в основном заканчивает свое формирование и развитие в начале появления бобов. В течение вегетации она развивается неравномерно и несколько опережает по интенсивности развитие надземной массы.

Лучшее развитие ее отмечено на варианте, где поливы гороха производились при влажности корнеобитаемого слоя около 80% ППВ.

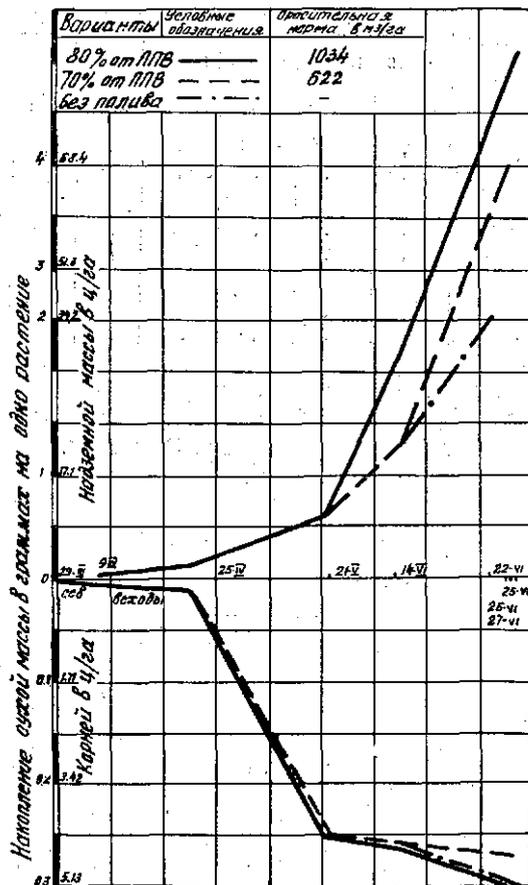


Рис. 1. Сравнительное развитие надземной массы и корневой системы гороха при различном поливном режиме (1962 г.).

Развитие корневой системы можно разделить примерно на четыре периода. В первый период (от всходов до конца апреля, когда появляется 4-й лист) идет интенсивное развитие корней. Их среднесуточный прирост в это время составляет 0,5 т/га, 95% всей массы корней распространяется на глубине 20 см и только 5% достигает 40 см. Надземная масса развивается слабо, высота растений достигает только 7—8 см.

Во второй период (от 4-го листа до бутонизации, примерно 26 дней) надземная масса развивается очень интенсивно, а 95% корневой системы распространяется в слое до 30 см, остальные корни углубляются до 50 см. Среднесуточный прирост корней

в этот период равняется 0,31 т/га.

Наиболее интенсивно корневая система развивается в фазу цветения (третий период). Появляются клубеньковые бактерии. Над-

земная масса достигает максимального прироста, а корни распространяются до 50 см глубины. На контрольном варианте (без полива) основная масса корней проникает в почву до 60 см, а 5% — до 70 см.

Таблица 1

Распределение корней и клубеньковых бактерий по слоям перед уборкой гороха (1962 г.)

Варианты опыта	Показатели	Распределение веса сухих корней и клубеньков по слоям в % от общего веса						
		0-10 см	10-20 см	20-30 см	30-40 см	40-50 см	50-60 см	60-70 см
Без полива	Корни	47,7	26,5	9,8	7,5	3,7	3,7	1,1
	Клубеньки	61,8	28,7	7,1	2,4	—	—	—
Поливы при достижении влажности почвы 70% ППВ	Корни	70,0	21,0	4,5	2,37	2,13	—	—
	Клубеньки	63,1	15,8	10,5	5,3	5,2	—	—
Поливы при достижении влажности почвы 80% ППВ	Корни	51,1	22,2	14,5	8,82	2,56	0,82	—
	Клубеньки	74,65	13,05	4,85	4,85	2,6	—	—

Четвертый период — появление бобов. В это время корневая система прекращает прирост, 95% ее достигает глубины 50 см и 5% — 60 см. Среднесуточный прирост корней равняется 0,06 т/га.

Клубеньковые бактерии распространяются на глубину до 60 см. Большая часть их на всех вариантах находится в верхних слоях почвы. На поливах в верхнем слое размещается 74% бактерий, а на варианте без полива — 62%.

Суммарный и среднесуточный расход влаги на посевах гороха по периодам и вариантам представлен в таблице 2.

Таблица 2

Суммарное водопотребление гороха (1962 г.)

Показатели	Расход воды по периодам, м ³ /га						
	27/III — 16/IV	16/IV — 3/V	3/V — 7/V	8/V — 22/V	27/V — 9/VI	13/VI — 25/VI	25/VI — 1/II

Поливы при влажности 80% ППВ

Всего за период	199	285	171	649	735	1 065	348
Среднесуточный расход	9,5	16,8	34,2	46,4	61,2	88,8	49,7

Вариант без полива

Всего за период	199	285	171	649	176	390	291
Среднесуточный расход	9,5	16,8	34,2	46,4	14	24,4	41,6

Максимальный расход влаги для орошения поля, засеянного горохом, наблюдается в период цветения и образования бобов и колеблется от 61,2 до 88,8 м³/га в сутки. На варианте без полива максимальное среднесуточное потребление воды — 46,4 м³/га. Транспирация и оводненность растений гороха определялись одновременно (табл. 3 и 4). Оводненность стебля гороха выше, чем листа. Самая высокая оводненность наблюдается в 9 часов утра, к 15 часам дня она падает. Оводненность зависит от влажности воздуха в приземном слое.

На варианте, где поливы проводились при влажности почвы 80% ППВ, оводненность более 84%, а на варианте без полива она ниже 65%. При влажности почвы 70% ППВ оводненность обычно колеблется около 80%. В это время начинают подсыхать нижние ярусы листьев.

Таблица 3

Величина оводненности растений гороха (10 мая 1962 г.)

Части растений	Оводненность, %				
	часы наблюдений				
	7	9	13	15	17
Лист	83,5	84,1	82,3	81,5	81,6
Стебель	86,2	87,1	82,1	86,9	85,5
Все растение	87	86,3	85,7	84,4	85

Высокая транспирация листьев наблюдается утром на всех вариантах, к вечеру она постепенно снижается. Зависимость транспирации от метеорологических факторов в течение дня обратна динамике оводненности.

Концентрация клеточного сока определялась рефрактометрическим методом. Пробы брались в десятикратной повторности с каждого варианта. Наблюдения проводились в 10 часов примерно через 3—5 дней. Изучалась также динамика концентрации клеточного сока в течение дня в зависимости от метеорологических факторов. В течение вегетационного периода 1962 года величина концентрации клеточного сока листьев изменялись так: 10 мая она равнялась 9%, 28 мая — 11,7 и 15 июля — 13,9%.

Как видим, концентрация клеточного сока — величина непостоянная. Она изменяется с возрастом растения, повышаясь к концу вегетационного периода. На изменение концентрации влияют внешние факторы: температура и влажность воздуха, осадки и влажность почвы. Она изменяется также и в течение дня (см. табл. 5 и 6).

Концентрация клеточного сока низа и верха стебля неодинакова. В течение дня она меняется в прямой зависимости от влажности

почвы и воздуха. Самая высокая концентрация наблюдается у листьев, средняя — у низа стеблей и самая минимальная — у верха стеблей.

Рассмотрев изменения показателей концентрации клеточного сока листьев гороха, следует заключить, что эта величина может служить характеристикой потребности растений во влаге. Анализ физиологических показателей и взаимосвязи их с внешней средой говорят о том, что для получения высокого урожая зерна и гороховой соломы необходимо поддерживать высокую влажность корнеобитаемого слоя почвы в течение всего периода вегетации (не ниже 80% ППВ).

Исходя из развития корневой системы, поливные нормы гороха на почвах с хорошей и средней водопроницаемостью колеблются от 600 до 800 м³/га. На слабопроницаемых почвах поливные нормы увеличиваются до 900—1 000 м³/га. Первый полив производится меньшей нормой. Поливы целесообразно проводить по фазам развития гороха (до бутонизации, бутонизация — цветение и созревание).

Кормовые бобы. Высокая влажность почвы в момент сева и после него обеспечила получение хороших и дружных всходов. Массовые всходы бобов появились на одиннадцатый день. Даты наступления фаз развития мало отличались друг от друга по вариантам.

По приросту массы в развитии кормовых бобов, выращиваемых на силос, можно выделить два периода: первый — от всхо-

Таблица 4

Динамика транспирации листа гороха (28 мая 1962 г.)

В а р и а н т	Часы наблюдения	Транспирация, г/м ²	Влажность воздуха, %				Температура воздуха				Температура почвы		
			в центре яруса	на уровне яруса	на 2-х м	%	в центре яруса	на уровне яруса	на 2-х м	на 5 см	10 см	20 см	
Без полива	9,00	19,1	63	64	55	47	20	21	16,2	20,4	18	18,5	16,9
	12,00	166,5	80	74	62	47	18,2	19,6	16,6	20,4	18,2	16,8	17,2
Поливы при 80% ППВ	12,00	18,9	50	53	56	48	25,6	25,4	24,4	23	24	22	18
	14,00	41,0	61	59	50	48	22,8	22,8	22,8	23	22,2	18	18,5
Без полива	14,00	11,8	54	51	42	50	24,8	24,1	23	25	25,2	24	19
	16,00	32,4	66	51	42	50	19,3	19,2	20,8	25	25,2	20,3	19,2
Поливы при 80% ППВ	16,00	9,7	58	57	46	48	22,8	22,4	24	24	28	23,5	20
		4,7	68	65	49	48	21,9	21,6	22,6	24	25	20	20

дов до бутонизации (с 30 марта по 19 мая) и второй — от бутонизации до начала образования завязи бобов. Первый период характеризуется замедленным ростом надземной массы (от 13 до 19% общего прироста), второй — ее интенсивным ростом (86% общего прироста).

Среднесуточный прирост сухой массы в первый период развития бобов на всех вариантах не изменялся и составлял 0,04 ц/га,

Таблица 5

Изменение концентрации клеточного сока в течение 10 мая 1962 г.

Место взятия проб и показатели	Концентрация клеточного сока, %					
	часы наблюдений					
	7	8	9	13	15	17
Листья	7,3	7,6	9,2	10,4	10,3	11,4
Верх стебля	4,4	5,0	4,9	5,3	5,3	6,0
Низ стебля	7,4	6,8	9,0	7,0	7,9	8,4
Относительная влажность воздуха в % на высоте 2-х м	58	72	78	71	53	61
Температура воздуха на высоте 2-х м, °С	18	20	19,9	25	27,3	27,5
Температура почвы на глубине 5 см, °С	14,5	15,0	15,5	19,5	21,5	22,0
Температура почвы на глубине 10 см, °С	16,5	16,5	15,8	18,0	19,0	19,5

Таблица 6

Концентрация клеточного сока листьев гороха в зависимости от метеорологических факторов (28 мая 1962 г.)

Варианты	Часы наблюдений	Концентрация клеточного сока, %	Относительная влажность воздуха, %					Температура воздуха			Температура почвы		
			на поверхности почвы	в середине яруса	на уровне яруса	на 2-х м	на поверхности почвы	в середине яруса	на уровне яруса	на 2-х м	5 см	10 см	20 см
Без полива	9	14,8	63	64	55	47	20	21	21,6	20,4	18	18,5	16,9
	12	16,9	50	53	56	48	25,6	25,4	24,4	23	24	22	18
	14	11,7	54	51	42	50	24,8	24,1	23	25	25,2	24	19,2
	16	12,0	58	57	46	48	22,8	22,4	24	24	28	23,5	20
С поливами	18	17,4	60	66	55	74	22,2	20	19,2	21,2	—	—	—
	9	11,7	80	74	62	47	18,2	19,6	21,0	20,4	18,2	16,8	17,2
	12	11,3	61	59	50	48	22,8	22,8	22,8	23	22,9	18	18,5
	14	11,1	86	82	59	50	19,3	19,2	20,8	25	25,2	20,3	19,2
	16	10,6	68	65	49	48	22,0	21,6	22,6	24	25	20	20
	18	11,7	60	71	54	53	22,2	19,0	20,7	21,4	—	—	—

а во втором периоде он равнялся 0,45 ц/га (полив при 70% ППВ) и 0,48 ц/га (полив при 80% ППВ).

Изучение корневой системы производилось путем послыной отмывки ее с площади питания одного гнезда (0,42 м²) на всех вариантах опыта в двукратной повторности. Наблюдения проводились в период образования третьего листа, бутонизации и цветения.

Исследования показали, что корневая система проникает в почву до 40—60 см на всех вариантах. Причем общая масса корней в этом слое в фазу бутонизации и цветения наблюдается больше на поливном варианте (вегетационные поливы при влажности почвы 80% ППВ). Основная масса корней кормовых бобов находится в верхнем пахотном слое — на глубине 20 см. В фазу образования третьего листа на всех вариантах в этом слое находилось 92% корней, в фазу бутонизации — 94,5% (полив при влажности почвы 70% ППВ) и 97,2% (полив при влажности почвы 80% ППВ).

В период образования третьего листа в корневой системе бобов было обнаружено незначительное количество клубеньковых бактерий. Наибольшее развитие их наблюдалось на третьем варианте (полив при влажности почвы 80% ППВ) в слое 10 см, в фазу бутонизации — 66,6% и в период цветения — 81,8%.

Определение концентрации клеточного сока бобов производилось так же, как и у гороха. В начальный период развития растений для определения концентрации срезали листья 3-го яруса, затем, по мере их роста и развития, пробы брали из 4-го, 6-го и 8-го ярусов. Наблюдения проводили в 10 часов утра. Результаты этих исследований представлены в таблицах 7, 8 и 9. Они показывают, что пониженная концентрация клеточного сока листьев на поливном варианте (полив при влажности почвы 80% ППВ) в сравнении с неполовным наблюдалась в течение всего периода вегетации. Это говорит о том, что влажность почвы играет исключительно важную роль.

Таблица 7

Концентрация клеточного сока
листьев кормовых бобов (1962 г.)

Варианты и показатели	Концентрация клеточного сока, %					
	10/V	16/V	17/V	22/V	26/V	29/V
Без поливов	8,5	10,4	9,0	9,4	10,7	12,4
Поливы при влажности 80% ППВ	8,5	8,7	9,2	9,1	10,3	12,3
Температура воздуха, °С.	23,6	21,0	19,0	22,6	28,0	28,5
Осадки, мм	—	2	2	3	—	—

Установлено, что концентрация клеточного сока бобов в начальный период их развития увеличивается по ярусам листьев сверху

вниз. В нижней части стебля концентрация меньше, чем в верхней (табл. 8).

Таблица 8

Изменение концентрации клеточного сока по ярусам листьев (10 мая 1962 г.)

Часы наблюдений	Концентрация клеточного сока, %					
	стебля		листья			
	нижняя часть	верхняя часть	1-й ярус	2-й ярус	3-й ярус	4-й ярус
7	3,7	4,1	7,1	7,6	7,7	8,3
10	4,1	5,3	7,9	8,3	9,6	11,2
13	4,1	5,2	8,2	9,8	10,4	11,0
15	4,6	5,3	9,2	9,3	10,4	10,8
17	4,4	5,7	9,8	10,0	10,6	11,2

Изучалось также влияние некоторых метеорологических факторов на величину концентрации клеточного сока бобов (табл. 9).

Таблица 9

Концентрация клеточного сока бобов и метеорологические условия

Дата наблюдений	Часы наблюдений	Варианты									
		Поливы при влажности почвы 70 % ППВ					Поливы при влажности почвы 80 % ППВ				
		конц. кл. сока листа, %	отн. влажность воздуха, %	температура воздуха на высоте 2-х м	температура почвы на глубине 10 см	влажность почвы в % от абсолют. сух. почвы в слое 0-60 см	конц. кл. сока листа, %	относительная влажность воздуха, %	температура воздуха на высоте 2-х м	температура почвы на глубине 10 см	влажность почвы в % абс. сух. почвы в слое 0-60 см
10 мая	7	8,3	74	18,5	14,6	25,2	8,3	74	18,5	14,6	25,2
	9	11,2	71	21,4	16,1	—	11,2	71	21,4	16,1	—
	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	13	11,0	65	25,1	20,2	—	11,0	65	25,1	20,2	—
	15	11,8	52	27,4	21,9	—	11,8	52	27,4	21,9	—
29 мая	17	11,2	54	27,2	22,3	—	11,2	54	27,2	22,3	—
	9	12,4	59	22,4	19,2	21,03	12,40	58	22,2	19,5	23,68
	11	11,9	51	25,2	20,5	—	11,9	48	25,2	21,5	—
	13	12,2	43	25,9	20,4	—	13,6	45	25,7	20,8	—
	15	15,7	40	25,4	20,7	—	16,3	40	25,4	20,8	—
	17	17,2	31	25,8	25,1	—	16,8	31	25,8	25,6	—
	19	16,1	49	25,0	25,0	—	16,0	34	25,0	25,3	—

Как видно из таблицы, при увеличении влажности и понижении температуры воздуха концентрация клеточного сока уменьшается и, наоборот, при снижении влажности и повышении температуры воздуха увеличивается. Концентрация клеточного сока уменьшается

также с понижением температуры почвы и увеличивается с ее повышением. В течение дня пониженная концентрация наблюдается в утренние часы, затем с 13 часов идет ее повышение и к 19 часам она снова снижается.

Предварительные данные позволяют заключить, что физиологические показатели могут служить оценкой оптимальной схемы орошения кормовых бобов. При их орошении, учитывая развитие корневой системы, по-видимому, надо ориентироваться на увлажнение 60-сантиметрового слоя почвы. Для получения высокого урожая бобов влажность корнеобитаемого слоя почвы надо поддерживать около 80% предельной полевой влагоемкости. Тогда поливные нормы для легких и средних почв примерно будут равны 600—800 м³/га, а на тяжелых почвах их необходимо увеличивать до 900—1 100 м³/га.

*Н. В. ДАНИЛЬЧЕНКО,
научный сотрудник*

*И. Н. ПАК,
старший инженер*

ОАЗИСНОЕ ОРОШЕНИЕ НА ПАСТБИЩАХ ПУСТЫНИ МУЮНКУМЫ

В пустынных и полупустынных районах Казахстана одной из наиболее прибыльных отраслей народного хозяйства является животноводство, развитию которого Коммунистическая партия и Советское правительство уделяют исключительно большое внимание. Народнохозяйственным планом нашей страны к 1980 году в Казахстане предполагается в несколько раз увеличить общественное поголовье скота. Причем его рост будет идти в основном за счет овцеводства.

В постановлении Совета Министров СССР (1964 г.) указывается, что для дальнейшего развития овцеводства в Казахской ССР необходимо осваивать пустынные и полупустынные пастбища, которые в настоящее время используются совершенно недостаточно. В связи с этим наряду с обводнительными работами намечены конкретные мероприятия по увеличению производства кормов в первую очередь за счет организации лиманного и регулярного орошения.

В освоении пустынных и полупустынных пастбищ Южного Казахстана большое значение имеет развитие оазисного орошения. На территории безводных пустынь Кзыл-кумов, Муюнкумов и Бет-Пак-Далы, по данным АН Казахской ССР, имеются громадные запасы грунтовых и артезианских вод, которые могут использоваться как для водоснабжения, так и для орошения.

В последние годы на территории некоторых южных областей пробурено свыше 300 самоизливающихся скважин с общим расходом воды более 3 500 л/сек. Дебит некоторых из них достигает 50—60 л/сек, а отдельные фонтанирующие скважины дают 100 л/сек. К сожалению, сейчас они преимущественно используются для целей водоснабжения, на что расходуется не более 0,5% изливающейся воды. Остальная же ее часть идет на затопление и заболачивание прилегающих земель (рис. 1, 2).

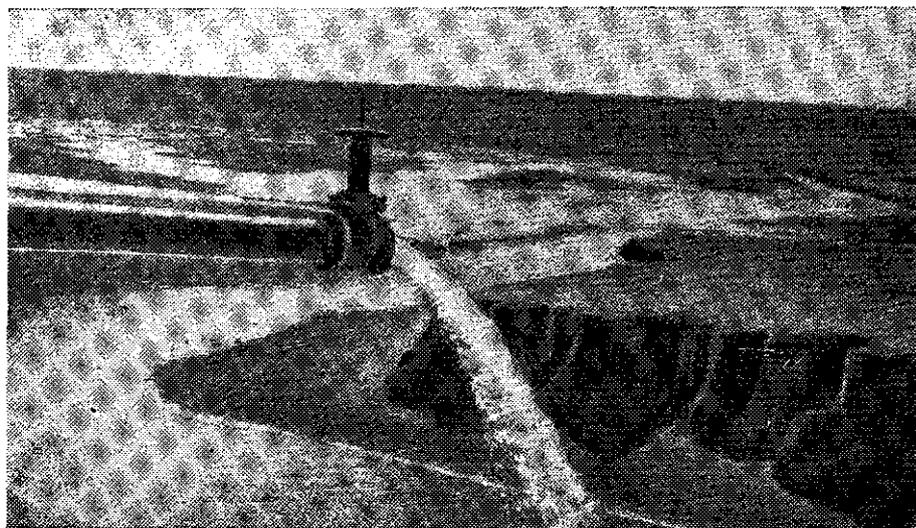


Рис. 1. Самоизливающаяся скважина в предпесковой зоне Муюнкумов.

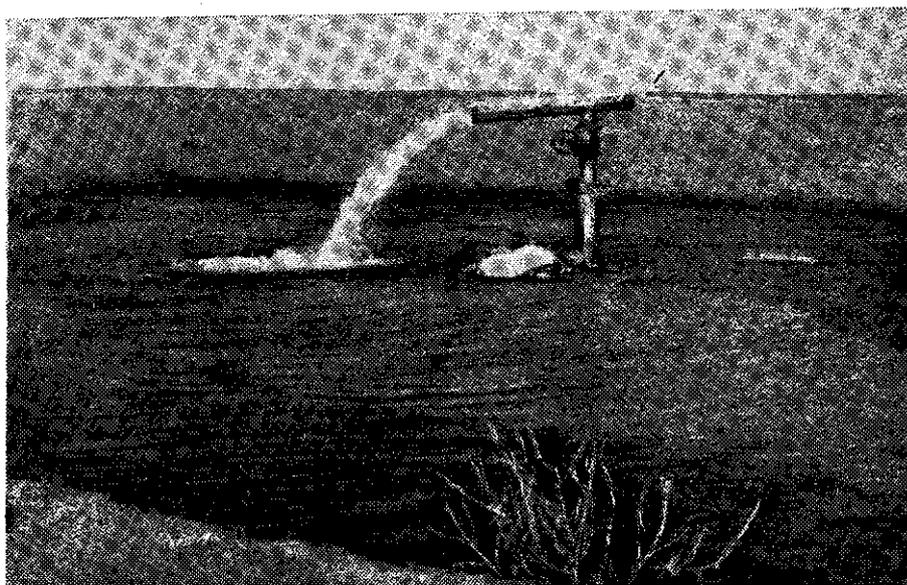


Рис. 2. Самоизливающаяся скважина в межбарханном понижении пустыни Муюнкумы.

Между тем, как показывают работы Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства, на базе самоизливающихся подземных вод можно с успехом развивать оазисное орошение в целях создания страховых запасов кормов для скота и обеспечения животноводов свежими овощами и картофелем. В 1963—64 гг. сотрудниками отдела оазисного орошения КазНИИВХ на территории Сузакского производственного управления Чимкентской области проведены полевые опыты по изучению приемов оазисного орошения на пастбищах пустыни Муюнкумы.

Опыты проводились на землях овцесовхоза имени Калинина, в межбарханном понижении предпесковой зоны Муюнкумов (урочище Кара-Суан). У самоизливающейся скважины № 152 с расходом 7,5 л/сек была построена закрытая оросительная система для орошения площади в 4 га. Вода из скважины поступала в резервуар, а из него—в систему подземных трубопроводов (самотеком или же с помощью насоса с двигателем Т-62). Разбор воды из системы

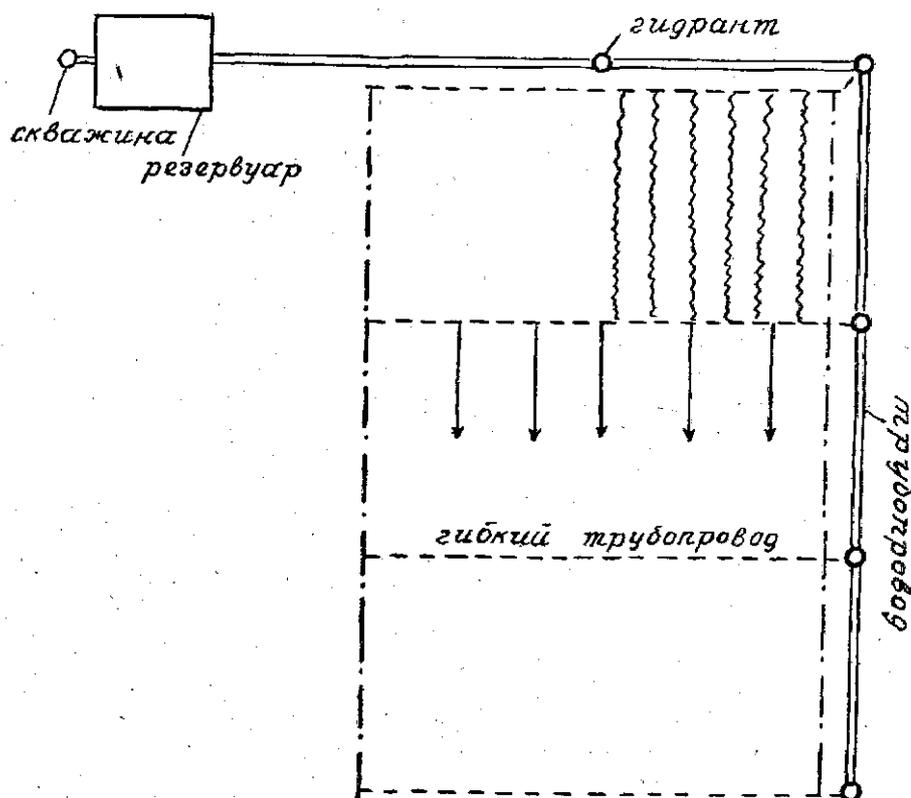


Рис. 3. Схема системы орошения из закрытых трубопроводов в пустыне Муюнкумы.

осуществлялся через гидранты, а распределение по полю — дождевальными установками КДУ-55 и гибкими поливными трубопроводами (рис. 3).

Учитывая, что специфичность почвенных и климатических условий пустыни затрудняет переносить сюда опыт ирригационной и сельскохозяйственной практики из других районов орошаемого земледелия, а с агро-экономической точки зрения выращивание овощекормовых культур в пустыне Муюнкумы является делом новым и во многих отношениях неизученным, институтом проводились комплексные исследования ряда вопросов, необходимых для решения практических задач по проектированию, строительству и эксплуатации участков оазисного орошения.

В 1963—1964 гг. изучались оптимальные режимы орошения сельскохозяйственных культур, способы и техника поливов, эффективность минеральных и органических удобрений на песчаных почвах. В 1963 г. на опытном участке были посеяны: кукуруза ВИР-156 и Воронежская 76, сорго Таджикское комовое и Техас 60, картофель, арбузы. В 1964 г. из-за низкой урожайности кукуруза Воронежская 76 и сорго Техас 60 не высевались. Вместо них были посеяны огурцы и помидоры.

Почвы опытного участка представлены легкими супесями с содержанием гумуса 0,5%, объемным весом 1,5—1,7 г/см³, полевой влагоемкостью 8—10% от веса сухой почвы и скоростью впитывания более 10 мм/мин. Песчаные фракции в метровом слое составляют 80—85%.

Климат места исследований отличается жарким и сухим летом. Среднемесячные температуры воздуха в июне — августе достигают 25—30°C, а скорости ветра — 4—5 м/сек. Осадки за вегетационный период не превышают 30—50 мм.

Несмотря на неблагоприятные погодноклиматические условия, в 1963—1964 гг. получен урожай зерна кукурузы ВИР-156 от 10 до 59, а зеленой массы — от 80 до 400 ц/га в зависимости от режима водообеспеченности, удобрений и уровня агротехники. Урожай зеленой массы сорго Таджикское комовое достиг на лучших вариантах 400, а люцерны на сено было собрано за 3 укоса (4/VI, 3/VII и 8/VIII) более 89 ц/га.

Достаточно высокие урожаи получены и овощебахчевых культур. Так, урожай картофеля в 1963 г. в пересчете на гектар составил почти 100 и в 1964 — около 150, арбузов — соответственно 405 и 390 ц.

Проведенные институтом опыты показывают, что природные особенности пустынных пастбищ предъявляют особые требования к ирригационному освоению земель и системе агротехнических мероприятий по возделыванию сельскохозяйственных культур. С учетом результатов двухлетних исследований эти требования кратко можно сформулировать следующим образом.

1. Постоянная ирригационная сеть должна быть закрытой и по возможности напорной. Это позволяет не только избежать потерь воды на фильтрацию в глубокие слои почвы и испарение с водной поверхности, которые на песках в условиях постоянных суховеев достигают значительных размеров, но и применять нужную поливную технику и высокопроизводительные способы полива. При закрытой водоподводящей и распределительной сети упрощается эксплуатация и сокращаются затраты на поддержание системы в рабочем состоянии.

2. Для предохранения посевов от действия суховеев и заноса песком участки оазисного орошения желательно защитить лесопосадками. Для этой цели могут быть использованы вяз мелколистый, тополь пирамидальный, акация, ива древовидная и другие лесные породы.

3. Режим орошения сельскохозяйственных культур должен назначаться исходя из условий бесперебойного снабжения растений водой в течение всего вегетационного периода. Нижний предел предполивной влажности на песчаных почвах следует поддерживать на уровне 50—55% полевой влагоемкости.

Оптимальные размеры поливных норм с учетом развития корневой системы растений и биоклиматических поправок изменяются в течение вегетационного периода в пределах 600—900 м³/га при бороздковом поливе и 500—800 м³/га при орошении дождеванием. Продолжительность межполивных периодов определяется интенсивностью суточного расхода воды с поля (на транспирацию растений и испарение из почвы), который составляет к моменту проведения первого полива 40—50 и в дальнейшем, при полном смыкании растительности, достигает 80—90 м³/га. С учетом интенсивности суточного водопотребления и размеров поливных норм межполивные периоды изменяются от 12—14 дней в начале и конце вегетации, до 8—10 дней — в середине.

Размер оросительных норм и число поливов зависят от длины вегетационного периода и режима водопотребления. Оросительная норма для кукурузы ВПР-156 составляет 6 500—7 500, для картофеля — 5 500—6 500, для арбузов — 4 500—5 500 м³/га. В таблице 1 приводятся данные урожайности кукурузы в зависимости от режима ее водообеспеченности.

4. Способы и техника полива должны подбираться с учетом максимальной экономии оросительной воды. При орошении дождеванием в дневное время почвоувлажнительный эффект составляет лишь 55—60%. Остальная часть воды испаряется в момент полива и в первые часы после его прекращения. В целях повышения продуктивности использования воды при поливе дождеванием его следует проводить в утреннее, вечернее и ночное время.

Изучение впитывающей способности песчаных почв показывает, что интенсивность дождя существующих дождевальными машинами и

Таблица 1

Зависимость урожая кукурузы от водообеспеченности (1963 г.)

Варианты	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га	Урожай, ц/га	
			зерна	зеленой массы
<i>ВИР 156</i>				
50—55% ППВ	6 800	6 665	59,2	409
45—50% ППВ	5 800	5 665	47,0	360
<i>Воронежская 76</i>				
50—55% ППВ	4 725	4 590	40,8	166
45—50% ППВ	4 150	4 025	29,9	159

установок может быть резко увеличена без ухудшения качества поливов (образования луж и поверхностного стока). Это позволит повысить их производительность и поднять продуктивность использования воды при орошении дождеванием.

При поливе по бороздам на участках с уклонами 0,005—0,01 длина поливных борозд не должна превышать 60—70, а при меньших уклонах — 40—50 м. При поливе по вдавленным или уплотненным бороздам их длина может быть несколько увеличена. Для распределения воды вместо выводных борозд можно применять гибкие или же подпочвенные закрытые трубопроводы с отверстиями по ширине междурядий. Нормальная работа гибких поливных трубопроводов обеспечивается при напоре не менее 1,5—2,0, а подпочвенных, уложенных ниже пахотного слоя, — 5—10 м. Необходимый для работы трубопроводов напор может создаваться как самотеком, так и за счет подкачки.

Наиболее равномерное увлажнение песчаных почв по длине борозд могут обеспечить поливные или дождевально-поливные машины, а экономное использование воды может быть достигнуто путем внутрпочвенного орошения.

5. Эффективность возделывания сельскохозяйственных культур в пустынных оазисах во многом зависит от удобрений, что наглядно показано в табл. 2.

Таким образом, при одинаковой водообеспеченности урожай зерна на удобренном участке оказался почти в 6 раз, а зеленой массы более чем в 3 раза выше, чем без удобрений. Аналогичные результаты получены и в опытах 1964 г.

Для выращивания высоких урожаев при оазисном орошении необходимо ежегодно вносить по 20—30 т органических удобрений. С этой целью можно использовать овечьих навоз, запасы которого в достаточном количестве имеются в местах зимнего содержания скота. Навоз можно вносить как осенью, так и весной, но обязательно

Таблица 2
Влияние удобрений на урожай кукурузы при оазисном орошении на песчаных почвах (1963) г.)

Варианты	Урожай, ц/га	
	з е р н а	зеленой массы
<i>ВИР 156</i>		
Без удобрений	10,0	121
30 т навоза + 1,8 ц мочевины	59,2	409
<i>Воронежская 76</i>		
Без удобрений	16,0	53
30 т навоза	29,9	159
30 т навоза + 1,8 ц мочевины	40,8	166

под глубокую перепашку. Из минеральных удобрений надо вносить преимущественно азотные в виде многократных подкормок малыми дозами.

6. Обработка почвы должна проводиться с учетом предупреждения ветровой эрозии. Для этого все мероприятия, связанные с рыхлением почвы (пахота, культивация, нарезка поливных борозд и др.), необходимо осуществлять только при наличии в пахотном слое достаточных запасов влаги.

7. Подбор культур для возделывания в оазисах должен производиться исходя из природно-климатических и организационно-хозяйственных условий. Как показал опыт, здесь можно выращивать кукурузу, сорго, люцерну, арбузы, дыни, картофель, огурцы, помидоры.

Расчеты показывают, что при соблюдении перечисленных выше требований к оазисному орошению, одного литра расхода скважины достаточно для орошения не менее гектара земель. При урожае зеленой массы кукурузы в 300—350 ц или люцерны на сено 80 ц каждый гектар может обеспечить кормами до 200 голов овец. Следовательно, чтобы создать страховой запас кормов для отары в 1 000 голов, достаточно иметь участок оазисного орошения площадью 5—10 га.

Сравнение себестоимости получаемой при оазисном орошении продукции с затратами на ее завоз из других районов свидетельствует об экономической целесообразности развития орошения в пустынях. При этом наряду с обеспечением растущего поголовья скота дешевыми кормами улучшается использование водно-земельных ресурсов и местных удобрений (навоза). Попутно решаются вопросы культурно-бытового характера. На участках орошения можно строить дома отдыха для чабанов, профилактории, школы-интернаты и т. д.

Улучшение культурно-бытовых условий людей позволит привлечь для работы в животноводстве молодые кадры. Сейчас молодежь из-за отсутствия таких условий на отгонных и зимних пастбищах не проявляет особого желания идти на работу в овцеводство, хотя зарплата здесь не ниже, чем в других отраслях сельскохозяйственного производства. Например, среднемесячный заработок чабанов в 1962 г. составил от 80 до 130 рублей.

Отсутствие закрепленных за овцеводческими бригадами благоустроенных баз при сезонном характере использования зимних пастбищ неизбежно ведет к кочевому образу жизни чабанов, затрудняет разделение труда внутри бригады. Создание участков оазисного орошения в комплексе с благоустроенными зданиями, озелененными декоративными и фруктовыми насаждениями, позволит четко разграничить обязанности между членами бригады, предоставлять им выходные дни и отпуска и тем самым даст возможность улучшить быт и поднять культуру животноводов до уровня работников других отраслей сельскохозяйственного производства.

Таким образом, развитие оазисного орошения ускорит выполнение решений ЦК КПСС и Совета Министров СССР об освоении пустынных территорий, приведет к дальнейшему подъему животноводства.

И. Х. ВЕЙЦМАН,
научный сотрудник

ОРОШЕНИЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ДОЖДЕВАНИЕМ

Опыты по выращиванию сахарной свеклы при орошении дождеванием проводились в 1961—1962 гг. на опорном пункте института водного хозяйства, расположенном в 30 км северо-восточнее гор. Алма-Аты. Почвы опытных участков здесь представлены слабозасоленными сероземами. По механическому составу их можно отнести к средним и тяжелым суглинкам. Грунтовые, сильно минерализованные воды залегают на глубине 2—2,5 м.

Целью исследований являлось установление оптимального поливного режима при орошении сахарной свеклы дождеванием. Для этого вся площадь опытного участка, составляющая около 6,0 га, была разбита на делянки 0,42 га каждая, на которых изучались различные поливные режимы.

На общем агрономическом фоне исследовались следующие варианты: 1) полив дождеванием с порогом предполивной влажности почвы 60% ППВ*; 2) то же при 70% ППВ; 3) то же при 80% ППВ; 4) то же при 90% ППВ; 5) полив по бороздам с порогом предполивной влажности почвы 60% ППВ; 6) то же при 70% ППВ; 7) полив напуском по полосам с порогом предполивной влажности почвы 70% ППВ и контроль без поливов. Опыты ставились в трехкратной повторности.

Посев проводился в середине апреля свекловичной сеялкой с междурядьем 45 см и глубиной заделки семян 4—6 см. В течение вегетационного периода была проведена шаровка вручную, прореживание и проверка всходов, две тракторные культивации междурядий и две прополки.

В опыте 1961 г. удобрения в почву не вносились, а в 1962 г. весной были внесены из расчета: навоза — 15,0 т/га, суперфосфата — 5 ц/га, сульфата аммония — 3 ц/га. Затем была произведена пере-

* Поливы проводятся при достижении влажности почвы 60% от предельной полевой влагоемкости почвы. В нашем случае ППВ составляло 23,3% по отношению к сухому весу.

пашка поля на глубину 15—18 см с заделкой удобрений и боронованием. В середине июля, к моменту полного смыкания рядков, одновременно с очередным поливом была дана одна подкормка сульфатом аммония в растворенном виде из расчета 3 ц/га. Уборка проводилась в первых числах октября.

В течение всего вегетационного периода проводились наблюдения за микроклиматическими условиями, динамикой влажности почв, изменениями структурного состава и плотности почвы, скоростью впитывания оросительной воды, интенсивностью испарения в момент дождевания, приростом массы растений и сахаристостью, фенологические наблюдения.

Дождевание осуществлялось короткоструйной дождевальной установкой марки КДУ-55.

Наряду с поливным режимом огромное значение для жизнедеятельности растений имеет и сам способ орошения. Для сравнения нами одновременно изучались три различных способа орошения — дождевание, полив по бороздам и полив напуском по полосам. Все на одинаковом фоне режима орошения (70% ППВ).

Как показали результаты опытов 1961 г., когда удобрения не применялись, самый высокий урожай был получен при орошении дождеванием. В табл. 1 приводится урожайность сахарной свеклы, полученная по вариантам без применения удобрений при поливах с порогом предполивной влажности 70% ППВ. Если принять урожайность при поливе напуском по полосам за 100%, то урожайность при поливе по бороздам и дождеванием соответственно составила 144 и 220%, а условный выход сахара с единицы площади — 140 и 196%.

Таблица 1
Зависимость урожая корней сахарной свеклы от способов полива (1961 г.)

Способ полива	Кол-во поливов	Оросит. норма, м ³ /га	Урожай, ц/га	Сахаристость, %	Условный выход сахара, ц/га
Дождевание	4	2 000	317	15,6	49,0
По бороздам	3	2 300	206	17,1	35,0
Напуском	3	2 430	143	17,5	25,0
Без поливов	—	—	84	19,1	16,0

В опытах 1962 г. вариант с поливами напуском по полосам был исключен как неэкономичный и введен вариант с частыми поливами. На этом варианте поливы проводились поливными нормами по 170—250 м³/га. При таком поливном режиме верхний слой почвы в пределах 0—25 см, где расположена основная масса активных кор-

ней, постоянно находится в достаточно увлажненном состоянии, а нижележащие недоувлажнялись. Поэтому в конце июля на этом варианте был дан полив нормой 600 м³/га.

В таблице 2 приводится урожайность сахарной свеклы при различных режимах орошения.

Таблица 2

Урожайность сахарной свеклы при различных режимах орошения (1962 г.)

Способ полива и варианты	Кол-во поливов	Оросит. норма, м ³ /га	Урожай, ц/га	Сахаристость, %	Условный выход сахара, ц/га
Дождевание при 60% ППВ . . .	2	1 400	495	16,6	82,2
Дождевание при 70% ППВ . . .	4	2 180	560	16,4	91,8
Дождевание при 80% ППВ . . .	6	2 290	645	16,4	106,0
Частые поливы . . .	13	2 530	805	15,8	127,0
По бороздам при 60% ППВ . . .	2	1 690	460	16,2	74,6
По бороздам при 70% ППВ . . .	4	2 720	500	15,9	79,5

Из приведенных данных видно, что по мере увеличения числа поливов или повышения порога предполивной влажности почвы урожайность, а вместе с ней и выход сахара с единицы площади значительно возрастет. Особый интерес представляет вариант с частыми поливами. Здесь, при незначительном увеличении оросительной нормы, урожай увеличивается. Это объясняется благоприятными для жизни, развития и роста растений агрометеорологическими условиями, возникающими благодаря частым поливам.

При прочих равных условиях орошение дождеванием по сравнению с поливами по бороздам дало в наших опытах прибавку урожая сахарной свеклы от 10 до 40%. Кроме того, орошение дождеванием позволяет производить поливы любыми по величине поливными нормами и тем самым достигать запланированного поливного режима. Между тем при поливе по бороздам применение малых поливных норм затруднено или совершенно невозможно.

Наблюдения за динамикой структурного состава почвы показали следующее: чем чаще чередуются увлажнение и иссушение почвы, тем интенсивнее протекает процесс дисперсирования почвенной массы и увеличивается общая скважность почвы. Резко сокращается число почвенных агрегатов размером меньше 0,25 мм и улучшается аэрация почвы, что положительно влияет на ее воздушный и питательный режимы.

Кроме того, при дождевании оросительная вода, будучи мелко распыленной в воздухе, обогащается кислородом.

Развитие корневой системы сахарной свеклы находится в тесной связи с поливным режимом. При частых поливах малыми поливными нормами корни растений достигают незначительной глубины — 45—55 см, при этом растения в основном поглощают воду из пахотного горизонта почвы, богатого питательными веществами. Корнеплоды покрыты густой сетью физиологически активных корневых ответвлений и имеют утолщенную форму, диаметр которых в отдельных случаях достигает 18—20 см. На вариантах с редкими поливами большой нормой корнеплоды имеют вытянутую форму с небольшим числом корневых ответвлений, стержневой корень достигает значительной глубины. В табл. 3 приводится суточный прирост массы корня по вариантам.

Таблица 3

Прирост массы корня в опытах 1962 г.

Способы полива и варианты	Прирост массы корня с 31/VII по 15/VIII			Прирост массы корня с 3/IX по 18/IX		
	прирост, г	суточный прирост, г	суточный прирост в % к средней массе корня	прирост, г	суточный прирост, г	суточный прирост в % к средней массе корня
Дождевание при 60% ППВ.	71	4,4	0,65	182	12,1	1,76
Дождевание при 70% ППВ.	95	6,0	0,85	85	5,7	0,81
Дождевание при 80% ППВ.	170	10,6	1,30	50	3,3	0,43
Дождевание (частые поливы)	260	16,0	2,40	38	2,5	0,26
По бороздам при 60% ППВ.	56	3,5	0,48	132	8,8	1,21
По бороздам при 70% ППВ.	130	8,1	1,03	92	6,1	0,82

Как видно из таблицы, на варианте с частыми поливами малыми нормами прирост массы корня в сентябре практически прекратился, а на вариантах с редкими поливами большими нормами в первой половине сентября прирост массы корня даже возрос по сравнению с предыдущим периодом.

Технико-экономические расчеты показали, насколько экономически выгодно применять дождевание при орошении сахарной свеклы. Даже в условиях применения малопродуктивной дождевальной установки КДУ-55М себестоимость 1 ц сахарной свеклы при орошении дождеванием ниже, чем при поливе по бороздам или напуском по полосам (табл. 4).

Таблица 4

Себестоимость производства сахарной свеклы

Способы полива и варианты	Урожай, ц/га	Издержки в руб. на 1 га посева				Себестоимость 1 ц продукции, руб.
		сельско-хозяйственные	мелнора-тивные	накладные	всего	
<i>1961 год</i>						
Дождевание при 60% ППВ	222	207	16	26	249	1,12
Дождевание при 70% ППВ	314	241	30	31	302	0,97
Дождевание при 80% ППВ	340	256	37	34	327	0,96
По бороздам при 70% ППВ	206	202	34	27	263	1,27
Напуском при 70% ППВ	143	179	34	25	238	1,66
<i>1962 год</i>						
Дождевание при 60% ППВ	495	343	15	48	406	0,81
Дождевание при 70% ППВ	560	366	32	50	448	0,80
Дождевание при 80% ППВ	645	393	34	53	480	0,74
Дождевание (частые поливы)	805	453	38	61	552	0,65
По бороздам при 60% ППВ	460	329	17	43	389	0,85
По бороздам при 70% ППВ	500	344	25	46	415	0,83

Минимальная себестоимость соответствует варианту с частыми поливами. При использовании высокопроизводительных дождевальных агрегатов, таких как ДДА-100М, мелиоративные издержки еще сократятся и соответственно снизится себестоимость центнера продукции.

Благодаря тому, что орошение дождеванием применяется преимущественно на легких почвах и поливы при этом производятся частые, малыми нормами, почти исключается возможность потерь оросительной воды на сток с орошаемого поля и на глубинную фильтрацию. Таким образом, почти вся оросительная вода локализуется в системе «почва — растения — воздух» и все составляющие ее расхода: испарение в момент дождевания, испарение с почвы и транспирация, непосредственно участвуют в процессе формирования микроклимата орошаемого поля. Не меньшую роль в формировании микроклимата играет поливной режим, то есть нормы и сроки поливов, в зависимости от которых складывается динамика влажности почвы. Для изучения микроклимата орошаемого свекловичного поля, как говорилось выше, были проведены специальные исследования.

Они проводились в предгорной зоне Заилийского Алатау на полях опорного пункта института водного хозяйства и в колхозе «40 лет Казахской ССР» Энбекши-Казахского производственного управления Алма-Атинской области.

В 1963 году наблюдения были организованы в колхозе «40 лет

Казахской ССР». Метеопост был установлен в центре орошаемого дождеванием поля площадью 30 га, занятого сахарной свеклой. Контролем для сравнения служило соседнее поле, поливаемое по бороздам, также занятое сахарной свеклой и отстоящее от него на расстоянии 150 м. Расстояние между метеопостами составляло 500 м. Лесополос или открытых водоемов, могущих повлиять на микроклимат, поблизости не было. Рельеф и почвы изучаемых полей были идентичны.

Поле, орошаемое дождеванием, получило 8 поливов со средней поливной нормой 400 м³/га, на контроле было дано 6 поливов со средней поливной нормой 900 м³/га. Комплекс агротехнических мероприятий на этих полях ничем не отличался от общей схемы агротехнических мероприятий возделывания сахарной свеклы, принятой в колхозе.

В 1962 году наблюдения проводились на опорном пункте института водного хозяйства. Для сравнения были выбраны два варианта: вариант I — поливы при влажности почвы не ниже 70% ППВ; вариант II — частые поливы малыми нормами.

На первом варианте было дано 4 полива со средней поливной нормой 720 м³/га, на втором варианте — 13 поливов со средней поливной нормой 190 м³/га. Дождевание осуществлялось короткоструйными дождевальными установками КДУ-55М от передвижных насосных станций.

Виды и способы метеонаблюдений во всех случаях были одинаковыми и проводились в стандартное время: 7, 13 и 19 часов. Влажность воздуха определялась аспирационными психрометрами на высоте 20 и 150 см. Отсчеты брались в трехкратной повторности с подзаводкой аспиратора и повторным смачиванием термометра. На тех же высотах определялись суточные максимальные и минимальные температуры воздуха. Температура почвы измерялась непосредственно в рядах термощупами на глубине 5, 10 и 20 см. Скорость ветра определялась ручными анемометрами на высоте 150 сантиметров.

Известно, что суточная амплитуда колебания температур почвы хорошо выражена в верхних горизонтах корнеобитаемого слоя. Начиная с глубины 20 см, суточные колебания температур достигают всего 2—5° и на глубине 50 см почти полностью затухают. Таким образом, слой почвы 0—20 см является наиболее важным для изучения теплового режима почвы. С другой стороны, как раз в этом горизонте расположена основная масса физиологически активных корней растений.

В таблице 5 приводятся результаты наблюдений за температурой почвы в 13 часов при орошении дождеванием и по бороздам.

Температура почвы во всем пахотном слое ниже при орошении дождеванием в среднем на один градус, а в отдельные дни — на 2—3°.

Таблица 5

Температура почвы при различных способах орошения в 13 часов (1963 г.)

Дата наблюдений	Г л у б и н а, с м							
	5		10		20		0—20	
	дожде- вание	по бо- роздам	дожде- вание	по бо- роздам	дожде- вание	по бо- роздам	дожде- вание	по бо- роздам
16 июля	27,8	24,2	25,0	23,6	21,5	22,7	24,7	23,5
18 июля	25,2	26,0	25,0	24,0	24,1	24,0	24,7	24,7
19 июля	25,8	25,0	24,6	24,8	22,2	23,0	24,1	24,0
20 июля	25,1	26,0	24,4	25,1	23,5	24,2	24,3	25,0
22 июля	23,8	24,1	22,6	23,8	21,9	22,6	22,8	23,4
23 июля	22,2	26,5	22,0	24,9	21,4	23,1	21,8	24,9
24 июля	24,4	27,2	23,2	26,5	22,4	23,8	23,3	25,8
25 июля	26,5	28,5	25,3	27,4	23,3	24,3	25,0	26,8
26 июля	27,2	28,1	26,1	27,1	24,3	25,2	25,8	26,9
27 июля	26,6	27,1	25,3	25,8	23,6	24,6	25,1	25,8
29 июля	25,8	21,0	23,7	21,1	22,1	22,0	23,8	21,4
30 июля	25,7	21,2	26,8	21,1	23,4	22,8	25,2	21,7
31 июля	29,8	21,3	28,2	21,2	23,8	22,6	27,2	21,7
1 августа	24,8	24,8	25,0	23,7	22,6	22,8	24,1	23,8
2 августа	26,8	26,4	25,8	25,8	23,0	23,1	25,1	25,1
3 августа	26,4	27,6	26,2	26,8	23,6	23,8	25,3	26,0
5 августа	22,0	23,7	23,0	23,4	21,5	22,9	22,2	23,4
6 августа	21,2	24,0	20,2	23,2	20,1	22,6	20,5	23,3
8 августа	21,1	24,5	22,4	23,3	21,4	22,6	21,6	23,5
9 августа	24,3	29,5	25,7	27,2	22,6	23,8	24,1	26,8
10 августа	22,7	27,3	24,1	26,7	22,3	23,4	23,0	25,4
12 августа	25,2	27,2	25,5	26,0	22,7	23,2	24,4	25,4
13 августа	24,2	26,6	23,1	25,8	21,9	23,0	23,1	25,1
14 августа	25,0	27,0	23,7	28,0	21,6	24,1	23,4	26,3
15 августа	24,2	26,3	24,5	26,1	21,8	23,6	23,4	25,3
16 августа	25,0	27,8	24,0	27,1	21,5	23,9	23,4	26,3
Средняя	24,9	25,7	24,0	24,9	22,4	23,4	23,8	24,7

Вместе с тем следует отметить, что оросительная норма при дождевании составила всего $3\ 200\ м^3/га$, тогда как при поливе по бороздам она равнялась $5\ 400\ м^3/га$, или в 1,7 раза была больше.

В таблице 6 приводятся результаты наблюдений за температурой почвы в 19 часов при различных поливных режимах дождеванием.

Результаты наблюдений за температурой почвы при различных поливных режимах явно говорят в пользу частых поливов. Они позволили в самые жаркие дни снизить температуру почвы на $5-6^\circ$ и, наоборот 11 августа, когда резко снизилась температура воздуха, на варианте с частыми поливами температура почвы оказалась на 2 градуса выше, чем на варианте с предполивной влажностью 70% ППВ.

Таблица 6

Температура почвы при различных режимах орошения в 19 часов (1962 г.)

Дата наблюдений	Глубина и слой, см							
	5		10		20		0 — 20	
	70% ППВ	осве-жит.	70% ППВ	осве-жит.	70% ППВ	осве-жит.	70% ППВ	осве-жит.
16 июля	34,1	28,3	31,6	24,2	29,8	23,8	31,3	25,4
17 июля	34,0	29,4	31,4	27,0	28,9	24,2	31,0	26,8
18 июля	33,2	30,6	32,0	29,8	28,9	27,7	31,0	29,3
19 июля	33,3	26,8	30,1	25,3	27,9	24,2	30,4	25,4
20 июля	34,2	26,5	31,1	25,7	28,4	24,0	31,2	25,4
21 июля	31,2	28,4	30,2	27,6	27,5	26,8	29,5	27,5
23 июля	34,1	27,2	32,3	26,9	28,8	25,4	31,7	26,5
24 июля	27,3	29,0	26,6	28,1	25,9	24,9	26,6	27,3
25 июля	28,0	22,8	25,3	26,4	23,2	24,3	25,4	26,1
26 июля	28,1	28,2	28,0	27,6	27,5	24,3	27,9	26,7
27 июля	30,3	27,3	27,0	26,5	26,9	24,8	28,0	26,2
28 июля	28,4	26,8	24,6	27,2	25,8	23,9	26,2	26,0
30 июля	26,6	26,8	25,6	24,4	24,9	24,2	25,7	25,1
31 июля	28,4	29,2	27,3	27,4	25,6	26,0	27,1	27,5
1 августа	29,2	30,0	26,4	28,9	24,8	26,4	26,8	28,4
2 августа	31,8	26,7	29,8	25,7	26,3	23,2	29,3	25,2
3 августа	33,4	29,9	32,3	28,6	24,8	24,8	30	27,7
4 августа	30,6	29,8	28,6	27,2	26,8	25,9	28,6	27,6
7 августа	23,2	23,4	21,3	25,6	24,0	24,8	22,8	24,6
8 августа	28,1	29,7	23,9	24,1	22,7	22,9	24,8	25,5
10 августа	29,0	33,3	22,5	23,2	21,2	20,3	24,2	22,2
11 августа	16,4	16,7	17,8	20,8	18,8	21,4	17,7	19,6
12 августа	26,1	26,6	23,3	23,3	21,3	21,8	23,5	23,9
13 августа	22,7	24,1	22,5	23,3	21,5	22,2	22,2	23,1
15 августа	23,2	23,8	22,8	22,7	21,7	21,6	22,6	22,7
16 августа	23,8	23,9	22,7	22,9	21,9	21,8	22,8	22,9
Средняя	28,7	26,9	23,7	22,3	21,8	20,8	24,7	23,3

Наблюдения за максимальными температурами приземного слоя воздуха позволили установить, что при орошении дождеванием пики максимальных температур несколько срезаются и среднемаксимальная температура за период с 16 июля по 16 августа при дождевании на $0,9^\circ$ ниже, чем при поливе по бороздам, хотя на каждый гектар, орошаемый по бороздам, было израсходовано оросительной воды почти в два раза больше.

На рис. 1 изображен ход максимальных температур на высоте 20 см при различных способах орошения. На высоте 150 см разница максимальных температур при различных способах орошения менее заметна и составила за тот же период времени $0,6$ градуса. Сопоставляя максимальные температуры приземного слоя воздуха при различных поливных режимах (рис. 2) видно, что при освежительных поливах максимальные температуры в отдельных случаях

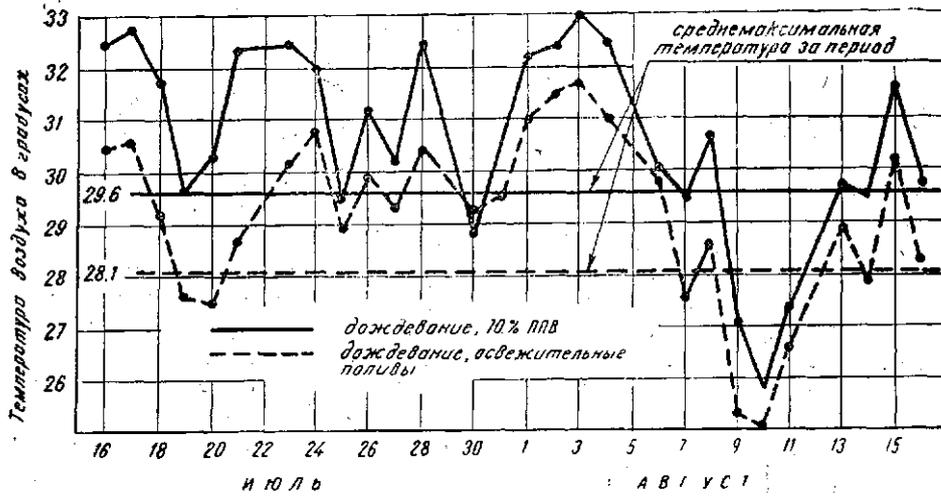


Рис. 1. Максимальные суточные температуры на высоте 20 см (1962 г.).

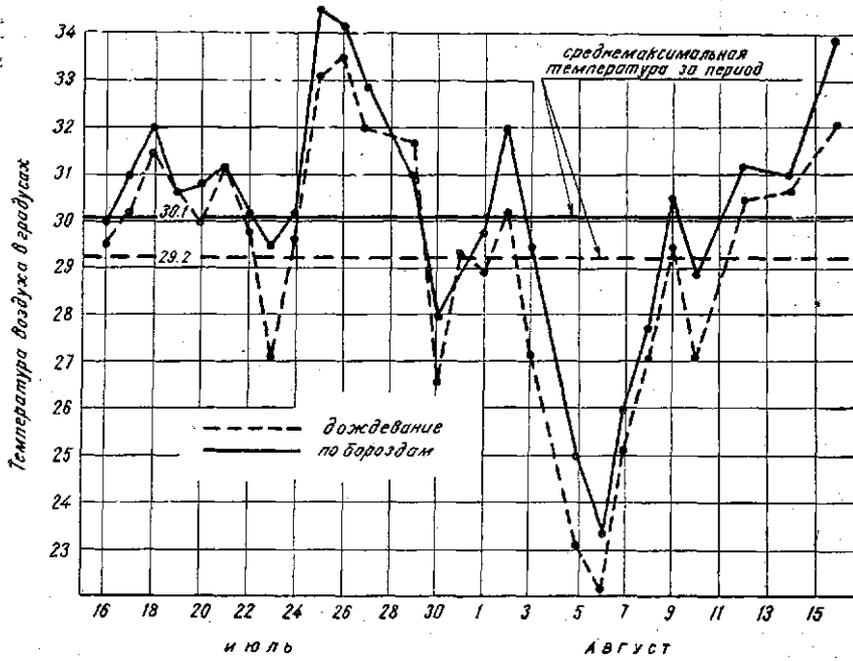


Рис. 2. Максимальные суточные температуры на высоте 20 см (1963 г.).

снижались на 3—4 градуса по сравнению с вариантом при предположительной влажности почвы 70% ППВ, где было дано 4 полива. При этом среднемаксимальная разница за весь период составила 1,5 градуса.

В табл. 7 приводятся значения относительной влажности приземного слоя воздуха при различных способах полива, полученных в 13 и 19 часов. В 7 часов влажность воздуха, как правило, была достаточно высокой и мало отличалась по вариантам.

Как видно из приведенной таблицы, на протяжении всего периода, за исключением нескольких дней, при дождевании относительная влажность воздуха выше, чем при орошении по бороздам. В среднем эта разница составляет на высоте 20 см 9—11% и на высоте 150 см — 3—5%.

Таблица 7

Значения относительной влажности воздуха (1963 г.)

Время наблюдений	13 часов				19 часов			
	20 см		150 см		20 см		150 см	
	дожде- вание	по бороз- дам						
16 июля	52	60	41	44	93	88	59	53
17 июля	—	—	—	—	81	76	50	52
18 июля	59	49	38	25	75	56	40	38
19 июля	52	42	27	25	88	78	56	55
22 июля	82	71	53	48	88	78	66	52
23 июля	77	67	49	45	83	71	66	59
24 июля	67	63	44	35	82	77	56	51
25 июля	64	55	53	44	64	55	49	43
26 июля	65	49	43	37	79	75	59	58
27 июля	33	38	34	39	38	39	38	40
29 июля	70	65	50	55	74	70	53	62
30 июля	65	69	47	55	70	61	47	59
31 июля	58	56	39	41	67	74	42	50
1 августа	75	72	52	52	76	71	55	52
2 августа	60	52	44	42	71	73	50	57
3 августа	72	61	57	43	—	—	—	—
5 августа	78	68	65	58	95	86	82	80
6 августа	89	78	60	52	92	83	65	56
7 августа	63	47	50	43	70	53	53	50
8 августа	74	58	56	47	94	90	78	20
9 августа	76	59	48	40	95	66	68	51
10 августа	88	74	60	54	93	80	69	60
12 августа	67	57	57	51	—	—	—	—
14 августа	70	52	54	44	96	94	86	81
15 августа	75	59	49	47	—	—	—	—
16 августа	66	49	45	52	94	59	61	51
реднее	69	58	49	44	81	72	58	55

Аналогичные данные получены в результате наблюдений за влажностью воздуха при различных поливных режимах в 1962 году (табл. 8).

Таблица 8

Значения относительной влажности воздуха (1962 г.)

Время наблюдений	13 часов				19 часов			
	20 см		150 см		20 см		150 см	
	70% ППВ	частые поливы	70% ППВ	частые поливы	70% ППВ	частые поливы	70% ППВ	частые поливы
16 июля	18	20	20	19	42	43	21	17
17 июля	18	41	16	18	26	31	24	41
18 июля	37	38	34	35	31	32	30	34
19 июля	34	47	34	39	36	44	28	40
20 июля	38	46	34	36	43	60	45	46
21 июля	27	35	37	36	68	70	44	56
23 июля	28	39	35	33	36	38	26	29
24 июля	25	35	31	34	42	43	48	49
25 июля	41	57	39	47	42	43	48	49
26 июля	29	32	25	33	38	48	25	47
27 июля	41	51	34	38	39	69	42	52
28 июля	50	70	53	77	41	48	48	49
30 июля	35	33	32	30	49	40	45	38
31 июля	37	36	35	37	39	39	35	38
1 августа	38	41	41	38	41	37	45	36
2 августа	35	39	37	39	57	74	30	38
3 августа	31	33	28	29	41	42	31	43
4 августа	44	52	44	46	42	48	42	48
6 августа	41	52	40	49	—	—	—	—
7 августа	43	60	42	51	91	92	90	93
8 августа	50	66	48	51	56	57	52	52
10 августа	43	56	30	52	41	59	38	54
11 августа	55	69	37	44	53	54	51	56
13 августа	32	54	34	44	53	66	58	59
14 августа	31	43	32	43	46	75	33	49
Среднее	36,1	46,6	34,8	40,1	45,6	52,2	39,1	46,3

Относительная влажность воздуха на варианте с частыми поливами оказалась на 7—10% выше, чем на варианте с предполивной влажностью 70% ППВ.

Приведенные результаты наблюдений достаточно убедительно показывают, что дождевание и в особенности частые поливы небольшими нормами способствует созданию на орошаемом поле более благоприятных агрометеорологических условий, положительно влияющих на урожай.

Наблюдаемое при дождевании понижение максимальных температур приземного слоя воздуха и в верхних горизонтах корнеоби-

таемого слоя почвы на несколько градусов, а также увеличение относительной влажности приземного слоя воздуха на 8—10% в условиях жаркой сухой погоды уменьшает напряженность отрицательных метеорологических факторов, способствует замедлению потерь воды растениями на транспирацию и сокращает величину испарения с поверхности почвы.

Учитывая результаты наших полевых исследований, а также отдела механизации поливов института по изучению установки ДДА-100М (В. Носенко, Р. Кван, Н. Боровенский) можно сделать следующие выводы:

1. Орошение сахарной свеклы дождеванием повышает урожай;
2. Оптимальным поливным режимом при орошении дождеванием сахарной свеклы следует считать:

а) при использовании двухконсольной дождевальной установки ДДА-100М — комбинированный режим, при котором в течение всего вегетационного периода даются частые поливы нормой около 300—400 м³/га и в самое жаркое время периода — 1—2 полива по 600—800 и более м³/га;

б) при использовании дождевальных установок позиционного действия, таких, как КДУ-55М, ДДН-45, ДДП-30С — режим орошения, где влажность почвы поддерживается не ниже 80% ППВ, где также в начале августа необходимо давать 1—2 полива нормой по 600—800 и более м³/га.

*В. П. ЗЫБИН, Г. Я. ЯН,
научные сотрудники*

МАШИНА ВНУТРИПОЧВЕННОГО ОРОШЕНИЯ С ЗАБОРОМ ВОДЫ ИЗ ГИБКОГО ТРУБОПРОВОДА

Одним из способов орошения, наиболее полно отвечающим требованиям сельскохозяйственного производства, является машинное внутрипочвенное орошение. При этом способе вода вносится непосредственно в почву, причем у ее поверхности остается неувлажненным рыхлый слой, предохраняющий влагу от интенсивного испарения.

При внутрипочвенном орошении по сравнению с поверхностными способами полива и дождеванием значительно уменьшается суммарный расход влаги полем. К тому же коэффициент использования воды растениями, по данным ряда авторов, достигает 85—90%. Снижаются и требования к планировке полей. Кроме того, вместе с увлажнением в почву можно вносить удобрения и гербициды, осуществлять междурядную обработку пропашных культур.

Однако внутрипочвенное машинное орошение полей практически пока еще не применяется. Объясняется это тем, что до сих пор не разработан рациональный способ подвода воды к машине внутрипочвенного орошения. Подводить же воду с помощью открытых оросителей нерационально. Дело в том, что машина может подавать воду одновременно не более, чем в 7 междурядий, так как с увеличением количества рабочих органов увеличивается тяговое сопротивление. Иными словами, рабочая ширина захвата машины составляет не более 4,2 м (при ширине междурядий 60 см и семи рабочих органах). Из одного оросителя при двухстороннем командовании машина сможет подать воду не более чем в 14 междурядий (двойная ширина захвата машины), то есть временные оросители придется нарезать через каждые 8—9 метров.

Возникает острая необходимость в разработке принципиально нового способа подвода воды к машине внутрипочвенного орошения, а также к другим поливным и дождевальным агрегатам. Частично этот вопрос может быть решен за счет применения закрытых транспортирующих трубопроводов. Но, во-первых, это приведет к

резкому увеличению капитальных затрат и, во-вторых, позволит применять машины только позиционного действия.

Имеются попытки решить вопрос за счет применения гибких транспортирующих трубопроводов обычной конструкции. Однако этот способ далеко несовершенен, так как в данном случае приходится транспортировать трубопровод, наполненный водой (агрегат ПОФ-40). Следует отметить и изобретение П. И. Денисова, который в качестве трубопровода, позволяющего осуществлять водозабор по всей его длине, предложил использовать текстолитовую полосу, загнутую в трубу и обматываемую тонкими стальными лентами.

Имеется и ряд других изобретений и предложений по конструкции устройств для подвода воды к движущимся поливным и дождевальным агрегатам (трубопроводы с различными замковыми устройствами, клапанами, раскладные желоба и т. п.), но пока ни одно из них не может быть использовано в производственных условиях, так как они либо имеют серьезные недостатки, либо находятся в стадии разработки и исследования.

Сотрудники Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства Г. В. Воропаев, В. Ф. Носенко и авторы данной статьи с 1960 г. проводили работу по созданию различных конструкций гибкого трубопровода, позволяющего забирать воду по всей его длине. Изучались конструкции, работающие по принципу склеивания несовпадающих отверстий двухслойного трубопровода, трубопровода с застежкой-молнией и т. д. Рассматривался и способ подвода воды к машине с помощью гибкого полиэтиленового трубопровода за счет его сжимания на водоприемной трубе. Коэффициент сжимания составляет $1/100$, то есть для трубопровода в 400 м длина консольной части водоприемной трубы равняется 4 м.

Из всех рассмотренных способов подвода воды к машине внутриводного орошения наиболее приемлемым оказался гибкий трубопровод с замком в виде обоймы и сердечника. Мы стремились сконструировать его так, чтобы обеспечивались надежная герметизация, прочное соединение резины замка с полотном, чтобы усилие на вырыв сердечника из обоймы было не менее 3 кг/пог см , а потеря прочности замка после 1500 открываний его не превышала 10% от первоначальной. В соответствии с этим было разработано семь вариантов конструкций замка из резины и изготовлено столько же образцов (рис. 1).

Образцы изготавливались из сырой резины путем протягивания ее на шприц-машине через специальные протяжки, затем они вулканизировались. Для подбора наиболее упругой, прочной и долговечной резины были опробованы различные виды каучуков: синтетический бутадиеновый СКБ-30, СКБ-45, натуральный НК-0,58, НК-0,60 и комбинации СКБ-30+45 с натуральным каучуком. В качестве наполнителя резины применялась ламповая сажа с различ-

Таблица 1

Рецептура резины, применявшаяся при изготовлении опытных образцов замка
гибкого трубопровода (в весовых частях)

№ п. п.	Каучук и наполнители	Номера рецептов резины											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Синтетический каучук СКБ-30+45	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	50,00
2	Натуральный каучук НК-0,58—0,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	100	100
3	Каптакс	1,52	1,52	1,63	1,63	1,90	2,69	1,76	1,76	1,76	1,10	1,10	2,01
4	Сера	3,39	3,39	3,77	3,77	2,61	4,61	3,19	3,19	3,19	4,62	4,62	3,44
5	Турам	0,129	0,129	0,14	0,14	—	—	0,14	0,14	0,14	—	—	—
6	Сажа ламповая	136,50	136,50	137,00	137	108,00	—	122,00	122,00	122,00	183,54	183,54	—
7	Рубрекс	—	—	0,95	0,95	3,09	—	2,02	2,02	2,02	—	—	—
8	Олеиновая кислота	2,87	2,87	3,17	3,17	2,61	1,54	2,80	2,80	2,80	15,02	15,02	1,12
9	Окись цинка	0,77	0,77	0,90	0,90	2,86	8,84	1,88	1,88	1,88	8,81	8,81	6,62
10	Машинное масло	21,70	26,00	24,10	28,80	16,65	7,88	22,72	22,72	22,72	7,51	7,51	5,72
11	Регенерат	21,50	21,50	23,80	23,80	—	—	23,80	23,80	23,80	—	—	—
12	Мел	—	—	—	—	—	76,80	—	—	—	—	—	57,20
13	Каолин	—	—	—	—	—	76,80	—	—	—	—	—	57,20
14	Д. Ф. Г.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	Гипсон	—	—	—	—	—	190,00	—	—	—	15,02	15,02	—
	Итого	288,379	292,679	295,46	300,16	232,72	568,96	238,15	238,15	238,15	435,62	435,62	283,30

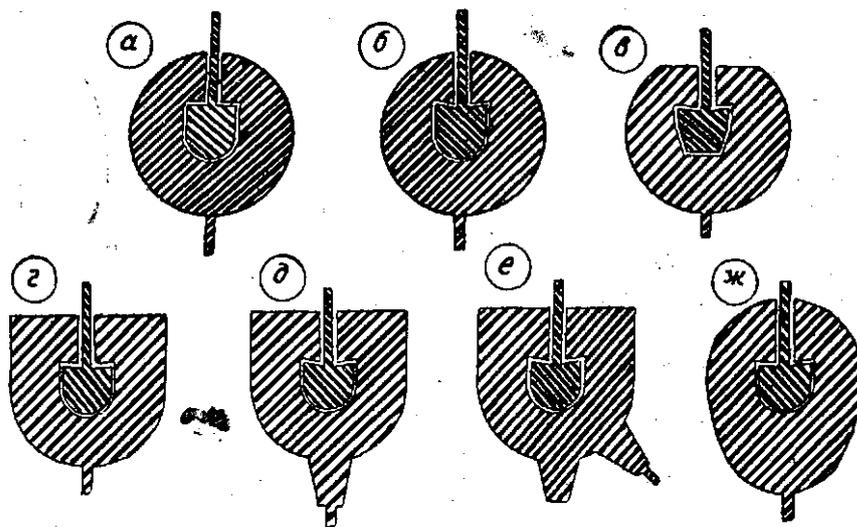


Рис. 1. Варианты конструкций замка для гибкого трубопровода.

ным содержанием ее на сто весовых частей каучука. Рецептура этих резин приведена в таблице 1.

Образцы обоймы изготавливались размерами от 20×20 мм до 33×34 мм, а сердечника — от 6×6 мм до 12×12 мм. Кроме варьирования состава резины, габаритов и формы замка, изменялось и время вулканизации образцов от 20 до 90 минут (см. рис. 2).

Испытания опытных образцов замка на прочность и долговечность (при многократном открывании обоймы) проводились на разрывной машине. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

В таблицу не включены результаты испытаний образцов третьего и шестого вариантов конструкций замка, так как они после испытаний были отвергнуты. Испытания образцов показали, что наиболее удовлетворяет требованиям 5-й вариант конструкции замка с размерами обоймы 30×30 мм и сердечника— 8×6 мм. Лучшей для замка явилась резина, изготовленная по рецепту № 8 (комбинация синтетического каучука СКБ-45 с натуральным—НК-0,60). Она имеет наибольшую твердость и наименьшую остаточную деформацию.

Для изготовления цельного трубопровода с замком необходимо было отыскать способ соединения обоймы и сердечника с полотном трубопровода. Такие способы, как склеивание полотна с вулканизированной обоймой и сердечником или спрессовка сырой резины замка с полотном на каландрах (этот способ обычно применяется на заводах резиновых изделий), нами были испробованы и отвергнуты, так как дали непрочные соединения. Трудность заделки по-

№ образца	Сечение замка											№ резцов	Время выкатки зацпи в мин при 143°С	В форме пресс-низощ. намере	Время выкатки замка в мин			
	Обойма	Сердечник	Размеры в мм															
			a	b	c	d	e	f	k	l	m					n		
			5,8	4,7	—	5,7	20,7	21,3	6,0	7,2	—	—	—	—	3	—	60	508
			8,6	6,5	2,0	6,4	23,9	21,4	8,5	7,5	2,0	—	—	2	—	50	613	
			7,3	5,7	2,0	6,6	22,8	21,5	8,5	7,5	2,0	—	—	1	90	—	580	
			5,4	4,5	2,0	7,0	30,4	20,4	8,0	6,2	2,0	—	—	2	35	—	1420	
			11,0	6,2	2,0	9,0	30,8	30,7	12,5	10,5	3,0	—	—	1	—	50	1089	
			11,8	9,3	2,0	9,0	33,6	34,0	12,0	10,5	3,0	—	—	4	50	—	1283	
			9,3	6,1	2,0	11,3	31,7	31,5	12,0	11,5	3,0	—	—	8	—	45	1207	
			8,0	4,1	2,0	13,2	33,0	34,2	11,2	7,4	2,0	—	—	7	—	28	1291	
			6,9	4,5	2,0	8,1	22,0	24,0	8,2	7,0	2,0	10	8	—	95	733		
			7,2	5,8	2,0	7,9	21,7	22,5	8,5	7,5	2,0	10	4	90	—	672		
			6,0	5,5	2,0	9,5	25,0	27,0	8,0	7,2	2,0	10	6	—	60	937		
			7,0	4,6	2,0	8,3	23,0	24,0	8,3	8,2	2,0	10	2	45	—	709		
			5,9	5,0	2,0	7,5	20,8	20,9	8,5	6,7	2,0	10	8	—	60	525		
			8,2	6,1	2,0	8,1	30,2	30,3	8,2	6,1	2,0	10	8	20	—	785		

Рис. 2. Основные варианты поперечного сечения замка для гибкого трубопровода.

Таблица 2

Результаты испытаний замка гибкого трубопровода

№№ образцов	Усилие на вырыв сердечника из обоймы, кг/пог см				Потеря прочности замка после 1 500 открываний в % от первоначальной
	первоначальное	после многократного раскрытия обоймы			
		500 циклов	1 000 циклов	1 500 циклов	
1	3,730	3,650	3,450	3,360	10,00
2	2,530	2,300	1,930	2,030	19,5
3	2,660	2,580	2,390	2,490	6,5
4	4,060	3,800	3,950	3,920	3,4
5	3,270	2,650	2,670	2,670	18,3
6	4,880	3,660	3,500	3,270	33,0
7	6,130	5,760	5,730	5,600	8,8
8	5,710	5,270	5,420	4,560	20,2
9	4,700	4,500	4,500	4,330	8,00
10	4,880	4,360	4,500	4,850	0,60
11	4,900	4,900	4,650	4,800	2,00
12	3,860	3,020	2,900	2,920	24,3
13	5,060	4,400	4,600	4,740	6,50
14	5,800	5,660	5,660	5,560	4,40

лотна трубопровода в обойму и сердечник с помощью каландров заключается в том, что вырезанные по периметру валков каландров канавки для обоймы и сердечника по всему сечению имеют разные скорости вращения, поэтому резина по выходе с валков тут же отслаивается от полотна.

Для соединения полотна трубопровода с замком нами была разработана и изготовлена металлическая пресс-форма (рис.3), которая представляет собой две плиты с вырезанными в них канавками для обоймы и сердечника. Чтобы во время прессования не заплывало отверстие резиновой обоймы, туда вставляется металлический сердечник такой же формы, как и сердечник трубопровода.

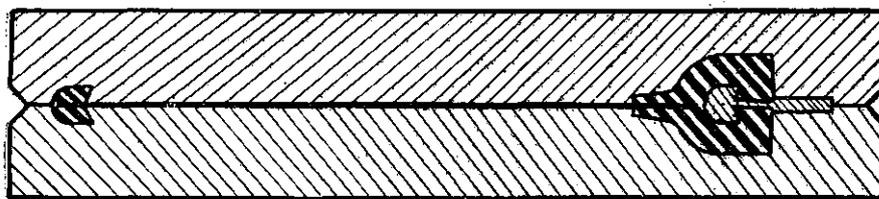


Рис. 3. Пресс-форма для вулканизации гибкого трубопровода.

В связи с тем, что в литературных источниках нет сведений о производстве резиновых изделий подобной конструкции, нами разработана технология изготовления гибкого трубопровода с замком из обоймы и сердечника. При ее разработке мы стремились по возможности полнее использовать оборудование заводов резиновых изделий. Технология изготовления гибкого трубопровода с замком из обоймы и сердечника следующая (рис. 4).

Приготавливается резиновая смесь. Часть ее поступает на горизонтально-валковые каландры, часть — в грунтосмесительную машину. На каландрах приготавливаются листы сырой резины толщиной 20 мм. Затем эти листы разрезаются на полосы шириной по 80—100 мм и подаются в шприц-машину, из которой с помощью специальных протяжек выдавливаются заготовки обоймы и сердечника. Заготовка сердечника представляет собой 4—5-миллиметровый жгут, а заготовка обоймы в разрезе имеет серпообразный вид.

Из той части смеси, которая поступила в грунтосмесительную машину, приготавливается жидкая резиновая паста. Этой пастой на специальной машине в шестикратной повторности пропитывается полотно. После каждого цикла пропитывания оно просушивается сухим паром. Затем на 4-валковых каландрах производится односторонняя обрезинка ткани слоем в 1 мм. Прорезиненное полотно подается на разбраковочный стол, где ткань разрезается по основе. Последняя операция вызвана тем, что обычно полотно выпус-

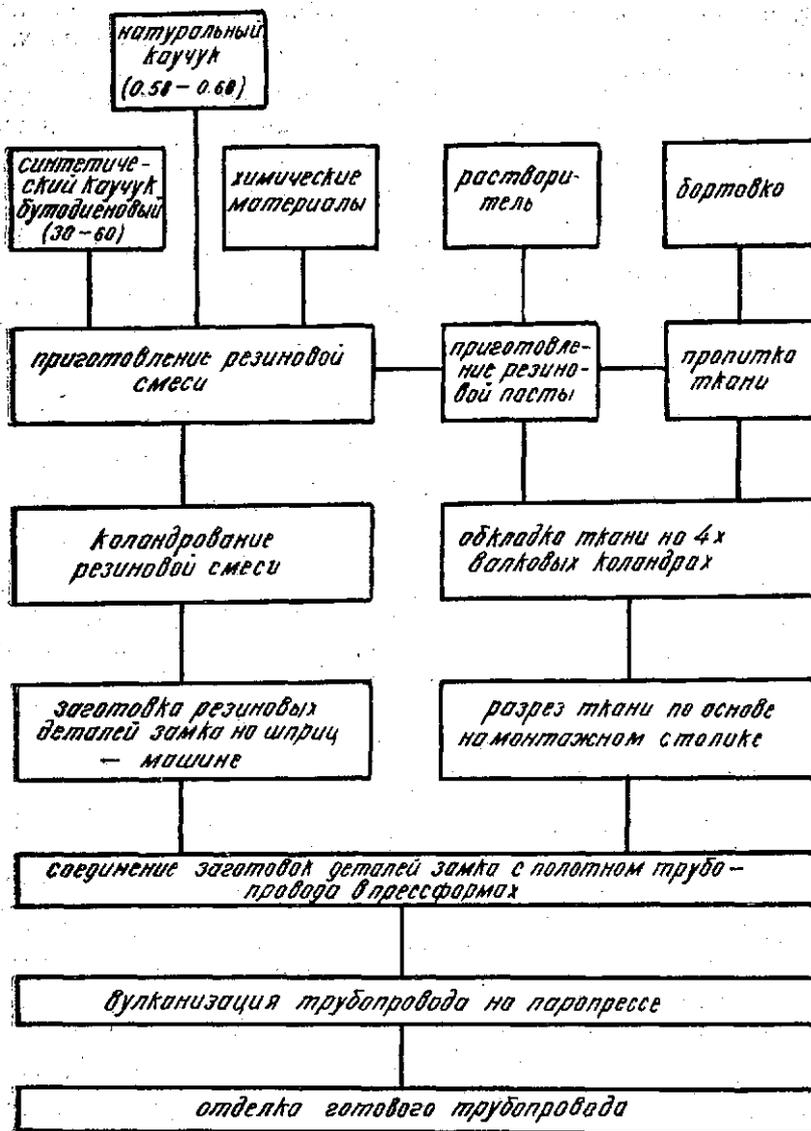


Рис. 4. Технологическая схема производства гибкого трубопровода с замком.

кается шириной более метра, для трубопровода же диаметром 150 мм достаточна ширина 0,5 м.

Далее заготовки замка и прорезиненное полотно поступают в цех горячего прессования, где и изготавливается трубопровод. На нижнюю и верхнюю плиты пресс-формы укладываются заготовки обоймы и сердечника. В паз нижней заготовки обоймы кладется металлический сердечник. Затем прорезиненное полотно растягивается на нижней плите пресс-формы и по ее направляющим штифтам надевается верхняя плита. Пресс-форма вставляется под паропресс, и трубопровод вулканизируется. Через 20 минут пресс-форму открывают, вынимают из проваренной обоймы металлический сердечник и процесс повторяют. Это вызывается тем, что последующие заготовки замка делаются короче первой, так как вулканизацию приходится производить с перекрытием в 5—6 см. После того, как трубопровод нужной длины изготовлен, приступают к обрезанию излишков резины.

Готовый трубопровод в развернутом виде представляет собой хлопчатобумажное полотно с односторонней обрезиновкой, кромки которого с одной стороны заделаны в обойму, с другой—в сердечник (рис. 5). Общая ширина развернутого трубопровода 540 мм при диаметре 150 мм. В закрытом трубопроводе сердечник находится внутри обоймы и силами упругости удерживается в ней.

На заводе резиновых изделий нами изготовлено несколько образцов гибкого трубопровода длиной от 0,6 до 30 м. Предварительные испытания на разрывной машине и на испытательном стенде показали, что опытные образцы удовлетворяют условиям, предъявленным к гибкому трубопроводу. Трубопровод выдерживает давление воды не менее 0,33 атмосферы, причем ее утечек через замок трубопровода не наблюдается.

Для забора воды из гибкого трубопровода сконструирован и изготовлен троллейный водоприемник (рис. 6). Забор воды осуществляется с помощью Г-образного патрубка, который вводится в трубопровод через открытый участок замка. Чтобы уменьшить трение металла по резине трубопровода, концевая часть патрубка изготовлена в виде полусферы. Для открывания и закрывания замка служат рабочие ролики, свободно вращающиеся на шариковых подшипниках. Ролики крепятся к кронштейнам над патрубком и позади него. Характер работы передних и задних роликов зависит от направления движения водоприемника по трубопроводу.

При движении троллейного водоприемника по трубопроводу передние ролики раскрывают обойму и тем самым расцепляют ее с сердечником. Затем обойма и сердечник, огибая с двух сторон вертикальную часть водозаборного патрубка, подводятся к задним роликам, которые вдавливают сердечник в обойму.

Предварительные испытания совместной работы гибкого трубопровода и троллейного водоприемника показали, что тяговое усилие

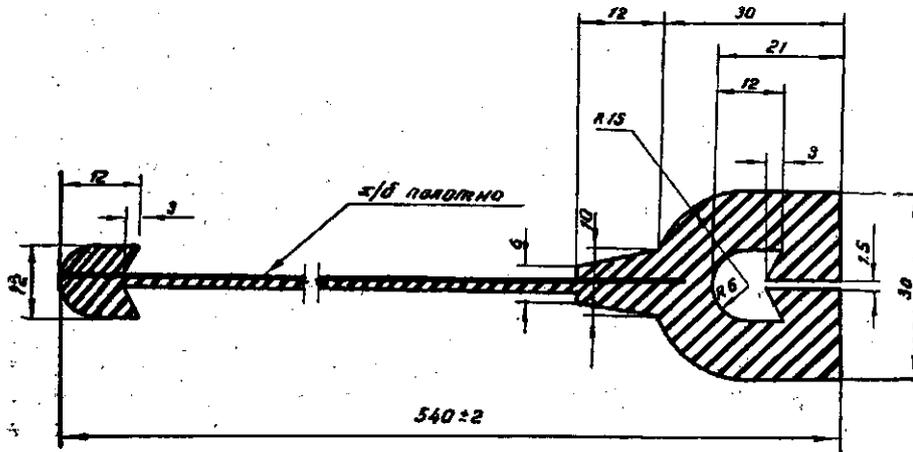


Рис. 5. Поперечный разрез гибкого трубопровода.

для открытия замка составляет 30, а для закрытия — 25 кг. Сейчас проводятся стендовые испытания их работы.

В настоящее время имеются опытные образцы машин внутрипочвенного орошения пропашных культур конструкции профессора Г. И. Фищенко (ПОФ-40) и конструкции ГСКБ по ирригации (НППМ-2,4). Однако из-за несовершенного подвода воды к ним широкого применения в производстве они не нашли.

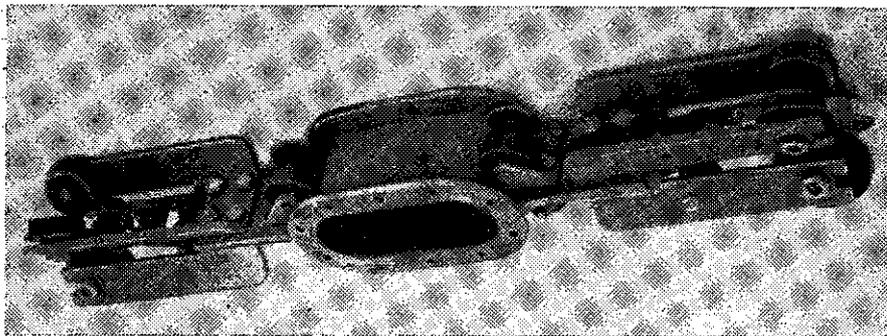


Рис. 6. Троллейный водоприемник.

Коллективом сотрудников института сконструирована и находится в стадии изготовления, испытания и доводки отдельных узлов новая машина внутрипочвенного орошения низкорослых пропашных культур (хлопчатник, свекла, капуста, картофель и т. п.). Одновременно с внесением воды в почву, непосредственно под корни растений на глубину 30—35 см, она с помощью дефлекторной насадки

будет производить освежительный полив (дождеванием) наземной части растений. Кроме того, машина будет производить междурядную обработку растений в одном направлении, вносить в почву удобрения и гербициды.

Подвод воды к машине во время полива будет осуществляться гибким трубопроводом, позволяющим производить забор воды из него в движении. При этом пустая часть трубопровода, подобно мерной проволоке квадратно-гнездовой сеялки, будет переноситься машиной на новую исходную позицию.

В отличие от машин ПОФ-40, и НППМ-2,4, у которых вода подводится по шлангам под напором 50—60 м, а вносится в почву под напором 2—3 м, подвод воды к проектируемой машине будет осуществляться под малым напором — 1—3 м, а внесение ее в почву под напором 20—25 м. Такое распределение напоров повышает надежность работы гибкого трубопровода, позволяет отказаться от использования мощной передвижной насосной станции и обеспечивает хороший контур увлажнения.

Схема машины для внутрипочвенного орошения показана на рис. 7. Машина навешивается сзади на гусеничный (Т-38) или колесный (МТЗ) пропашной трактор 40—50 л. с.

На раме (1) крепятся 7 специальных рабочих органов (2), с помощью которых вода подается в почву на заданную глубину; центробежный насос 6К-12 (3), привод к которому осуществляется от ВОМ трактора через редуктор (4); реверсивный конический механизм (5), короткоструйная насадка типа КДУ (6). Для междурядной обработки поля после каждого рабочего органа устанавливается по две бритвы (7). Поперечный брус (8) рамы служит одновременно и распределительным коллектором поливной воды. Ферма машины состоит из горизонтального (9) и двух шарнирно соединенных с ним наклонных участков (10), которые в рабочем положении опущены, а в транспортном — подняты с помощью гидроцилиндров, установленных на ферме. Внутри горизонтального участка фермы расположен цепной транспортер с захватывающими лапками, привод к которому осуществляется от ходовых колес машины или ведущих колес трактора через конический реверсивный механизм. В работе ферма может поворачиваться вокруг вертикального вала реверсивного механизма. На одном из наклонных участков фермы крепится троллейный водоприемник (11), забирающий воду из гибкого трубопровода (12) в движении. Воду в трубопровод предусматривается подавать из канала с помощью сифона или небольшого насоса, обеспечивающего необходимый расход при напоре 2—4 м (13). Для зарядки сифона и насоса водой на выхлопной трубе трактора установлен газоструйный вакуумный аппарат (14). Для внесения в почву удобрений или опрыскивания растений на трактор может устанавливаться бак-смеситель.

При движении машины вдоль гибкого трубопровода вода из

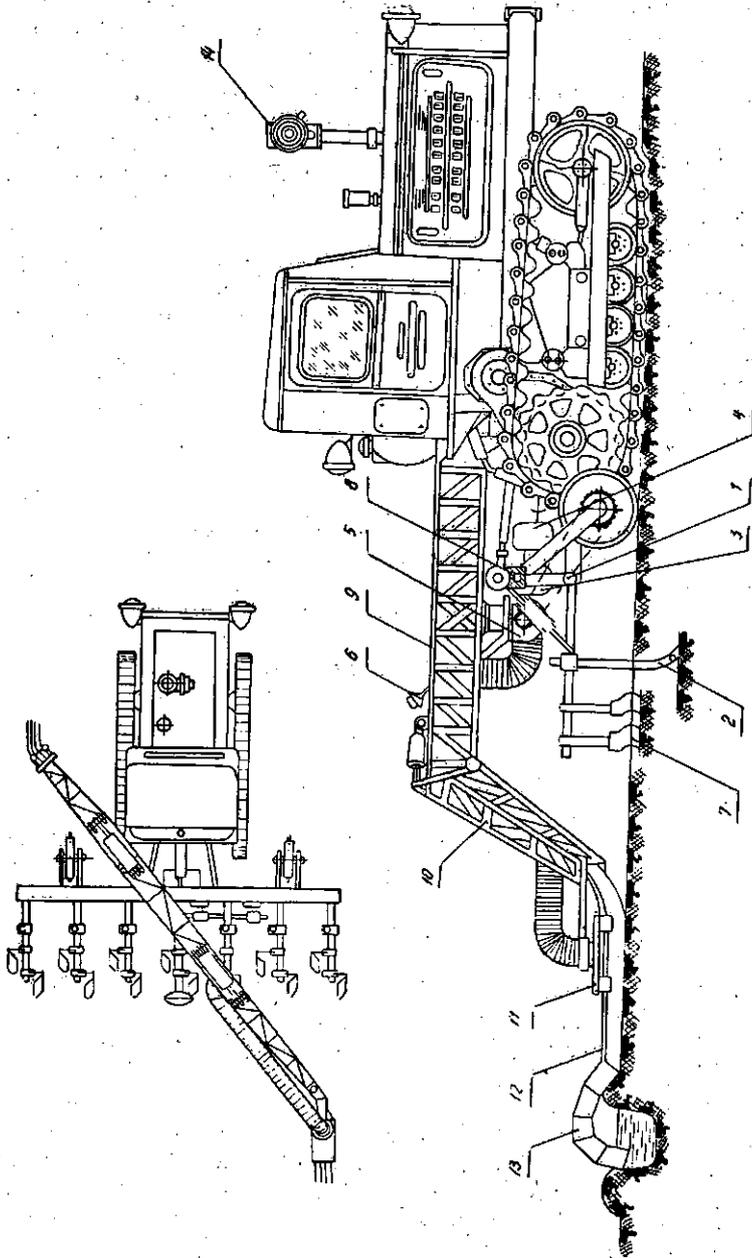


Рис. 7. Машина внутрпочвенного орошения.

него через заборный патрубок троллейного водоприемника подается к насосу, а пустая часть трубопровода цепным транспортером переносится по ферме и укладывается на новую исходную позицию. Из насоса вода под давлением 2—2,5 атм. подается в коллектор, отсюда по шлангам — в рабочие органы. Рабочие органы на конце имеют по два боковых отверстия, через которые вода подается под корни растений. Заглубление рабочих органов в почву можно регулировать в пределах 10—30 см.

Наиболее рациональным для такой конструкции машины и системы подвода воды к ней является челночный способ движения ее по полю. Перенос сифона должен осуществляться поливным агрегатом при его развороте после двух проходов по полю. При этом совмещение нескольких операций в одну (полив и перенос трубопровода, разворот машины и перенос сифона) ведет к уменьшению количества обслуживающего персонала и дополнительных механизмов, повышению производительности машины и ее экономичности.

Техническая характеристика машины внутрипочвенного орошения

1. Мощность пропашного трактора (гусеничный или колесный)	40—50 л. с.
2. Скорость движения машины при поливе (I передача)	1,37—1,67 км/час.
3. Ширина рабочего захвата машины	4,2 м.
4. Количество рабочих органов	6—7.
5. Поливная норма воды (при одном проходе агрегата)	200—250 м ³ /га.
6. Производительность машины на поливе	0,5 га/час.
7. Глубина подачи воды в почву	до 30 см.
8. Напор воды, подаваемой в почву	20—25 м.
9. Верхний неувлажненный слой почвы	5—8 см.
10. Диаметр гибкого трубопровода	150 мм.
11. Длина гибкого трубопровода	до 400 м.
12. Напор воды в трубопроводе	до 3 м.
13. Количество обслуживающего персонала	1—2 чел.

Увеличив диаметр гибкого трубопровода до 250 мм, можно обеспечить поливную норму при одном проходе агрегата до 400 м³/га.

В настоящее время вопрос внесения воды в почву при машинном внутрипочвенном орошении еще недостаточно изучен, хотя именно он определяет конструкцию не только рабочего органа, но и всей машины в целом.

Для обеспечения равномерного увлажнения корнеобитаемого слоя почвы и предотвращения выхода воды на поверхность во время

полива необходимо либо использовать на рабочих органах широкие стрельчатые лапы (НППМ-2,4), либо подавать воду в почву под большим напором направленными в сторону струями. Применение широких стрельчатых лап ограничено тяговой мощностью трактора и ведет к повреждению корневой системы растений. Подача воды в почву под большим напором (20—25 м) с применением небольших стрельчатых лап (120—150 мм) позволяет получить широкий контур увлажнения, не допуская выхода воды на поверхность почвы.

Процесс внесения воды в почву под большим напором и распределение воды можно разделить на три фазы.

Первая фаза — подача воды в почву под напором направленными в стороны струями. Обладая большим запасом кинетической энергии, часть воды проникает в почву, создавая первоначальный контур увлажнения, часть ее остается в щели, образованной рабочим органом. Расширению контура увлажнения способствует применение стрельчатых лап. Продолжительность первой фазы определяется размером отверстий и скоростью движения рабочего органа:

$$t = \frac{D}{V_{p.o.}},$$

где D — диаметр отверстий рабочего органа,

$V_{p.o.}$ — скорость движения рабочего органа.

В зависимости от величин D и $V_{p.o.}$ величина t может колебаться в пределах от 0,1 до 0,7 сек. Несмотря на весьма короткую продолжительность первой фазы, большая кинетическая энергия струй воды позволяет создать значительные по величине контуры увлажнения. Так, в результате проведенных опытов контуры увлажнения получились с размерами: по вертикали до 30 см, по горизонтали — 35—40 см.

Вторая фаза — распределение влаги в почве под действием переменного столба воды в образовавшейся после прохода рабочим органом щели, а также капиллярных сил. Продолжительность этой фазы зависит от фильтрационных свойств почвы.

Третья фаза — перераспределение влаги в почве при отсутствии столба воды в щели за счет гравитационных и капиллярных сил, испарения и транспирации растений. Продолжительность этой фазы по сравнению с двумя первыми значительно больше и практически равна межполивному периоду.

С целью проверки способа подачи воды в почву под большим напором и определения работоспособности рабочих органов в 1962 г. были проведены испытания на сероземе суглинистом, а в 1963 г. — на участке с супесчаной почвой. Первый раз было заложено 7 опытов (табл. 3), применялись рабочие органы без стрельчатых лап.

На вариантах 3 и 6 второй проход сделан через 30 минут после первого, на варианте 7 — через сутки.

Во время проведения испытаний велись наблюдения за характером впитывания воды в почву и контуром увлажнения. Лучшие результаты получены при напоре 20—25 м и расходе воды 6—7 л/сек, когда хороший контур увлажнения сочетается с небольшой затратой мощности на насосе. При этом проникновение влаги вглубь сразу после полива колеблется в пределах 30—40 см. Распределение влаги в почве в стороны от щели через 5—6 часов достигает 70—80 см, что равносильно смыканию контуров увлажнения при междурядьях до 70 см. На поверхности почвы остается неувлажненный слой в 5—8 см. Контуровы увлажнения получаются вытянутыми в стороны.

Таблица 3

Варианты опытов при испытании рабочих органов (1962 г.)

№ п. п.	Скорость движения агрегата, км/час	Напор воды, м	Расход воды на рабочий орган, л/сек	Заглубление рабочего органа, см	Количество проходов
1	3,5	10	5	12	1
2	3,5	20	6	20	1
3	3,5	20	6	20	2
4	3,5	38	8	20	1
5	3,5	38	8	30	1
6	3,5	38	8	30	2
7	3,5	38	8	30	2

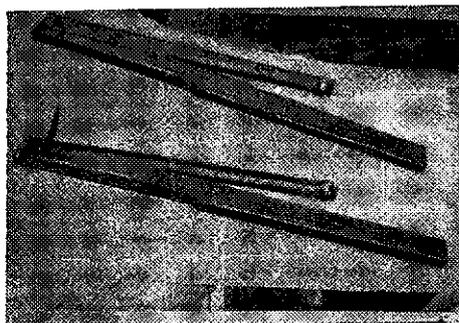


Рис. 8. Рабочие органы машины внутрипочвенного орошения.

Опыты на легких супесчаных почвах (1963 г.) проводились с двумя вариантами рабочих органов (рис. 8 и 9). Сразу после полива контур увлажнения получается по форме таким же, как и

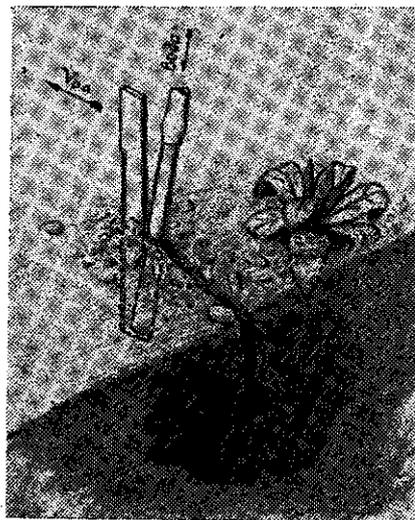


Рис. 9. Схема увлажнения почвы специальным движущимся заглубленным рабочим органом.

на суглинистой почве, а перераспределение влаги осуществляется преимущественно книзу. Применение на рабочих органах рыхлительных лап шириной 120 мм способствует увеличению ширины контура увлажнения до 10 см.

В заключение нужно отметить, что все работы по решению таких важных проблем, как подвод воды к движущимся поливным агрегатам, создание универсальной машины для комбинированного орошения (внутрипочвенное, дождевание), обработки почвы и ухода за растениями представляют огромный интерес и нуждаются в дальнейшем их расширении.

А. ДЖАНИБЕКОВ,
научный сотрудник

ПОЧВЫ НИЗОВИЙ РЕКИ ЛЕПСЫ И ИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Земли низовий реки Лепсы, начиная с 1931 года, используются подхозом того же названия для выращивания картофеля и овощей. Эти культуры возделываются на площади 750 га. Вследствие вторичного засоления и быстрого снижения плодородия почв поливное земледелие здесь носит переложно-кочевой характер. Это обуславливается также специфическими природными условиями и неудовлетворительной эксплуатацией ирригационной системы.

На основании полевых исследований Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства, которые проводились в 1962 г., в данной статье дается характеристика основных почв названной территории и рекомендуются мероприятия по их правильному использованию. В исследованиях, обработке материалов и разработке рекомендаций большое участие принимал почвовед М. К. Вяткин.

Почвенный покров участка пестрый и представлен многообразным типовым и видового состава. По гранулометрическому составу почвы разделяются на суглинистые, легкосуглинистые и суглино-супесчаные. Аллювиально-гидроморфные почвы представлены главным образом луговыми сероземами. В естественно-целинных условиях и на многолетних залежах лугово-сероземные почвы развиваются преимущественно под ассоциацией полыни Шренка. В составе этой ассоциации, в зависимости от степени засоления почвы, ее гранулометрического состава и литологического строения, встречаются острец, эфемеры, низкорослый тростник, сочные и ксерофильные солянки.

Типовой профиль лугово-сероземных почв имеет следующее строение:

1. 0—4 (2) Корочка, легкий суглинок или супесь серого или темно-серого цвета. Плотность увеличивается с утяжелением механического состава от рыхлого состояния до плотно-

- го. Корочка часто слегка задернованная, гумусированная, слоистого или пластинчатого строения. Переход к следующему горизонту постепенный.
2. 4—12 (29) Легкий суглинок или супесь серого, буровато-серого, грязно-серого цветов, рыхлого или уплотненного, иногда слоистого сложения. Обычно бесструктурный. Переход постепенный.
 3. 12—26 (49) Супесь или суглинок желто-серовато-бурого или желтовато-серовато-белесого цвета. Рыхлого или уплотненного сложения. Имеются окислы железа. Переход постепенный.
 4. 26—47 (89) Супесь или суглинок (супесь иногда ожелезненная) желтовато-серого, желтовато-бурого цветов. Имеются окислы железа. Сложение рыхлое или уплотненное. Переход постепенный.
 5. 47—89 (98) Супесь или суглинок, чаще песок ожелезненный светло-серого, серо-бурого, буровато-желтого цветов. Обилие ржавых пятен. Рыхлого, иногда уплотненного сложения. Переход постепенный.
 6. 89—133 (150) Супесь или суглинок, песок ожелезненный светло-серого, серо-желтого, буровато-желтого цветов с обилием железистых пятен. Сложение рыхлое, плотное.
 7. 133—160 (180) Песок или супесь, редко суглинок серовато-бурого, коричнево-бурого, желтого цветов. Имеются окислы железа. Сложение от уплотненного до сильно уплотненного, вертикально трещиноват. Переход ровный, постепенный.
 8. 160—190 (210) Суглинок, чаще песок аллювиальный светло-серого, буровато-серого, желтого цветов. Есть окислы железа. Рыхлого или уплотненного сложения.
 9. 190—235 (240) Супесь или суглинок, тонкозернистый песок светло-серого, буровато-желтого, серо-желтого цветов. Рыхлый или слабоуплотненный, имеется капиллярная кайма грунтовых вод. Переход постепенный.
 10. 235—240 (250) Супесь или суглинок, тонкозернистый песок желтовато-серого цвета. Обилие ржавых пятен.

Для характеристики химического состава лугово-сероземных почв может служить разрез № 17, заложенный на многолетней залежи (см. табл. 1). Верхний метр этих почв, как видно из таблицы, совершенно не засолен, но отличается общей повышенной щелочностью с максимумом в слое 26—47 см и наличием карбонат-иона во втором полуметре. Кроме того, начиная с глубины 26—47 см и ниже, гидрокарбонат-ион больше суммы двухвалентных катионов, что свидетельствует о щелочности почвенного раствора. По-видимому, такое соотношение ионов связано с влиянием неглубоко залегающих щелочных грунтовых вод типа $\text{HCO}_3 > \text{Ca} + \text{Mg}$.

Таблица 1

Водная вытяжка $\frac{\%}{\text{мг-экв.}}$ на воздушную сухую почву

№ п. п.	№ раз-реза	Глубина взятия образцов, см	Плотный остаток	Щелочность		Cl	SO ₄	Ca	Mg	Сумма		Разность анионов и катионов	Тип соленакпления
				общая в HCO ₃	от кор-мальных карбонатов CO ₃					анионов	катионов		
1	17	0—4	0,063	0,034	нет	0,004	0,009	0,008	0,003	0,86	0,65	0,005	SO ₄ HCO ₃
				0,56		0,11	0,19	0,40	0,25			0,21	
2	"	4—12	0,066	0,029	"	0,006	0,014	0,009	0,003	0,93	0,70	0,005	"
				0,47		0,17	0,29	0,45	0,25			0,23	
3	"	12—26	0,073	0,032	"	0,010	0,011	0,008	0,003	1,03	0,65	0,009	ClHCO ₃
				0,52		0,28	0,23	0,40	0,25			0,38	
4	"	26—47	0,076	0,042	"	0,007	0,007	0,006	0,003	1,03	0,55	0,011	"
				0,69		0,20	0,14	0,30	0,25			0,48	
5	"	55—65	0,054	0,032	0,002	0,007	нет	0,004	0,001	0,72	0,28	0,010	"
				0,52	0,07	0,20		0,20	0,08			0,44	
6	"	90—100	0,055	0,032	0,002	0,004	0,004	0,002	0,001	0,71	0,18	0,012	"
				0,52	0,7	0,11	0,08	0,10	0,08			0,53	
7	41	0—20	0,244	0,026	нет	0,028	0,115	0,019	0,006	3,60	1,44	0,050	ClSO ₄ -Na
				0,42		0,79	2,39	0,95	0,49			2,16	
8	"	25—35	0,258	0,042	"	0,049	0,085	0,008	0,006	3,84	0,89	0,068	"
				0,69		1,38	1,77	0,40	0,49			2,95	

№ п. п.	№ раз-реза	Глубина взятия образцов, см.	Плотный остаток	Щелочность		Cl	SO ₄
				общая в HCO ₃	от нор-мальных карбонатов CO ₃		
9	41	40—50	0,238	0,034	нет	0,051	0,078
				0,56		1,44	1,62
10	„	50—64	0,178	0,029	следы	0,035	0,060
				0,47		0,99	1,25
11	„	75—85	0,187	0,042	„	0,028	0,062
				0,69		0,79	1,29
12	„	110—120	0,090	0,037	нет	0,009	0,021
				0,60		0,25	0,44
13	26	0—6	0,066	0,020	нет	0,005	0,016
				0,47		0,14	0,33
14	„	6—26	0,083	0,042	„	0,010	0,009
				0,69		0,28	0,19
15	„	26—45	0,094	0,026	„	0,013	0,037
				0,42		0,37	0,77
16	„	50—60	0,086	0,024	„	0,017	0,021
				0,39		0,48	0,44
17	„	75—85	0,069	0,021	„	0,020	0,009
				0,34		0,56	0,19

Продолжение таблицы 1

Ca	Mg	Сумма		Разность анионов и катионов	Тип соленаккумуляции
		анионов	катионов		
0,008	0,007	3,62	0,97	0,061	ClSO ₄ -Na
0,40	0,57			2,65	
0,006	0,008	2,71	0,96	0,040	"
0,30	0,66			1,75	
0,006	0,009	2,77	1,04	0,040	"
0,30	0,74			1,73	
0,006	0,007	1,29	0,87	0,010	"
0,30	0,57			0,42	
0,008	0,005	0,94	0,82	0,003	SO ₄ HCO ₃
0,40	0,41			0,12	
0,009	0,003	1,16	0,70	0,010	ClHCO ₃
0,45	0,25			0,46	
0,013	0,006	1,56	1,14	0,003	HCO ₃ SO ₄
0,65	0,49			0,12	
0,009	0,005	1,31	0,86	0,010	SO ₄ Cl
0,45	0,41			0,45	
0,008	0,005	1,09	0,81	0,006	HCO ₃ Cl
0,40	0,41			0,28	

Почвы низовий реки Лепсы

№ п. п.	№ раз-реза	Глубина взятия образцов, см	Плотный остаток	Щелочность		Cl	SO ₄	Ca	Mg	Сумма		Разность анионов и катионов	Тип солеотложения
				обычн в HCO ₃	от нор-мальных карбонатов CO ₃					анионов	катионов		
18	13	0—3		0,021	0,002	0,262	2,301	0,188	0,023	55,60	11,29	1,020	SO ₄ Na
				0,34	0,07	7,39	47,93	9,40	1,89			44,37	
19	13	3—15	1,384	0,016	нет	0,280	0,638	0,088	0,034	21,44	7,19	0,328	"
				0,26		7,89	13,29	4,40	2,79			14,25	
20	"	23—33	3,316	0,013	"	1,122	1,099	0,180	0,168	54,74	22,81	0,734	SO ₄ Cl—Na
				0,21		31,64	22,89	9,00	13,81			31,93	
21	"	41—53	1,983	0,010	"	0,523	0,826	0,221	0,091	32,11	18,53	0,312	ClSO ₄ —Na
				0,16		14,75	17,20	11,05	7,48			13,58	
22	"	53—71	1,955	0,016	"	0,542	0,777	0,178	0,09	31,62	16,30	0,352	"
				0,16		15,28	16,18	8,90	7,40			15,32	
23	"	71—93	1,369	0,018	"	0,516	0,371	0,046	0,054	22,57	6,74	0,364	Cl—Na
				0,29		14,55	7,73	2,30	4,44			15,83	
24	"	105—115	0,395	0,021	"	0,090	0,157	0,015	0,013	6,15	1,82	0,099	ClSO ₄ —Na
				0,34		2,54	3,27	0,75	1,07			4,33	
25	"	205—215	0,320	0,010	"	0,091	0,115	0,019	0,018	5,11	1,94	0,073	SO ₄ Cl—Na
				0,16		2,56	2,39	0,95	0,99			3,17	
26	14	0—5	0,107	0,037	"	0,007	0,032	0,006	0,002	1,47	0,46	0,023	HCO ₃ SO ₄ —Na
				0,60		0,20	0,67	0,30	0,16			1,01	

Продолжение таблицы 1

№ п. п.	№ раз-реза	Глубина взятия образцов, см	Плотный остаток	Щелочность		Cl	SO ₄	Ca	Mg	Сумма		Разность анионов и катионов	Тип соленозаклещивания
				общая в НСО ₃	от нормальных карбонатов СО ₃					анионов	катионов		
27	"	5-28	0,157	0,077	0,021	0,010	0,025	0,004	0,002	2,06	0,36	0,030	SO ₄ НСО ₃ - Na
				1,26	0,70	0,28	0,52	0,20	0,16			1,70	
28	"	38-48	0,174	0,074	0,018	0,016	0,032	0,004	0,004	2,33	0,28	0,047	SO ₄ СО ₃ - Na
				1,21	0,60	0,45	0,67	0,20	0,08			2,05	
29	14	58-68	0,525	0,079	0,018	0,084	0,194	0,004	0,009	7,70	0,94	0,155	СО ₃ SO ₄ - Na
				1,29	0,60	2,37	4,04	0,20	0,74			6,76	
30	"	71-89	0,139	0,053	0,010	0,016	0,028	0,002	0,002	1,90	0,26	0,038	SO ₄ НСО ₃ - Na
				0,87	0,33	0,45	0,58	0,10	0,16			1,64	
31	"	150-160	0,065	0,032	нет	0,007	0,009	0,004	0,003	0,91	0,45	0,010	НСО ₃ - Na
				0,52		0,20	0,19	0,20	0,25			0,46	

2/2
Данные анализа грунтовой воды в мг-экв.

14	1,70	2,274	1,7055	0,049	0,232	0,0739	0,0388	0,151	35,38	14,55	-	НСО ₃ - Na
			27,9		6,54	1,54	1,94	12,61				

Из таблицы 2 видно, что верхняя корочка лугово-сероземных почв (0—4 см) содержит 1,86% гумуса, а подкорковый горизонт — 3,86%. Надо сказать, что это распространенное явление для аллювиально-гидроморфных почв пустыни и, по всей вероятности, обусловлено щелочной деструкцией гумусного горизонта. Отношение углерода и валового азота (по Мюльдеру) у этих почв довольно широкое — 10—12.

Из таблиц 2 и 3 видно, что незасоленные лугово-сероземные почвы имеют пониженную карбонатность пахотного слоя и ослабленную микроагрегатность, что связано с щелочной природой почвенного раствора. В обследованной территории это лучшие почвы для овощных культур и картофеля. Но обычно через 2—3 года использования их плодородие резко падает. Скорее всего это связано с накоплением щелочей в корнеобитаемом слое почвы за счет поднимающихся слабоминерализованных щелочных грунтовых вод и частью за счет оросительных вод, пресных, но щелочных. Воды реки Лепсы относятся к типу $\text{HCO}_3 > \text{Ca} + \text{Mg}$, то есть к щелочным. Легкосуглинистые и супесчаные лугово-сероземные почвы склонны к интенсивной ветровой эрозии.

Сероземно-луговые почвы имеют незначительное распростране-

Таблица 2

Данные химического анализа почв

№ раз-реза	Глубина взятия образцов, см	Гумус, %	Азот, %	Соотношение С : N	Фосфор		CO ₂ , %	Поглощенные основания мг-экв. на 100 г почвы			
					валовой, %	подвижный по Мочи-гину, мг/кг		Ca	Mg	Na	K
17	0—4	1,86	0,094	11,38			2,36	8,53	1,53		
	4—12	3,86	0,186	11,98			1,49	8,48	3,32		
	12—26	1,14	0,067	9,99			1,86				
	26—47						4,76				
	55—65						2,71				
	90—100						1,65				
41	0—20	3,53	0,147	13,87	0,098	17,7	0,88	9,76	нет	0,55	0,56
	25—35		0,070	11,71	0,076	9,0	2,65	4,95	3,08	1,04	0,29
	40—50	1,41					2,52	6,64	нет	0,52	0,20
	50—64						3,03				
	75—85						8,84				
	110—120 155—165						0,72 3,81				
26	0—6	5,28	0,290	10,56	0,066	14,3	0,69	10,31	1,37	0,04	0,38
	6—26	0,95			0,083	10,9	5,14	6,69	1,53	0,12	0,33
	26—45						2,44				
	50—60						5,40				
	75—85						8,01				

Таблица 3

Микроагрегатный механический анализ почв

№ раз-реза	Глубина взятия образцов, см	% гигро-скопической воды	Размеры фракций, мм					
			0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	0,001
			песок		пыль		глина	
17	0-4	2,0	1,4	41,8	13,5	11,0	22,7	11,0
				44,2	17,6	12,4	12,6	11,8
„	4-12	2,9	6,2	42,8	13,6	10,7	21,5	11,4
				61,4	10,4	7,5	8,8	5,7
„	12-26	3,1	5,7	29,0	11,8	9,9	28,8	20,5
				52,4	11,7	9,9	16,4	3,9
„	26-47	0,6	6,0	18,1	15,9	15,5	27,5	23,0
				46,9	17,4	12,6	13,4	3,7
„	55-65	2,9	0,1	79,2	10,3	2,5	3,9	4,1
				94,5	4,1	0,9	0,11	0,3

ние и встречаются главным образом в сочетании с лугово-сероземными и лугово-болотными почвами. По своей природе сероземно-луговые почвы являются остаточными гидроморфными почвами дельты рек Лепсы и Аксу, приуроченные к пониженным элементам рельефа дельтово-аллювиальной равнины. В связи с этим они имеют ионный состав водной вытяжки. Как видно из таблицы 1 и 2 (разрез № 41), у солонцеватой разновидности сероземно-луговых почв в составе катионов водной вытяжки преобладает натрий. При этом отношение суммы одновалентных катионов к двухвалентным колеблется в разных слоях верхнего метра в пределах 2-3.

В составе анионов у солонцеватых разновидностей этих почв преобладает сульфат-ион. Карбонат-ион отсутствует, иногда лишь встречаются его следы на глубине 50-70 см. Это объясняется, видимо, тем, что натрий нормальной соды полностью поглощен почвенными коллоидами, а ион CO_3 , соединившись с вытесненными из коллоидного комплекса Са или Mg, выпал в виде доломита. Такое соображение подтверждается малой карбонатностью слоя 0-20 см (табл. 1, разрез 19), повышенной карбонатностью подсолонцового горизонта (ниже 50 см) и отсутствием обменного магния в верхнем и в подсолонцовом горизонте. Как видно из таблицы 2, в солонцовом горизонте 25-35 см обменный натрий составляет 11 и 3 весовых процентов от суммы одновалентных и двухвалентных катионов.

Вся подгруппа лугово-болотных почв формируется преимущественно под острецово-тростниковой растительностью. Иногда эта ассоциация значительно зарастает чингилем, но при ирригационном

освоении почв не потребуются дополнительных затрат на раскорчевку кустарников. В зависимости от степени засоления почв в составе тростниковой ассоциации появляются сочные солянки, солеросы и полынь Шренка.

Лугово-болотные почвы занимают тальвеги, межрусловые депрессии и в силу этого интенсивно подпитываются неглубоко залегающими грунтовыми водами и в максимальные паводки рек Аксу и Лепсы периодически затопляются. В отдельных случаях подпитывание грунтовой влагой ослаблено, и тогда они переживают периоды опустынивания, сменяющиеся в многоводные годы периодами интенсивного затопления и заболачивания. Лугово-болотные почвы, по данным исследований (табл. 1 и 2, разрез № 26), до полуметровой глубины практически не засолены. Здесь послонное колебание количества хлор-иона укладывается в пределах 0,005—0,013 весовых процентов. Во втором полуметре количество хлор-иона достигает уже 0,02%. Замечено, что в верхнем полуметре доминирует сульфат-ион, а в нижнем, наоборот,— хлор-ион, что скорее всего является результатом промывания этих почв в периоды затопления и быстрого опускания грунтовых вод ниже критического уровня.

Надо заметить, что анализ водной вытяжки из этих почв не обнаруживает даже и следов карбонат-иона. Однако в составе почвенных коллоидов слоя в 26 см имеется 0,12 мг-экв. обменного натрия и 0,33 мг-экв. обменного калия на 100 г почвы. Это свидетельствует о проявлении слабой солонцеватости, обусловленной главным образом поглощенным калием.

Такырово-сероземные почвы развиваются под белопопынными и сочносолянковыми саксаульниками. В составе этого фитоценоза нередко встречаются тамарикс и чингиль. В отдельных случаях саксаульники сильно изрежены и имеют вид редколесья.

Весьма характерно повышение содержания в этих почвах карбонат-иона (от 0,020 до 0,034%), что можно связать с биогенной мобилизацией щелочей саксаулом в глубокой толще почвогрунтов и в грунтовых водах. Природные условия формирования такырово-сероземных сильносолончаковых почв указывают на необходимость их полной мелиорации.

Солончаки природные и вторичные (засоленные). Образование солончаков обычно связано с приносом солей минерализованными грунтовыми водами и накоплением их в поверхностных горизонтах почвы вследствие испарения грунтовых вод при капиллярном подъеме к поверхности.

Солончаки формируются под сочносолянковой и селитрянково-сочносолянковой растительностью. Иногда вместо растительности они с поверхности покрыты лишь пухлой коркой солей. Сводное описание морфологического профиля солончаков дается ниже.

1. 0—3 (6) Корка; на поверхности которой находятся выцветы солей, серого, светло-серого цветов. Рыхлая, плотная, уплотненная. Переход постепенный.
2. 3—15 (29) Суглинок, иногда супесь темно-бурого или серовато-бурого цвета. Наблюдаются гумусовые затеки, встречаются соли в виде пятен или сплошных прожилок. Имеются также ржавые пятна. Переход постепенный.
3. 15—29 (52) Супесь или суглинок темно-бурого, желтовато-бурого цветов с гумусированными прослойками. Имеются ржавые пятна окислов железа пористого или слоистого сложения. Переход постепенный.
4. 29—52 (100) Супесь или суглинок серовато-бурого, серо-желтого цветов. Много пятен окислов железа, имеются выцветы солей, а также наблюдаются солевые прослойки.
5. 52—90 (139) Песок, супесь, суглинок темно-бурого, серовато-бурого с желтым оттенком цветов. Имеются полуторные окислы железа и наблюдаются выцветы солей и солевые прослойки. Оглеенный, иногда имеется погребенный гумусовый горизонт. Сложение уплотненное или рыхлое. Переход постепенный.
6. 90—160 (173) Супесь или суглинок или глина и тонко-зернистый песок серого, ржаво-бурого цветов с белесым оттенком. Сильно карбонатный, оглеенный, встречаются изредка гумусовые пятна. Переход постепенный, ровный.
7. 160—230 (255) Песок или супесь, глина грязно-серого, серовато-желтого цветов, сильно оглеенная, имеются выделения закиси железа, встречаются гумусовые затеки, пятна солей. Сложение уплотненное или рыхлое. Переход постепенный.
8. 230—255 (290) Супесь или суглинок желтовато-серого, серого цветов. Обилие больших пятен окиси железа. Гумусированный горизонт рыхлый или уплотненный.

Из данных таблиц 1 и 2 (разрез № 13) видно, что в верхней части солончаков содержатся хлористые и сернокислые соли, во втором месте количество легкорастворимых солей почти в пять раз меньше, чем в первом. Надо заметить, что по профилю в солончаках более отчетливо прослеживается преобладание хлористых солей.

Аллювиально-луговые почвы развиваются под тростниково-злаково-разнотравной и солодково-пырейной растительностью поймы реки Лепсы. Наряду с травянистой растительностью здесь формируется тугай, то есть заросли тала, лоха и реже — тополя разнолистного. В составе этих почв различаются две отчетливо выраженные разновидности: слоистая и дерновая. Первая формируется в условиях почв ежегодного отложения на поверхности наилка или тонкого песчано-супесчаного слоя, благодаря чему у этих почв ус-

певае развиться типичная дернина. У второй разновидности процесс ежегодной аккумуляции аллювия сильно ослаблен или, во всяком случае, не мешает формированию нормального профиля луговой почвы. Однако в пойме реки Лепсы преобладают аллювиально-луговые слоистые почвы.

Данные анализов водной вытяжки из этих почв и их грунтовых вод (табл. 1, разрез № 14) свидетельствуют о повышенной общей щелочности и постоянном наличии у них карбонат-иона. По механическому составу эти почвы чаще всего супесчаные и песчаные. В рельефе они занимают, как правило, прирусловые участки поймы.

Анализируя характеристику почв как по территории, так и по профилю, можно сделать следующие краткие выводы по их сельскохозяйственному и мелиоративному улучшению и использованию. Несмотря на тяжелые природные условия, территория вполне пригодна для организации крупного картофеле-овощного хозяйства на базе правильного орошения.

Благодаря легкому механическому составу почв, здесь можно практиковать эффективные эксплуатационные промывки засоленных почв и предупредительные влагозарядковые поливы малыми нормами. Специальные промывки средне и сильно засоленных почв также не потребуют больших норм воды. Вследствие сильно развитого микрорельефа и склонности почв к вторичному засолению планировка полей, проектируемых к орошению, совершенно необходима при любом способе орошения и любой технике полива. Она нужна также для эксплуатационных и специальных промывок засоленных почв. Планировку следует делать непосредственно перед ирригационным освоением и промывками, так как почвогрунты в силу своей гидроморфности не склонны к просадкам.

Однако в виду легкого механического состава большинство почв склонно к ветровой эрозии и нуждается в усиленных органических удобрениях для картофеле-овощного севооборота. Поэтому остро встает вопрос об устройстве полевых лесополос и лесонасаждений вдоль постоянной водопроводящей и оросительной сети, а также возникает необходимость в повышенном составе в севооборотах бобовых культур. Они будут нести здесь тройную службу: как противоэрозийное мероприятие, как регулятор влаги и солевого баланса орошаемых почв, склонных к вторичному засолению, и, наконец, как севооборотные культуры, обогащающие почву азотом и органическим веществом, столь необходимых при возделывании овощных и картофеля на малогумусных почвах.

При агротехническом и агробиологическом комплексе здесь требуется сравнительно небольшой объем коллекторно-дренажных сооружений. Дренажи рекомендуются для предупреждения вторичного засоления и накопления щелочей в почвах, а также для рассолнения засоленных почв.

Т. К. АБИШЕВ,
кандидат сельскохозяйственных наук

Ф. В. ШКАЛИКОВ,
научный сотрудник

К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ

В Казахстане ежегодно осваиваются новые земельные площади, создаются новые совхозы и колхозы. Обеспечение их водой является первоочередной задачей. Однако водоснабжение хозяйственных центров и обводнение территорий колхозов и совхозов зачастую осуществляется плохо. Это обстоятельство не может не вызывать тревогу.

Необходимым мероприятием в обводнении земельной площади и снабжении населения водой является рекогносцировочное обследование территории хозяйства. Его цель — выявить источники воды и перспективы водохозяйственного строительства.

Надо признать, что существующие организационно-методические рекомендации по водохозяйственному обследованию разбросаны по различным источникам и несколько устарели. Кроме того, они не учитывают некоторых вопросов роста колхозно-совхозного производства. Авторы данной статьи ставят целью несколько восполнить этот пробел.

Период водохозяйственного обследования территорий колхозов и совхозов надо разделить на три этапа: подготовительный период, период непосредственных водохозяйственных обследований, период камеральных работ и составления отчетов.

РАБОТЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА

Подготовка к полевым работам должна вестись тщательно. Сбору и изучению подлежат все ранее проведенные проектно-исследовательские, обследовательские и прочие материалы, а также литературные источники, связанные с водохозяйственным строительством и водоснабжением на этой территории. Примерные пункты сбора фондовых данных и характер собираемых материалов следующие:

1. Областные и районные управления (отделы) водного хозяйства. В управлениях водного хозяйства производится выписка технических характеристик и стоимости существующих обводнительных и водоснабжающих сооружений (пруды, копани, шахтные и трубчатые колодцы, родники, озера, водопроводы и т. д.), существующей сети лиманного и правильного орошения, эксплуатации искусственных водонсточников, сведения о технико-экономической и хозяйственной эффективности обводнительных и мелиоративных сооружений, о возможностях дальнейшего их расширения и реконструкции. В управлениях должны быть выписаны данные из имеющихся проектных проработок (технических проектов, проектных заданий, схем) по водоснабжению, обводнению и мелиорации территории хозяйств. Кроме того, составляются выписки укрупненных показателей о стоимости строительства водохозяйственных сооружений по области и району. Например, стоимость погонного метра строительства шахтного или трубчатого колодца, стоимость кубометра строительства пруда, копани, одного километра водопровода и т. д. Выписываются нужные сведения из актов приема-сдачи готовых объектов и пр.

2. Геологические и гидрогеологические экспедиции и партии. В организациях Министерства геологии и охраны недр республики производится выписка сведений по всем эксплуатационным, законсервированным и разведочным скважинам не только на территории обследуемого хозяйства, но и на соседних территориях. Выписке подлежат геолого-литологическое строение, динамический и статический уровни воды, ее дебиты, качество и другие сведения. При наличии гидрогеологических карт следует сделать выкопировку с них нужного участка с условными обозначениями. Выписываются имеющиеся сведения о режиме и дебитах родников, имеющиеся сведения о шахтных колодцах. Просматриваются отчеты бурения на воду в совхозах.

3. Гидрологические экспедиции, гидрометбюро. В организациях гидрометслужбы по соответствующим станциям и постам выписываются сведения (главным образом многолетние) о гидрометеорологическом режиме рек, озер и других источников. Выписываются климатические характеристики.

4. Землеустроительные экспедиции и партии. В землеустроительных организациях производится выписка сведений о размерах землепользования того или иного хозяйства, экспликация земель. Выписываются имеющиеся материалы (отчеты) по ботаническому и почвенному обследованию хозяйств. Просматриваются акты по выбору усадеб и выписываются данные, связанные с водным хозяйством (сооружения по водоснабжению, обводнению, орошению и пр.). На рабочий план землепользования по имеющимся картографическим материалам наносятся хозяйственные центры, брига-

ды, полевые станы и границы контуров угодий совхоза или колхоза.

Помимо указанных учреждений, сбор необходимых материалов производится и в других ведомствах. В районных и областных плановых организациях, например, берутся цифровые данные о существующем и перспективном развитии хозяйств (население, животноводство, машинный парк, орошение), а также материалы, связанные с водохозяйственным строительством на его территории. Затем эти данные уточняются непосредственно в хозяйствах. Некоторые сведения о водоисточниках и их использовании можно получить в областной инспекции по охране поверхностных и подземных водных ресурсов.

После сбора всех указанных материалов производится предварительная камеральная обработка их. По итогам составляется перечень естественных и искусственных водоисточников, которые также наносятся на план землепользования. Затем обводненные участки оконтуриваются. Таким образом составляется предварительная водохозяйственная карта колхоза или совхоза.

При оконтуривании границ обводненных участков принимаются следующие радиусы обслуживания (действия) водоисточников: рек и озер в пределах до 4—5 км, родников, шахтных и трубчатых колодцев — 3—4 км. Причем меньшие радиусы обычно соответствуют гористо-холмистым участкам и водоисточникам с меньшим дебитом. По этой карте предварительно можно судить о водообеспеченности хозяйства, а также о том, каким участкам (массивам) надо уделить большее внимание при полевом обследовании.

ПЕРИОД НЕПОСРЕДСТВЕННЫХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБСЛЕДОВАНИЙ

Перед началом полевых обследований в областном управлении производства и заготовок сельхозпродуктов, а затем в производственных управлениях с участием руководителей и главных специалистов обследуемых хозяйств необходимо обсудить цели и задачи проводимых работ. Здесь же выясняется общая водообеспеченность совхоза (колхоза), его отдельных пунктов, зимовок, летних лагерей и т. д. Следует учесть пожелания специалистов о целесообразном размещении искусственных водоисточников, развитии орошения и проведении других водохозяйственных мероприятий.

На основе изучения собранных водохозяйственных, гидрологических, гидрогеологических и геологических данных и пожеланий руководителей хозяйств на предварительной карте отмечаются возможные участки размещения прудов, копаней, шахтных и трубчатых колодцев, обводнительных каналов, водопроводов и т. д. При непосредственном обследовании территории все указанные выше данные корректируются и уточняются. Пожелания самого хозяйства должны быть обязательно учтены.

Обследованию подвергаются все существующие естественные и искусственные водоисточники, а также предварительно намеченные участки для строительства тех или иных водохозяйственных сооружений. Обследование территории рекомендуется проводить с участием представителя хозяйства, желательно старожила, хорошо знающего местные условия. Ниже приводится перечень источников, подлежащих обследованию.

1. Обследование рек и логов

Производится для выявления следующих сведений: а) названия реки и временных водотоков; б) периода действия, наличия плесов и источников питания; в) основных характеристик русла (протяженности, глубины, ширины, расхода воды в характерных местах, грунта дна); г) средней ширины поймы и первой надпойменной террасы, характера поверхности почвы и растительности, отметки горизонта паводковых вод; д) площади обводнения в тыс. гектаров; е) сезонности или периода возможного использования; ж) физических свойств воды.

При обследовании рек с плесовым характером изучению подлежат в первую очередь те плесы, которые имеют потребителей, а также большие плесы, возможные для использования. Главное внимание здесь должно быть уделено определению объема плеса. Для этого в наиболее характерных местах в зависимости от длины плеса назначается 2—5 поперечников. Глубина замеряется с лодки (более удобна резиновая лодка) простым лотом, а среднюю длину и ширину плеса целесообразно определять дальномерной сеткой нивелира. Однако в ряде случаев при рекогносцировочном обследовании водных объектов приходится пользоваться глазомером, шагомером и показаниями спидометра автомашины.

Если плесов на реке много, то для облегчения работ среднюю глубину некоторых из них можно определять с помощью графика (рис. 1). Такой график строится в начале работ по уже измеренным плесам. Для рек данного района подобные графические связи обычно бывают устойчивы. Чтобы получить по ним среднюю глубину плеса, достаточно знать максимальную глубину в одной точке. Последняя, как правило, лежит на фарватере. Если плес овальной или округлой формы, то максимальная глубина приходится на середину. В других случаях она располагается ближе к верховой части плеса или на поворотах у обрывистых, более высоких берегов.

При обследовании сухих логов внимание должно быть обращено на ширину русла, высоту склонов, крутизну, характер грунтов и задернованность склонов. Особенно это относится к местам, где намечается строительство водоемов. При обследовании всех постоянных и временных водотоков главное внимание следует уделить ме-

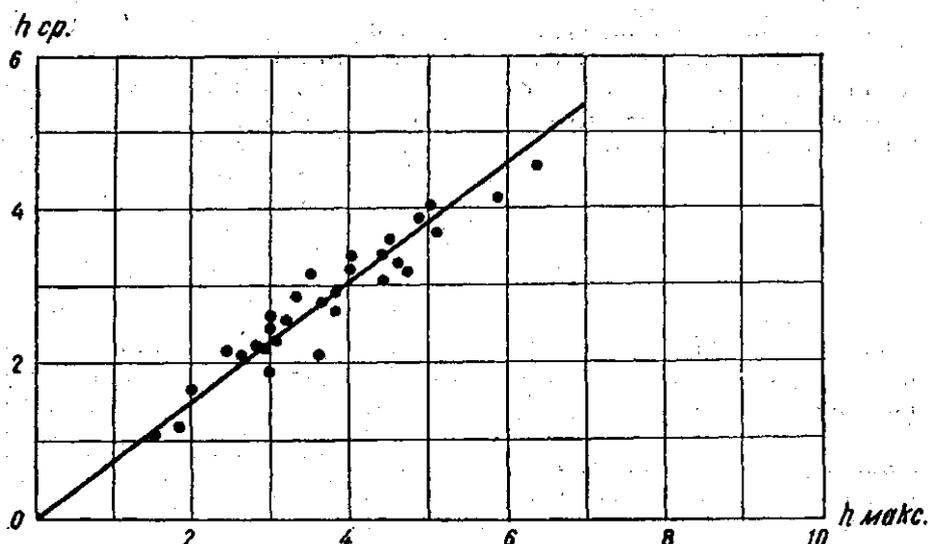


Рис. 1. Связь средней и максимальной глубины плесов (бассейн реки Кара-Тургай).

стам использования их для целей водоснабжения, обводнения и орошения.

В местах возможного строительства водохозяйственных сооружений (на балках, логах, реках) рельеф обследуется и изучается более детально. Желательно на этих участках произвести глазомерную съемку с нанесением горизонталей через 1—2—5 м. Для определения возможности и целесообразности устройства искусственного водоема должны быть выявлены:

1) размеры и характер водосборной площади. Определяются они по топографическим картам с горизонталями в масштабе крупнее 1 : 500 000. Для строительства водоема необходима водосборная площадь не менее 5—10 км²;

2) характер склонов и ложа балки в пределах будущего водоема, наличие на них песчаных отложений и выходов трещиноватых известняков и других фильтрующих пород;

3) наличие в непосредственной близости от водоема, особенно выше его, источников возможного загрязнения (населенных пунктов, кладбищ, скотомогильников и др.);

4) качество воды в родниках и ручьях (если они имеются), питающих намечаемый водоем;

5) место для плотины полевых водоемов должно иметь в тальвеге минимальную глубину 3—4 м, а усадебных — 5 м и более, тем, чтобы водоем обеспечил накопление максимального количества воды и имел среднюю глубину не менее 3 м;

6) плотина должна располагаться в наиболее суженной части балки и иметь направление, нормальное к потоку;

7) водосбросные сооружения по возможности должны возводиться на естественных ложбинах и прочих понижениях, находящихся вблизи, чтобы паводковые воды можно было сбросить по ним без дорогостоящих искусственных сооружений.

2. Обследование озер

Объем воды в озерах определяется аналогично плесам. Площадь озер в ряде случаев целесообразно определять по имеющимся крупномасштабным картам путем планиметрирования. При обследовании озера определяется процент его зарастания надводной и подводной растительностью. Выявляются возможности использования озера для целей обводнения, водоснабжения и орошения, отмечается максимальная глубина его затопления.

При большом количестве озер на территории хозяйства обследуются наиболее характерные из них, используемые и могущие быть использованными. Записи по обследованию сводятся в специальную таблицу I.

3. Обследование искусственных водоемов

При обследовании искусственных водоемов (прудов, копаней, бассейнов) главное внимание обращается на то, как они оправдывают свое назначение, каково их техническое состояние, требуемые ремонтные работы, оснащенность водоподъемными устройствами, возможности увеличения емкости водоема и т. д. Емкость водоемов аналогично плесам и озерам определяется по поперечникам. Чтобы изучить режим их заиления и мощность иловых отложений, производятся специальные промеры — зондирование дна мерным шестом с острым наконечником. На каждом поперечнике берется 5—10 точек. В этих же точках одновременно производится промер глубины только водной толщи. Записи по обследованию искусственных водоемов также сводятся в таблицу 2.

4. Обследование шахтных колодцев

При обследовании шахтных колодцев выявляется их назначение, техническое состояние, мероприятия по улучшению их технического состояния и другие вопросы. Обследованию подлежат как действующие, так и неиспользуемые колодцы, выявляются причины

Таблица 1

Ведомость обследования озер

№ на карте	Наименование и местонахождение (урочище, населенный пункт)	Кем и для чего используется озеро	Площадь обводнения, тыс. га	Сезонность и период использования озера	Пересыхает или промерзает озеро	Качество воды	% зарастания	Основные размеры (при обследовании)				Наличие водопойных пунктов, водозабора на орошение и водоснабжение
								площадь зеркала, га	максимальная глубина, м	средняя глубина, м	емкость, тыс. м ³	

Таблица 2

Ведомость обследования искусственных водоемов

№ на карте	Наименование и местонахождение (урочище, населенный пункт)	Кем и для чего используется (орошение, га, водоснабжение, м ³ /сек, обводнение, тыс. га)	Источник наполнения	Площадь зеркала, га	Глубина, м		Объем, тыс. м ³	Сезонность использования	Характеристика плотины, м					Наличие водосброса и воковыпуска (тип, материал и основные их размеры)	Год постройки
					средняя	максимальная			высота	длина	ширина	материал тела	материал крепления откосов		

Ведомость обследования шахтных колодцев

Таблица 3

№ на карте	Название и место- нахождение	Глубина, м		Понижение, м	Дебит, л/сек	Качество воды и ее пригодность для питья и водопоя	Диаметр колодца, м	Материал крепления и его состояние, наличие коньки, замка и т. д.	Тип водопользителя и его состояние	Возможность углубления колодца	Санитарное состояние колодца	Использование колодца (сколько голов скота им поль- зуется)	Необходимость улучшения и ремонта	Год постройки
		до воды	столб воды											

Откачка воды из колодцев

Таблица 4

Дата	Начало и конец откачки	Понижение, м		Объем мерного сосуда (V), л	Время от конца откачки до восста- новления уровня (t), сек.	Количество ведер (сосуда) за время откачки (n)	Дебит $q = \frac{1}{n} \frac{V}{t}$ л/сек	Расчетное понижение $S = \frac{S_1 + S_2}{2}$	Температура воды в градусах	Цвет, запах, вкус пробы воды, взятой на анализ
		первое	второе							

их бездействия. В действующих определяются их дебит при одном-двух понижениях, а также другие характеристики. Все записи по обследованию шахтных колодцев сводятся в таблицу.

Замер уровня воды в колодцах производится хлопущкой, а дебит — путем откачки. В полевых условиях при рекогносцировочном обследовании для откачек можно использовать ведра. Если уровень воды в колодце восстанавливается быстро (5—10 мин.), ведрами вычерпывают воду по возможности до большего понижения, с замером начального и конечного уровней. Определяется количество отобранной воды (W) и время от начала понижения до полного восстановления уровня (t). Дебит будет равен $q = \frac{W}{t}$ (л/сек). В колодцах, где уровень воды восстанавливается медленно, откачка ведется при двукратном понижении. Сначала вычерпывают 20—40 ведер и замеряют первый пониженный уровень (S_1). С этого момента пускают в ход секундомер и по возможности быстро отбирают еще около 10—20 ведер с замером объема отобранной воды (W) и второго понижения (S_2). Наблюдают за восстановлением уровней с S_2 до S_1 . При достижении прежнего уровня (S_1) секундомер останавливают и подсчитывают время (t) восстановления воды. Записи по ее откачке производятся в специальной таблице 4.

5. Обследование буровых колодцев

Обследованию подлежат все действующие, разведочные и неработающие буровые скважины и трубчатые колодцы, выявляются причины бездействия колодцев, уточняются возможности зоны расширения сельскохозяйственного использования их и т. д. Записи по обследованию производятся в таблице 5.

Дебиты скважин, химсостав воды и прочие характеристики берутся из собранных материалов в учреждениях. Обследованиями должны быть установлены возможности организации оазисного орошения из колодцев водоснабжения населенных пунктов и другие вопросы, связанные с полным использованием данного источника.

6. Обследование родников

Обследование родников имеет важное практическое значение. Кроме того, оно необходимо для выявления положения водоносных горизонтов, возможных дебитов и качества воды этих источников.

По каждому роднику в ведомость заносят его название, местоположение, окружающий рельеф, характер выхода родника и т. д.

Ведомость обследования буровых колодцев

Таблица 5

№ на карте	Местонахождение урочища, населенного пункта	Кем используется вода и для каких целей	Площадь обводнения, тыс. га	Водоснабжение, №/суп	Глубина, м		Диаметр скважин		Диаметр фильтра и его конструкция
					до уровня воды	столб воды	начальный	конечный	

Дебит, л/сек	Тип водоподъемника	Тип и марка двигателя	Качество воды	Санитарно-техническое состояние	Мероприятия по улучшению санитарно-технического состояния	Наличие жилых и служебных построек	Год постройки

Продолжение таблицы 5

Ведомость обследования родников

Таблица 6

№ на карте	Название родника	Местонахождение (урочище, населенный пункт)	Сезонность использования и для каких целей	Рельеф участка, где выходит родник	Условия выхода родника и его тип	Из каких пород выходит родник	Данные о режиме родника	Тип каптажа и его состояние

Обследование водопроводов

Таблица 7

№ на карте	Название водопровода в его местонахождение	Назначение водопровода	Период действия	Источник питания	Протяженность водопровода, м	Диаметр водопровода, мм	Количество сооружений на водопроводе	Длина распределительной сети, м	Диаметр труб сети, мм	Сооружения на сети	Количество водопольных пунктов	Обводняемая площадь, тыс. га	Волопотребление, м ³ /сут	Год постройки

Дебит родников определяется объемным способом и с помощью трапециодальных или треугольных водосливов. Если родник малодебитный (до 2 л/сек), то дебит его определяется мерным сосудом. Для этого все струйки, вытекающие из родника, соединяют в одно русло, которое перегораживается земляным валиком. Затем устраивается сливной желоб, и под его нижний конец устанавливается сосуд. По времени наполнения сосуда определяется дебит родника $q = \frac{w}{t}$ л/сек.

Если же дебит родника более 2 л/сек, то в русле устанавливают треугольный водослив. Через него определяют расход воды по формуле: $q = 1,4h^{2,5}$ л/сек, где h — столб воды на водосливе в см. Если водослив предварительно протарирован мерным сосудом, то расход воды устанавливается непосредственно по уровню на водосливе.

Сведения о родниках при обследовании записывают в таблицу 6.

7. Обследование водопроводов

В полевую ведомость заносят данные о местоположении, типе головного водозаборного сооружения, диаметре, протяженности и производительности водопровода, его распределительной сети, техническом состоянии, количестве водопойных пунктов и другие сведения по таблице 7.

8. Обследование обводнительных каналов

В ведомости отмечают местоположение канала, его назначение, период действия, источник питания, протяженность, размеры поперечного сечения, глубина наполнения (максимальная и минимальная), типы сооружений на нем (водовыпуски для орошения, водозабор на водопойную площадку), подвешенная к каналу площадь орошения и обводнения, его КПД, качество воды в нем, скорость течения, размываемость канала, материал крепления откосов, год постройки канала, его техническое состояние и кем он используется.

9. Обследование площадей регулярного и лиманного орошения

При обследовании существующих систем регулярного и лиманного орошения выявляются их техническое состояние, характеристика источника и площадей орошения, возможности дальнейшего

расширения орошаемых участков на базе этого источника, водоподъемные и распределительные устройства, способы и нормы полива, состав культур, урожайность их за последние 2—3 года и т. д. После обследования должны быть представлены:

- 1) схематический план орошаемого участка;
- 2) поперечные сечения отдельных характерных участков каналов;
- 3) хозяйственное значение существующей системы;
- 4) причины, вызвавшие разрушение и деформацию каналов;
- 5) объем восстановительных работ или ремонта;
- 6) возможность расширения системы.

Кроме того, при полевом обследовании изучаются возможности развития новых участков лиманного и регулярного орошения на базе стока рек и временных водотоков, прудов, копаней и озер, выявляются размеры площадей орошения и ориентировочный объем строительных работ.

10. Изучение качества воды в источниках

Наряду с изучением запасов и наличия водоисточников при водохозяйственном обследовании необходимо также изучать качество поверхностных и подземных вод. При этом особое внимание следует уделять необводненным площадям.

Качество воды исследуется в лабораторных и полевых условиях. В поле, с помощью лаборатории Резникова, определяются неустойчивые компоненты (PH , O_2 , CO_2) и физические свойства воды. Для косвенного суждения о степени минерализации воды неплохо определять и ее общую жесткость.

Количественное определение основных химических элементов, находящихся в воде, производится в стационарной лаборатории. Пробы воды из выработок (скважин и колодцев) отбираются после откачки. Для сокращенного анализа они берутся в объеме 1 л. Из поверхностных источников их нужно брать вне пределов загрязнения, маловодья или застоя воды, как можно дальше от берега, на глубине 0,3—0,5 м. На взятые пробы заполняются этикетки.

11. Прочие вопросы при водохозяйственном обследовании

При обследовании участков для строительства шахтных колодцев, помимо фактических изыскательских материалов по геологии и гидрогеологии, надо пользоваться и косвенными показателями. Для определения глубины залегания и минерализации подземных вод, например, можно использовать геоботанические наблюдения. Известно, что некоторые растения особенно реагируют на первый водо-

носный горизонт. Благодаря грунтовым водам растения в своем развитии не зависят от атмосферных осадков.

Ниже приводится перечень основных растений, показывающих глубину залегания и качество грунтовых вод.

Показатели преимущественно пресных вод

	Глубина вод, м
Рогоз	0—1
Туранга	1—3
Чингиль, лох, солодка	1—5

Показатели пресных и солоноватых вод

Ситник	0,5—3 (до 5)
Чий	1—5
Итцегек	3—5
Джантак	3—5 (до 10)
Мимозка	1—8 (до 15)

Показатели грунтовых вод различной минерализации (от пресных до соленых)

Тростник	0—5
Тамарикс	5—15
Черный саксаул	5—40

Показатели соленых и горькосоленых вод

Солерос	0—1
Сарсазан	1—5
Суран	5—8
Поташник, карабарак	3—10
Карган	5—10

Для получения более точных сведений о грунтовых водах выборочно производится ручное бурение.

ПЕРИОД КАМЕРАЛЬНЫХ РАБОТ

Завершающим этапом водохозяйственного обследования являются камеральные работы и составление отчета. При этом систематизируются и обобщаются все материалы, собранные в подготовительный период и в период непосредственных полевых обследований. Отчет должен отражать современное состояние колхоза или совхоза, условия его водообеспеченности, перспективное развитие и предложения по водохозяйственному строительству на его территории. В связи с этим в отчете должны быть следующие разделы:

а) **Общие сведения о хозяйстве.** Местоположение и направление хозяйства, его состояние и перспективы роста.

б) **Существующее водное хозяйство.** На основе собранных материалов, а также непосредственных полевых обследований описываются все водные ресурсы обследованной территории, состояние существующего водоснабжения, орошения и обводнения.

в) **Предложения о водохозяйственных мероприятиях.** В разделе даются предложения о реконструкции и улучшении существующих источников воды, количестве и плановом размещении рекомендуемых искусственных водохозяйственных сооружений, примерной их стоимости.

г) **Картографический материал и приложения.** Все существующие и рекомендуемые сооружения, обозначенные соответствующими условными знаками, наносятся на «Схематическую карту существующих и перспективных водохозяйственных сооружений» колхоза или совхоза. Здесь же отмечаются границы обводненных и намечаемых к обводнению массивов.

В приложении к отчету по водохозяйственному обследованию должны быть приведены все ведомости по изучению водоисточников, а также результаты химических анализов воды.

ПЕРЕЧЕНЬ

основных приборов, инструментов и оборудования, необходимых при рекогносцировочном водохозяйственном обследовании

№ п. п.	Наименование
1	Нивелир с рейкой
2	Мерная лента
3	Лют
4	Хлопушка
5	Водомерная рейка
6	Бур почвенный
7	Бур геологический (ручной)
8	Водослив переносный
9	Лаборатория Резникова
10	Лодка резиновая
11	Родниковый термометр
12	Рулетка
13	Планиметр
14	Буссоль
15	Бинокль
16	Секундомер
17	Фотоаппарат
18	Счеты конторские
19	Стеклянная посуда (0,5 л)
20	Хозинвентарь (ведра, лопаты, топор, веревка, ящики и т. п.)
21	Бытовая утварь (посуда и др.)
22	Палатки, спальные мешки и т. д.
23	Бланковый материал
24	Канцелярские принадлежности

Ф. Г. ГЕРР,
научный сотрудник

РАСЧЕТ И АНАЛИЗ РАБОТЫ ПЕРЕДВИЖНЫХ ВОДОПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК НА СКОТОПРОГОННЫХ ТРАССАХ

Отгонные пастбища пустынных и полупустынных зон Казахстана и Средней Азии часто находятся на больших расстояниях друг от друга и от основных баз совхозов и колхозов. При перегоне скота с одних пастбищ на другие или с основных баз на пастбищные участки и обратно его надо обеспечить кормами и питьевой водой. Это достигается путем прокладки скотопрогонных трасс по местам, обеспеченным хорошими подножными кормами и водопоями.

Кроме того, очень часто скотопрогонные трассы организуют и строят для перегона скота от пастбищ к мясокомбинатам, забойным пунктам, железнодорожным станциям и другим объектам.

Размещение водопойных пунктов на скотопрогонах определяется скоростью движения скота, продолжительностью суточного перегона и принятым распорядком (количество поений в сутки, время нахождения в пути, на отдыхе, на подкормочных участках и т. д.).

Можно назвать целый ряд пастбищных массивов Казахстана и Средней Азии, которые используются сезонно и представляют совокупность осенних, весенних, зимних и летних пастбищ. Одним из характерных является бетпак-далинский комплекс пастбищ, где автором данной статьи проводились исследования.

На скотопрогонных трассах этого комплекса пастбищ животные обычно содержатся очень непродолжительное время, один-два месяца в году. Поэтому экономически невыгодно устанавливать на каждый водопойный пункт стационарные водоподъемные установки и целый год их содержать.

В свое время была сделана попытка механизировать водоподъем на скотопрогонных трассах Бетпак-Далы стационарными устройствами. Но она успехом не увенчалась, так как из-за безнадзорности все установки вскоре вышли из строя. Чабанам на скотопрогонных трассах очень часто приходится осуществлять водоподъем вручную. Это отнимает много времени, требует громадных физических сил и добавочных человеческих рук, что при организации укрупненных чабанских бригад совершенно недопустимо.

В условиях кратковременного использования пастбищ на скотопрогонных трассах наиболее эффективными являются передвижные водоподъемные установки.

РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО КОЛИЧЕСТВА ПЕРЕДВИЖНЫХ ВОДОПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК НА СКОТОПРОГОННЫХ ТРАССАХ

Начиная с 1958 г., нами были начаты комплексные работы по реконструкции трасс бетпак-далинского комплекса сезонных пастбищ. В их процессе возникла необходимость механизации водоподъема с помощью передвижных установок.

Методики расчета потребного количества передвижных водоподъемных установок на скотопрогонных трассах не было. Поэтому пришлось начинать соответствующие работы заново. Был испытан ряд схем и вариантов действия установок. Одной из наилучших оказалась схема, когда установка в течение суток обслуживает определенную группу водопойных пунктов. Сначала она перекачивает воду из источника в резервуар на одном пункте, затем — на втором, третьем и т. д. С последнего водопойного пункта установка возвращается на первый, и цикл по перекачке воды из источников в резервуары повторяется. Если бы можно было расположить водопойные пункты по кругу, а не в одну линию, как на скотопрогонах, то не пришлось бы совершать холостой ход с последнего пункта к первому.

В качестве водных источников использовались шахтные колодцы обычных конструкций с максимальным статическим запасом воды 2—3 м³ и каптажные колодцы разных конструкций, позволяющие одновременно получать от 5 до 8—12 м³ воды и более.

Резервуары для запаса воды принимались емкостью 5 и 10 м³. Из резервуаров в водопойные корыта вода поступала самотеком. Ее регулирование осуществлялось запорными вентилями, установленными на резервуаре, а иногда обыкновенными пробками.

Передвижная водоподъемная установка состоит из транспортного устройства хорошей проходимости, высокой скорости передвижения и водоподъемного агрегата. Она находится под надзором шофера-механика. Это значительно повышает надежность ее работы по сравнению со стационарными установками, которые монтируются, демонтируются и обслуживаются чабанами.

При передвижении скота по скотопрогонным трассам целесообразно чабанов совсем освободить от работы с водоподъемными механизмами и направить их деятельность на уход за животными: пастьбу, правильное и нормальное поение и т. д.

Скотоемкость трасс определялась наличием кормов и воды в соответствии с их суточными нормами расхода. В зависимости от этих условий суточная потребность в воде водопойного пункта уста-

навливалась в пределах 5, 10 и 20 м³. Резервуары за сутки наполнялись 1—2 и более раз.

Всю работу установки по обслуживанию группы водопойных пунктов можно выразить через время выполнения определенных операций. Тогда период разового обслуживания установкой группы водопойных пунктов будет складываться из времени на перекачку воды из водисточников в резервуары (сюда входит также время, потребное на подготовку оборудования к перекачке и его свертывание), времени на переезд от одного водопойного пункта к другому и времени на возвращение от последнего пункта к первому. Это можно записать в виде следующего уравнения:

$$T_{\text{раз}} = t_1 \times n + t_2(n - 1) + t_3, \quad (1)$$

где $T_{\text{раз}}$ — время, за которое установка обслужит группу водопойных пунктов один раз;

t_1 — среднее время, за которое установка перекачивает воду из источника в резервуар (сюда входит время на подготовку и свертывание оборудования);

n — число водопойных пунктов, которые может обслужить установка;

t_2 — среднее время нахождения установки в пути от одного водопойного пункта к другому;

t_3 — среднее время возвращения установки от последнего водопойного пункта к первому.

Водисточник в зависимости от дебита дает определенное количество воды, которую перекачивают в резервуар. А суточная потребность в ней на пункте может превышать одновременную отдачу источника. Поэтому резервуар нужно наполнять в сутки несколько раз. Число наполнений резервуара в течение суток обозначим через m . Тогда полное время работы установки в одну, две или три смены будет выражаться уравнением:

$$T = t_1 \times n \times m + t_2(n - 1)m + t_3 \times m. \quad (2)$$

Время переезда от последнего водопойного пункта к первому можно выразить через время переезда установки от одного пункта к другому, помноженное на количество таких переездов:

$$t_3 = t_2(n - 1). \quad (3)$$

Подставив значение 3 в уравнение 2, сделав преобразование и решив относительно n , получим формулу, определяющую число водопойных пунктов, которые может обслужить одна установка:

$$n = \frac{T + 2 \times t_2 \times m}{m(t_1 + 2t_2)}. \quad (4)$$

В этом уравнении полное время на перекачку воды в резервуар можно выразить через его емкость и производительность установки, а время на переезд установки — через расстояние и скорость движения транспортного устройства.

$$t_1 = \frac{Q}{P} + t_1', \quad (5) \quad Q_{\text{сут}} = Q \times m, \quad (6)$$

$$Q = \frac{Q_{\text{сут}}}{m}, \quad (7) \quad t_2 = \frac{l}{v}, \quad (8)$$

где Q — емкость резервуара, точнее — количество воды, которое может одновременно дать водоисточник (колодец);

$Q_{\text{сут}}$ — суточная потребность в воде на водопойном пункте, которая зависит от количества скота, перегоняемого ежесуточно по скотогонной трассе;

P — производительность установки;

t_1' — время на подготовку установки к работе и ее свертывание;

l — среднее расстояние между водопойными пунктами, зависящее от количества кормов на трассах, наличия воды и от ряда других факторов;

v — скорость движения транспортного устройства установки.

Подставив значения формул 5, 6, 7 и 8 в формулу 4, получим следующее выражение:

$$n = \frac{T + 2 \frac{l}{v} \times m}{m \left(\frac{Q}{P} + t_1' + 2 \frac{l}{v} \right)} \quad (9)$$

Уравнения 4 или 9 дают возможность довольно просто определить количество водопойных пунктов, которые может обслуживать одна установка в определенных условиях работы и за определенное время.

Составляющие параметры формулы практически определяются в зависимости от местных условий скотогонных трасс в нижеследующем порядке:

а) определяется потребная и возможная скотоемкость трассы, которая зависит от кормозапасов, водных источников и других факторов;

б) определяется суточная потребность воды на водопойном пункте в зависимости от возможной скотоемкости трассы;

в) назначается емкость резервуара для запаса воды в зависимости от дебита водоисточника и статического запаса воды;

г) определяется количество наполнений резервуара водой в сутки по формуле:

$$m = \frac{Q_{\text{сут}}}{Q} \quad (10)$$

д) принимается определенное количество смен работы установки;

ж) определяется среднее расстояние между водопойными пунктами (желательно, чтобы оно было оптимальным);

з) определяется средняя скорость передвижения установки, зависящая от качества дорог, пересеченности местности, технической характеристики транспортного механизма и от других факторов;

и) определяется производительность установки по эксплуатационной характеристике или лучше всего по данным опытных откочек;

к) определяется время подготовки установки к перекачке воды и переезду на другой водопойный пункт (его можно определить опытным путем или по техническому паспорту установки).

Иногда скотопрогонные трассы имеют довольно большую длину и могут обслуживаться не одной, а несколькими установками. Их количество определяют по следующей формуле:

$$K = \frac{P}{n} + a, \quad (11)$$

где K — потребное количество водоподъемных установок для данной скотопрогонной трассы;

P — количество водопойных пунктов;

n — количество водопойных пунктов, обслуживаемых одной установкой;

a — запасное или резервное количество водоподъемных установок, нужное на случай выхода из строя действующих, профилактических ремонтов их и т. п.

На больших скотопрогонах на три-четыре рабочих установки достаточно иметь одну резервную.

Формулы 4, 9 и 11 позволяют определить при предварительных расчетах потребное количество установок для механизации водоподъема на скотопрогонных трассах. Такие формулы в незаконченном виде использовались автором при составлении проектов обводнения Каиб-Ханжольской, Уланбельской и других скотопрогонных трасс. По этим проектам, начиная с 1960 г., построен и реконструирован ряд скотопрогонных трасс.

В настоящее время проектировщики и эксплуатационники Джамбулской области широко применяют указанные формулы для расчетов механизации водоподъема на скотопрогонных трассах передвижными установками. Они применены, в частности, в проектах Моинтинской, Киикской, Объединенной и других скотопрогонных трасс. Окончательный вид полученных формул позволит применять их более широко.

**АНАЛИЗ РАБОТЫ ПЕРЕДВИЖНЫХ ВОДОПОДЪЕМНЫХ
УСТАНОВОК НА СКОТОПРОГОННЫХ ТРАССАХ**

В Советском Союзе сейчас проводятся большие работы по созданию различных типов передвижных установок для подъема воды из водных источников. Правда, из них пока еще очень мало опробованных, хорошо зарекомендовавших себя, полностью отвечающих требованиям отгонного животноводства.

Для анализа эффективности применения существующих установок воспользуемся выведенными формулами 4 или 9 и определим, сколько водопойных пунктов можно обслужить каждой из них при соответственно одинаковых условиях работы. Возьмем пять разных по конструкции и производительности установок: ПВУ-1, ПВУ-2, ПВУ-М600, АПЛВУ и НВУ-4/12.

Передвижная водоподъемная установка ПВУ-1 разработана в Казахском научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства (КазНИИМЭСХ) и состоит из плавающего насоса ПН-10, лебедки и электростанции ЭС-7, установленных на автомашине ГАЗ-63. Ручная лебедка с намотанным на нее резиновым шлангом, кабелем и тросом служит для опускания и подъема насоса. Производительность насоса 4,7—5 м³ воды в час. Средняя скорость транспортного устройства установки (автомобиль) по проселочным дорогам 25—30 км/час. Эта скорость принята по опытным данным для скотопрогонных трасс Бетпак-Далы.

Передвижная водоподъемная установка ПВУ-2 разработана также в КазНИИМЭСХ и состоит из насоса СЦЛ-00, трансмиссии, всасывающей и нагнетающей труб и бака для заливки насоса. Вся установка смонтирована на автомобиле ГАЗ-69 («Пикап»). Установка имеет предельную высоту всасывания 5—5,5 м и приводится в действие от коробки отбора мощности двигателя автомобиля. Насос имеет приспособление для удаления воздуха из всасывающего трубопровода и нуждается только в однократном заливе водой. Максимальная производительность его 26 м³/час. Средняя скорость передвижения автомобиля 25—30 км/час.

Передвижная водоподъемная установка М-600 разработана в Казахском научно-исследовательском институте водного хозяйства и состоит из стандартной противопожарной мотопомпы М-600 или М-800, которая имеет двигатель внутреннего сгорания с центробежным насосом. Мотопомпа устанавливается на автомобиле ГАЗ-69 («Пикап»). При отсутствии автомобиля такой марки ее можно установить на автомобиле ГАЗ-63. Производительность насоса 36—57 м³/час. Для расчета принимаем наименьшую производительность — 36 м³/час. Эта довольно простая по своей конструкции установка применялась для исследований на скотопрогонных трассах. Эксплуатационниками Джамбулской области она и сейчас приме-

няется для водоподъема на трассах прогона скота. Скорость движения автомобиля по полевым дорогам Бетпак-Далы также 25—30 км/час.

Передвижная водоподъемная установка АПЛВУ разработана сотрудниками кафедры водоснабжения Казахского государственного сельхозинститута и состоит из ленточного водоподъемника, двигателя внутреннего сгорания ЗИД-4,5 и лебедки. Все оборудование смонтировано на автомобиле ГАЗ-63. Производительность установки 5,7 м³/час. Скорость движения автомобиля по проселочным дорогам 25—30 км/час.

Передвижная водоподъемная установка НВУ-4/12 разработана во Всесоюзном научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства (ВНИИМЭСХ) и испытана на Казахской машиноиспытательной станции. Смонтирована она на тракторе ДТ-14 и состоит из компрессора с приводом от вала отбора мощности трактора, двухкамерного насоса замещения Савотина, поворотной стрелы и катушки с резиновым шлангом. Производительность установки 2,5 м³/час. Скорость движения трактора — 12,7 км/час.

Чтобы сравнить данные, для всех пяти установок принимаем совершенно равные условия работы:

1. Среднее расстояние между водопойными пунктами 12,5 км (Уланбельская и Каиб-Ханжольская скотопрогонные трассы).

2. Средняя скорость передвижения установок, смонтированных на автомашине, — 25 км/час, смонтированной на тракторе ДТ-14 — 12,7 км/час (движение по полевым дорогам Бетпак-Далы).

3. Количество перекачек воды из водисточника в резервуар — 2 (то есть суточная потребность в воде удовлетворяется в два приема).

4. Время на подготовку оборудования к работе (откачке) и его свертывание — 25 мин. На основании экспериментальных данных, время подготовки и свертывания оборудования водоподъемной установки равно 17—25 мин.

5. Продолжительность работы установки в сутки — одна, две и три смены.

6. Суточная потребность в воде на водопойном пункте зависит от поголовья скота и дебита водисточника и равна:

$$а) Q_{сут} = 5 \text{ м}^3$$

$$б) Q_{сут} = 10 \text{ м}^3$$

$$в) Q_{сут} = 20 \text{ м}^3.$$

Результаты расчетов по формуле 9 сведены в таблицах 1, 2, 3.

Анализ полученных результатов позволяет установить:

1. При односменной работе установок:

а) передвижная водоподъемная установка НВУ-4/12 превраща-

Таблица 1

Односменная работа установок

№ п. п.	Марка водоподъемной установки	Количество водопойных пунктов, обслуживаемых водоподъемной установкой при соответствующих суточных расходах воды пункта		
		5 м ³	10 м ³	20 м ³
1	ПВУ-1	2,4	1,9	1,3
2	ПВУ-2	3,0	2,8	2,5
3	ПВУ-М600	3,1	2,9	2,7
4	АПЛВУ	2,4	2,0	1,4
5	НВУ-4/12	1,3	1,0	0,7

Таблица 2

Двухсменная работа установок

№ п. п.	Марка водоподъемной установки	Количество водопойных пунктов, обслуживаемых водоподъемной установкой при соответствующих суточных расходах воды пункта		
		5 м ³	10 м ³	20 м ³
1	ПВУ-1	4,2	3,3	2,3
2	ПВУ-2	5,3	5,0	4,4
3	ПВУ-М600	5,4	5,2	4,8
4	АПЛВУ	4,3	3,5	2,5
5	НВУ-4/12	2,6	2,0	1,2

Таблица 3

Трехсменная работа установок

№ п. п.	Марка водоподъемной установки	Количество водопойных пунктов, обслуживаемых водоподъемной установкой при соответствующих суточных расходах воды пункта		
		5 м ³	10 м ³	20 м ³
1	ПВУ-1	6,0	4,8	3,2
2	ПВУ-2	7,7	7,2	6,4
3	ПВУ-М600	7,8	7,4	6,8
4	АПЛВУ	6,2	5,0	3,6
5	НВУ-4/12	3,4	2,6	1,8

ется в стационарную, так как может обслужить только один водопойный пункт;

б) установки ПВУ-1 и АПЛВУ могут обслужить по два водопойных пункта с суточными расходами 5 и 10 м³ воды. При суточной потребности 20 м³ установки также превращаются в стационарные;

в) установки ПВУ-2 и ПВУ-М600 могут обслужить по 2—3 водопойных пункта.

2. При двухсменной работе установок:

а) установка НВУ-4/12 может обслужить два водопойных пункта с суточными расходами 5—10 м³ воды. При 20 м³ она превращается в стационарную;

б) установки ПВУ-2 и ПВУ-М600 могут обслуживать 4—5 водопойных пунктов;

в) установки ПВУ-1 и АПЛВУ могут обслуживать 2—4 водопойных пункта.

3. При трехсменной работе установок:

а) установка НВУ-4/12 может обслуживать 2—3 водопойных пункта;

б) установки ПВУ-1 и АПЛВУ могут обслуживать 3—6 водопойных пунктов;

в) установки ПВУ-2 и ПВУ-М600 могут обслуживать 6—8 водопойных пунктов;

Если сопоставить все полученные данные по пяти установкам, то можно сказать, что одним из основных факторов увеличения количества обслуживаемых водопойных пунктов одной установкой является производительность установки и скорость ее передвижения. Значит, при разработке новых конструкций передвижных водоподъемных установок нужно стремиться как к улучшению конструкции и уменьшению их стоимости, так и к увеличению производительности насоса и скорости передвижения транспортирующего механизма.

В Ы В О Д Ы

На основании проведенных работ по применению передвижных установок для механизации водоподъема на скотопрогонных трассах Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ можно сделать следующие выводы:

1. При применении передвижных установок для водоподъема значительно сокращается их число по сравнению со стационарными.

2. Одна установка может обслужить, в зависимости от условий работы и других факторов, от 2 до 8 водопойных пунктов.

3. Передвижная водоподъемная установка очень мобильна и позволяет быстро заменить вышедшую из строя другой, аварийной установкой.

4. Чабаны полностью освобождаются от работы с водоподъемниками; что позволяет увеличить количество овец в отарах и лучше организовать их кормление и водопой.

5. Гарантируется более высокая работоспособность водоподъем-

ного оборудования, так как квалифицированный технический уход за установкой осуществляет шофер-механик.

6. Полученные формулы позволяют проектировщикам и эксплуатационникам в каждом отдельном случае решить, сколько водопойных пунктов может обслужить одна установка и сколько их потребуется для каждой скотопрогонной трассы.

ЛИТЕРАТУРА

Я. М. Пашинков, И. Ф. Володько, В. В. Дациков. Обводнение и водоснабжение в животноводстве. Сельхозгиз, 1955.

Труды Бетпак-Далинской комплексной опытной станции животноводства. Казгосиздат, 1957.

Р. М. Каплан. Механизация водоснабжения на отгонных пастбищах. Казгосиздат, 1961.

Л. Е. Тажибаев. Передвижные ленточные водоподъемные установки для пастбищ. Казгосиздат, 1962.

Ф. Г. Герр. Чабанам нужны водоподъемники. «Сельское хозяйство Казахстана», 1963, № 5.

Временные технические указания по проектированию сельскохозяйственного обводнения. Сельхозгиз, 1957.

Отчет «Изучение водных ресурсов и разработка методов обводнения Бетпак-Далинского комплекса сезонных пастбищ». КазНИИВХ, 1957—1958.

Отчет и проект обводнения Каиб-Ханжольской скотопрогонной трассы в пустыне Бетпак-Дале. Джамбулская экспедиция института «Казгипроводэлектро», 1960.

Отчет и проект обводнения Уланбельской скотопрогонной трассы в пустыне Бетпак-Дале. Джамбулская экспедиция института «Казгипроводэлектро», 1961.

Т. К. АБИШЕВ,
кандидат сельскохозяйственных наук

О СОСТОЯНИИ И ПЕРСПЕКТИВАХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В СТЕПЯХ ТУРГАЯ

Степи Тургая по-настоящему начали осваиваться только в последние 2—3 года. В 1961—1962 гг. здесь организованы свыше 20 совхозов, более половины которых имеют в основном зерновое направление. Тургай стал не только основной животноводческой базой Кустанайской области, но и крупным зерновым районом. В 1962 г. хозяйства только Амангельдинского района засыпали в закрома Родины более 16 млн. пудов целинного хлеба. Совхоз «Сарыузенский» продал государству более 2,3 млн. пудов, совхоз «Коктауский» — 2,5 млн. пудов зерна. Перевыполнили свои обязательства по сдаче хлеба совхозы имени 40-летия Казахстана, «Кустанайский комсомолец», «Мирный» и другие хозяйства. Предполагается дальнейшее увеличение производства зерна с тем, чтобы в ближайшие годы валовой сбор его достиг 20—25 млн. пудов. В этих целях в конце 1962—начале 1963 г. создано еще 9 совхозов, и этот крупнейший район был разделен на два самостоятельных производственных управления: Амангельдинское и Аркалыкское.

Однако успешное и полное освоение земель Тургая не может быть осуществлено без надлежащей организации обводнения и водоснабжения территории хозяйств. В течение лета 1962 г. экспедиция Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства по заданию Кустанайского областного управления производства и заготовок сельхозпродуктов провела водохозяйственное обследование 2 млн. 300 тыс. га земель. Оно показало, что водное хозяйство совхозов находится в неудовлетворительном состоянии.

Многие совхозы базируют водоснабжение на искусственных водосточниках, которые крайне запущены. Это диктует необходимость коренной их перестройки. Вместе с тем строительство обводнительных сооружений во вновь созданных совхозах ведется недопустимо медленно. В результате значительная часть их территорий не обводнена.

На обследованной территории выявлено 319 естественных и 350 искусственных водоисточников, которые обводняют от 50 до 80—90% площади хозяйств. Как правило, водоисточники на территории совхозов размещены неравномерно.

Необходимыми остаются в основном те территории, где нет поверхностных водоисточников. Разведка и использование подземных вод поставлены весьма плохо. На всей обследованной территории имелось только 2 трубчатых колодца (в совхозах «Сарыузенский» и «Тастинский»).

Ряд совхозов обеспечивается привозной водой. Например, в совхозе «Коктауский» для второго отделения и его бригад вода привозится за 25—30 км, для третьего отделения — за 12—18 км. В совхозе «Сарыузенский» дальность возки питьевой воды для второго и четвертого отделений и их полевых бригад колеблется от 10 до 25 км. Привозной водой обеспечиваются некоторые отделения и бригады совхозов «Амантогайский», «Тастинский», «Мирный», «Карынсалдинский» и др. Однако руководители этих хозяйств мирятся с таким положением. Они заботятся только об урожае и производстве мяса, а бытовые условия людей их мало интересуют.

Оставляет желать лучшего и техническое состояние существующих обводнительных сооружений. Из имеющихся 114 прудов и копаней только 33 содержатся удовлетворительно, остальные требуют ремонта и реконструкции. 85 прудов и копаней используются для водопоя скота, хотя ни один из них не имеет водоподъемных устройств и водопойных площадок, 15 — на технические и бытовые нужды, 6 — на орошение огородно-бахчевых культур на небольших площадях.

Конструкции всех прудов и копаней примитивны. Они не имеют водосбросных, водоподъемных и прочих сооружений, вследствие чего можно наблюдать частые размывы откосов и тела плотины. При строительстве водбемов со стороны совхозов не осуществляется технический контроль, приемка и актирование выполненной подрядчиком работы производится на глазок. Пользуясь этим, строители зачастую не заканчивают сооружение объектов. Так, в совхозе «Карынсалдинский» не завершено строительство двух прудов. В совхозе «Мирный» плотину пруда размыло в первый же год эксплуатации, так как она была построена с отступлением от проекта и сдана с большими недоделками.

На обследованной территории выявлены 235 шахтных колодцев, из которых только 50 имеют удовлетворительное техническое состояние. Основная масса их используется для технических и бытовых нужд. Дебиты колодцев незначительные. Так, дебит 181 колодца не достигает и 0,1 л/сек, у 22-х он равняется 0,1—0,2 л/сек. На всех колодцах водоподъем осуществляется вручную, ведрами. Как правило, столб воды в колодцах небольшой — менее 2 м, имеются случаи их высыхания. В период обследования летом 1962 г. в 31

колодце слой воды не превышал 0,5 м, в 45 он составлял менее 1,0 м, а в 5 колодцах воды вообще не было. Таким образом, большинство колодцев требуют очистных и дноуглубительных работ.

Значительную роль в обводнении территории обследованных совхозов играют родники. Их около 140, но ни один родник не каптирован, и они используются в естественном состоянии. Выходы родников забиты, заросшие, вследствие чего их дебиты сильно снижены. В настоящее время только 25% всех родников обследованной территории имеют дебит более 0,5 л/сек, а остальные — еще меньше. Родники в основном используются для водопоя скота.

Поверхностные водоисточники (реки и временные водотоки) совхозами используются весьма слабо. Хозяйства используют только те реки, которые имеют остаточные плесы и грунтовое питание, причем довольно интенсивно. Например, плес реки Карынсалды в период обследований использовался не только для хозяйственно-бытовых нужд совхоза, но и на орошение 15—20 га овоще-бахчевых культур.

Организация небольших огородных участков регулярного орошения имеет огромное значение в удовлетворении потребностей населения в овощах и картофеле. Почвенные условия тургайских степей позволяют выращивать их в большом количестве, а опыт организации орошения в некоторых совхозах подтверждает возможность создания участков поливного земледелия.

В период водохозяйственных обследований только в совхозах «Карынсалдинский», «Коммунизм жолы», «Коктауский», «Тастинский» и «Сарыузенский» были поливные участки, где выращивались картофель, капуста, лук, помидоры и другие овощи. Площадь орошаемых участков колебалась от 4 до 20 га. Орошались они из плесов рек и прудов путем механического водоподъема.

Около 60% всех рек и временных водотоков имеют снеговое питание, весь сток их проходит весной, поэтому в настоящее время они совершенно не используются. Если на временных водотоках и реках построить систему прудов и копаней, станет возможным рациональное использование этих водных ресурсов для нужд хозяйств. По подсчетам специалистов института водного хозяйства, в обследованных совхозах можно построить не менее 190 искусственных водоемов (прудов и копаней) и 362 шахтных колодца.

Одним из мероприятий по увеличению производства кормов является лиманное орошение, успешно применяемое в северных областях республики. Некоторое развитие оно получило и в степях Тургай. Общая площадь лиманов в совхозах «Дамдинский», «Степняк», «Кустанайский комсомолец», «Коммунизм жолы» и имени 40-летия Казахстана составляет 35 тыс. га. Но все они пойменные, слабо оснащенные гидросооружениями, поэтому режим их затопления регулировать очень трудно. Все это в конечном итоге ведет к тому, что лиманы пока не дают желаемого эффекта. Подсчеты спе-

диалистов института водного хозяйства показывают, что площади лиманов в степях Тургая можно увеличить по меньшей мере в 3—4 раза.

В схематических картах существующего и перспективного обводнения и водоснабжения территорий совхозов, составленных Тургайской водохозяйственной экспедицией института водного хозяйства и переданных совхозам, где проводились обследования, и Кустанайскому областному управлению производства и заготовок сельхозпродуктов, указаны места размещения как рекомендуемых к строительству, так и существующих обводнительных сооружений. Осуществление этих рекомендаций поможет улучшить хозяйственные и культурно-бытовые условия совхозов, успешно выполнить намеченные планы производства сельскохозяйственных продуктов.

З. Т. БЕРКАЛИЕВ,
кандидат технических наук

В. С. БУРУМЕНСКИЙ,
научный сотрудник

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГОДОВОГО СТОКА РЕК ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА

Решение многих вопросов орошаемого земледелия требует знания изменчивости стока источников орошения. При оценке колебаний стока простая интерполяция параметров часто приводит к неверным результатам, особенно для тех рек, условия формирования стока которых чрезвычайно сложны и не позволяют с достаточной точностью применять разработанные для других районов методы гидрологических расчетов.

При проектировании водохозяйственных установок на реках, где имеются данные гидрометрических наблюдений, задача гидрологических расчетов решается сравнительно просто. В тех случаях, когда наблюдения отсутствуют или их явно недостаточно, прибегают к косвенным, приближенным методам оценки гидрологических параметров.

Мы остановимся на приближенных способах определения одного из них — коэффициента вариации среднего годового стока рек на территории орошаемой зоны Южного Казахстана.

Орошаемая зона Южного Казахстана по строению рельефа относится к горным районам. Основными горными образованиями здесь являются Киргизский хребет, заходящий в пределы рассматриваемой территории лишь крайней северо-западной оконечностью, хребты Кара-Тау, Каржан-Тау, Боролдай-Тау и Угамский. С их склонов стекает множество рек, характеризующихся самыми различными типами гидрологического режима: от рек со стоком круглый год до пересыхающих в летнее время. Это обусловлено в первую очередь разнообразием климатических условий и подстилающей поверхности даже на сравнительно небольших расстояниях. Наряду с высотным положением местности большую роль играет ориентация хребтов и их склонов по отношению к влагоносным ветрам.

Изменчивость годового стока рек, в зависимости от определяющих ее факторов, подчиняется определенным закономерностям лишь

для ограниченных районов, в которых условия формирования стока будут более или менее однородными.

Как показали вычисления по данным 54 пунктов гидрометрических наблюдений на малых и средних реках, коэффициенты вариации среднего годового стока на рассматриваемой территории изменяются в пределах от 0,2 до 0,88. Такая разница в изменчивости стока определяется прежде всего неодинаковой степенью его естественной зарегулированности. Последняя зависит от характера питания рек и мощности естественных аккумулярующих емкостей в бассейнах, играющих роль выравнителя стока не только в течение года, но и на протяжении многих лет. В условиях Южного Казахстана естественная зарегулированность стока определяется степенью оледенения, водопроницаемостью горных пород и изредка характером карстовых образований в бассейне.

В ряде случаев относительным показателем естественной зарегулированности для горных районов является средняя высота водосбора. Поэтому в различных формулах определения C_v в качестве основного параметра выступает средняя высота водосборов.

Сюда следует отнести прежде всего рекомендации В. Л. Шульца (7), который для рассматриваемой территории предложил формулу:

$$C_v = \frac{E}{H_{cp}^n},$$

где C_v — коэффициент вариации среднего годового стока;
 H_{cp} — средняя высота водосбора;
 E и n — параметры.

Но, как указывает В. Л. Шульц, эта формула дает удовлетворительные результаты лишь для рек с площадью водосбора более 100 км².

При включении данных по малым водосборам для условий Южного Казахстана нами получена зависимость коэффициента вариации среднего годового стока от средней высоты водосбора в виде формулы:

$$C_v = \frac{3460}{H_{cp}^{0,6}}, \quad (1)$$

где C_v — коэффициент вариации среднего годового стока;
 H_{cp} — средняя взвешенная высота водосбора в метрах.

Ошибка в определении коэффициента вариации по формуле 1 в среднем равна $\pm 13\%$.

Следует отметить, что довольно значительная ошибка определения коэффициента вариации по формуле 1 для отдельных районов делает ее применение весьма ограниченным. Поэтому необходимо искать другие пути для оценки коэффициента вариации в неизученных створах.

В целом ряде предложений в качестве одного из параметров для определения C_v выступает норма стока. Очевидно, для определенных районов связь между коэффициентами вариации и нормой стока может существовать. На наш взгляд, для этого необходим ряд условий, основными из которых являются: полная аналогия в условиях формирования стока, равномерное распределение потерь по длине рек, равномерное увеличение подземного питания рек с увеличением площади водосбора.

Как показал анализ, одним из таких районов в условиях Южного Казахстана является северный склон Киргизского хребта, сложенный из слабо проницаемых пород и характеризующийся почти постоянными уклонами. Здесь также наблюдается равномерное распределение по территории приходных и расходных составляющих водного баланса.

Как показано на рис. 1, с возрастанием нормы стока коэффициенты вариации убывают, что вполне справедливо, поскольку модуль стока здесь является в некоторой степени показателем естественной зарегулированности.

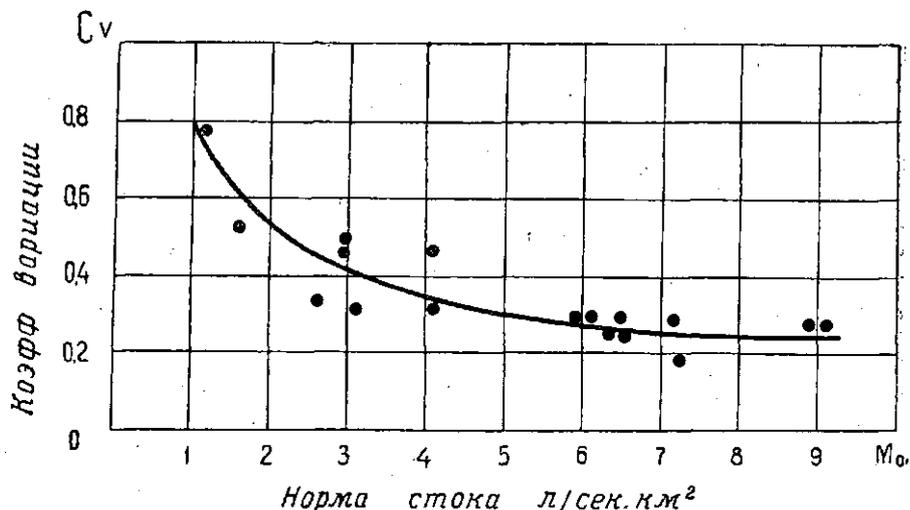


Рис. 1. Зависимость $C_v = \lambda(M_0)$ для рек северного склона Киргизского хребта.

Аналитическим выражением указанной зависимости является уравнение:

$$C_v = \frac{0,7}{M_0^n}, \quad (2)$$

где M_0 — норма среднего годового стока в л/сек. км²;

0,7 — постоянный коэффициент;

n — параметр, равный в данном случае 0,5.

Сравнительная простота формулы 2 и допустимые ошибки (в среднем $\pm 10\%$) позволяют рекомендовать ее для расчетов коэффициентов вариации среднего годового стока рек в неизученных створах северного склона казахстанской части Киргизского хребта.

Попытка районировать значение числителя в формулах 1 и 2 или связать их с площадью водосбора не дала положительных результатов.

Известно, что изменчивость годового стока является интегральным выражением изменчивости его внутригодовых величин. Следовательно, степень изменчивости годового стока должна определяться изменчивостью водности рек внутри года. Поэтому следует ожидать, что между показателем, характеризующим внутригодовую неравномерность, и коэффициентом вариации годового стока должна быть определенная зависимость.

Для численного выражения неравномерности внутригодового хода стока Д. Л. Соколовским (6) принято отношение части площади кривой продолжительности среднесуточных расходов или гидрографа ко всей площади этой кривой до среднего расхода, то есть выражение:

$$\varphi = \int_0^{0,1} P dk, \quad (3)$$

где φ — коэффициент естественной зарегулированности;

P — продолжительность в днях или обеспеченность в %;

k — модульный коэффициент или отношение частного расхода воды к среднему.

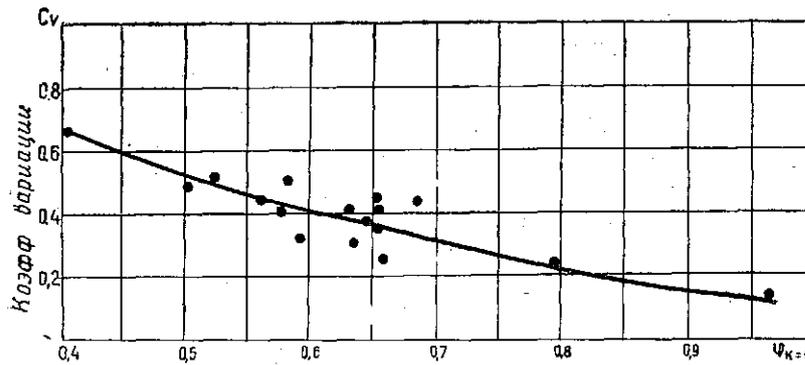
Поскольку коэффициент естественной зарегулированности характеризует неравномерность расходов воды внутри года, а коэффициент вариации годового стока C_v служит показателем неравномерности средних годовых расходов в многолетнем распределении, то есть их связывает общая физическая сущность явлений, то должна существовать определенная закономерность между этими величинами. С целью отыскания такой связи были построены кривые продолжительности среднесуточных расходов по рекам, где имеются наиболее длительные периоды наблюдений и определены значения коэффициентов естественной зарегулированности (табл. 1).

Оказалось, что коэффициент естественной зарегулированности в рассматриваемых условиях изменяется от 0,4 до 0,96. Как и следовало ожидать, существует довольно тесная связь между величинами C_v и φ , характеризующаяся коэффициентом корреляции, равном 0,90. Связь на рис. 2 обратная, то есть с увеличением степени естественной зарегулированности изменчивость годового стока уменьшается.

Таблица 1

Характеристики рек, по которым были построены кривые продолжительности среднесуточных расходов воды

№ п. п.	Река — пункт	Площадь водосбора, км ²	Средняя высота водосбора, м	Коэффициент вариации среднего годового стока	Коэффициент естественной зарегулированности
1	Мерке — зим. Улбутай	410	2 760	0,26	0,66
2	Катта-Бугунь — с. Леонтьевка	291	987	0,42	0,63
3	Бугунь — выше м. Чимкент	2 160	569	0,67	0,40
4	Алмалы — с. Орловка	2 110	935	0,51	0,58
5	Чаян — ур. Майбулак	469	309	0,51	0,52
6	Икансу — рзд. Икансу	143	930	0,41	0,65
7	Келес — пос. Горный	2 490	983	0,36	0,65
8	Бадам — с. Первомайское	112	1 783	0,49	0,50
9	Болдыбрек — с. Сахаровка	191	2 442	0,32	0,59
10	Донгуз-Тау — к-з им. Карла Маркса	166	1 426	0,45	0,68
11	Боролдай — с. Чохай	1 360	1 056	0,45	0,56
12	Улькун — с. Пистели	52,3	1 115	0,41	0,57
13	Джебоглы-су — с. Николаевка	173	2 550	0,32	0,63
14	Узун-Машатсу — с. Антоновка	434	1 110	0,25	0,79
15	Майдан-тал — при вых. из гор.	200	707	0,38	0,64
16	Кельтемашат — с. Антоновка	91	1 081	0,14	0,96
17	Сайрам-су — с. Блинково	444	2 180	0,22	0,66



Коэффициент естественной зарегулированности

Рис. 2. Зависимость коэффициентов вариации среднего годового стока рек от коэффициента естественной зарегулированности.

Аналитическому выражению зависимости, показанному на рис. 2, наиболее близко соответствует формула:

$$C_v = A - b \lg \varphi, \quad (4)$$

где A — параметр, выражающий обобщенно влияние на изменчивость годового стока других физико-географических условий района;

b — постоянный коэффициент.

Дальнейшая математическая обработка данных показала, что расчетная формула для рек хребта Боролдай-Тау и юго-западного склона хребта Кара-Тау имеет вид:

$$C_v = 2,96 - 1,43 \lg(100\varphi + 1) \quad (5)$$

Для рек высоких хребтов Каржан-Тау и Угамского, кроме коэффициента естественной зарегулированности, на степень колебаний годового стока большое влияние оказывает другой показатель изменчивости — средняя высота водосборов.

С целью определения значения постоянного коэффициента b в формуле 4 найдена его связь со средней высотой водосборов. Как видно на рис. 3, связь между параметром A и средней высотой водосборов довольно тесная и характеризуется коэффициентом корреляции, равном 0,93.

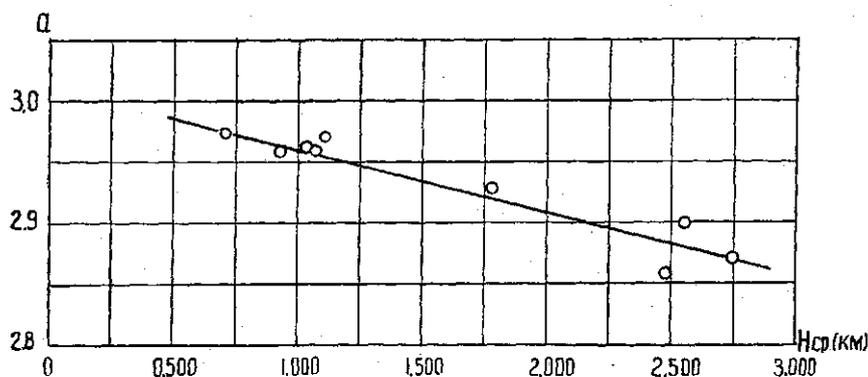


Рис. 3. Зависимость параметра A от средней высоты водосборов для хребтов Каржан-Тау и Угамского.

Это дало возможность уточнить формулу 5 за счет введения средней высоты водосборов. В этом случае расчетная формула для рек вышеуказанных хребтов принимает вид:

$$C_v = 3,01 - 0,05 H_{cp} - 1,43 \lg(100\varphi + 1), \quad (6)$$

где C_v — коэффициент вариации среднего годового стока;

H_{cp} — средняя высота водосбора в метрах;

φ — коэффициент естественной зарегулированности.

Сопоставление наблюдаемых данных с вычисленными по фор-

мулам 5 и 6 указывает на то, что средняя ошибка в определении коэффициентов вариации годового стока по ним не превышает $\pm 8\%$.

В формуле 6 определение величины H_{cp} производится обычным способом. Наиболее сложно нахождение коэффициента естественной зарегулированности φ в неизученных створах. В литературе имеется ряд способов для определения φ , однако пользование ими чрезвычайно затруднительно. Для специалистов высшей квалификации удовлетворительные результаты может дать метод гидрологической аналогии. При этом определение параметра φ связано с выявлением целого ряда факторов формирования стока и сравнение их с факторами стока реки-аналога, в том числе геологического строения водосборов. Здесь, естественно, могут быть самые различные суждения.

Картирование коэффициента естественной зарегулированности в горных районах вряд ли возможно, а в условиях горной части Южного Казахстана — вообще невысказуемо. Поэтому для вычисления коэффициента естественной зарегулированности нами проанализированы существующие предложения по построению кривой обеспеченности суточных расходов. Наиболее приемлемой в условиях Южного Казахстана является сравнительно простая формула М. А. Мосткова:

$$P = an(K - K_1)^n,$$

где P — обеспеченность в процентах;

a и n — параметры;

K — текущее значение расхода в долях нормы;

K_1 — минимальный модульный коэффициент.

Для определения коэффициента естественной зарегулированности наибольший интерес представляет часть кривой, охватывающая средние и высокие значения обеспеченности.

При проверке сходности формулы М. А. Мосткова с фактическими данными за K_1 принимался модульный коэффициент 90% обеспеченности.

Влияние физико-географических условий на форму кривой продолжительности среднесуточных расходов изучено недостаточно. Известно лишь, что коэффициент естественной зарегулированности определяет собой полноту кривой. Для равнинных рек это явление может быть связано со степенью озерности, размерами водосбора и т. д.

В условиях слабой гидрометрической изученности параметры формулы М. А. Мосткова, помимо правильного отражения действительности, должны сравнительно легко поддаваться количественной оценке.

Для горных рек северных склонов Заилийского и Джунгарского Алатау В. Я. Ким (5) получил связь между параметром a и пло-

щадь водосбора в явном виде. Очевидно, такая связь с размерами водосбора может иметь место лишь в определенных условиях, где изменение подземного питания рек происходит плавно.

Как показали исследования, в условиях Южного Казахстана существует связь между параметром a и модулем минимального среднемесячного стока, выражаемая уравнением:

$$a = 19,5 - 2,2\bar{M}_{min} \quad (7)$$

Здесь \bar{M}_{min} — норма среднемесячного минимального стока в л/сек км². Влияние параметра n на форму кривой продолжительности более сложно, ввиду чего зависимость его от обуславливающих факторов для горных стран до сих пор не получена.

В рассматриваемых условиях параметр n изменяется в пределах от 0,60 до 1,27, в среднем же его можно принять равным 0,88. Для более точной оценки параметра n в неизученных створах необходимо проведение дополнительных исследований.

Вследствие малой продолжительности гидрологических рядов и ограниченного количества исходных данных рекомендации по определению параметров a и n в формуле М. А. Мосткова следует считать весьма ориентировочными.

Необходимо также иметь в виду, что все приведенные выше формулы разработаны для рек с площадью водосбора до 2 500 км².

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Андреев. Гидрологические расчеты при проектировании малых и средних гидроэлектростанций. Гидрометеиздат, Л., 1957.
2. М. Н. Большаков. Обобщение некоторых параметров стока рек северного склона Киргизского хребта. Изд-во КирФАН СССР, Фрунзе, 1950.
3. А. Н. Вагнов. Средний многолетний сток рек Армянской ССР и его внутригодовое распределение. Изд-во АН АрмССР, Ереван, 1956.
4. К. П. Воскресенский. Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза. Гидрометеиздат, Л., 1962.
5. В. Я. Ким. О построении кривых обеспеченности суточных расходов горных рек. Труды Института энергетики, т. I. Изд-во АН КазССР, Алма-Ата, 1958.
6. Д. Л. Соколовский. Речной сток. Гидрометеиздат, Л., 1952.
7. В. Л. Шульц. Реки Средней Азии. Гидрометеиздат, Л., 1963.

Ф. В. ШКАЛИКОВ,
научный сотрудник

ПРОХОЖДЕНИЕ ТАЛОГО СТОКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ЗИМНЕ-ВЕСЕННИХ ЯВЛЕНИЙ В ЗАСНЕЖЕННЫХ РУСЛАХ ПЕРЕСЫХАЮЩИХ ЛОГОВ

Данная статья написана по материалам специальных наблюдений автора на Западно-Казахстанской стоковой станции.

Рельеф территории станции холмисто-увалистый, густо пересеченный сухими логами и оврагами. Экспериментальные лога имеют размеры: длина 1,5—12 км, площади водосборов 0,5—54 км², ширина русел 5—30 м, высота берегов 0,5—8 м. Здесь имеются и сравнительно глубокие лога с крутыми берегами и лога с мягким поперечным профилем (более мелкие), незаметно сливающиеся с прилегающей местностью. Все они после сброса талых вод полностью пересыхают. Осенью вода в логах не появляется, и в зиму они уходят сухими. С выпадением снега лога заносятся им и в таком виде остаются до весны (рис. 1). Отметим, что степень снегозанося логов из года в год различна. Это зависит от количества выпадающего снега зимой, силы и направления ветра и т. д. (8).

Движение талых вод в заснеженном русле и зимне-весенний режим пересыхающих логов изучены слабо. Лишь иногда в литературе можно встретить об этом отрывочные сведения, указания на важность и необходимость изучения этих вопросов (1—4, 6, 7). Между тем знание характера прохождения талых вод в заснеженном русле и зимне-весеннего режима пересыхающих логов имеет важное научное и практическое значение для использования логов в целях сельскохозяйственного обводнения (строительство прудов) и лиманного орошения. Это нужно, например, при расчете максимальных расходов для проектирования гидротехнических сооружений, при их эксплуатации. Движение талых вод и зимне-весенние явления в логах важно знать при исследовании формирования стока, особенно максимального (9), расчете и прогнозе гидрографа по методу изохрон, при анализе полевых материалов и выборе метода подсчета стока. Снег в логах и сопутствующие ему другие явления оказывают большое влияние на прохождение талых вод. Снег как бы «закупоривает» русло лога, уровни воды в первый период



Рис. 1. Расчистка от снега лога Теректысай в районе гидрометрического сооружения. Весна, 1953 г.

половодья, а в отдельные годы и дольше находятся в подпорном состоянии. В этих условиях затрудняется производство гидрометрических работ по учету стока.

Наблюдения за логами на Западно-Казахстанской стоковой станции в 1951—1959 гг. дали нам возможность осветить рассматриваемые вопросы и сделать некоторые выводы.

Русловой сток в логах начинается не сразу после поступления талых вод со склонов. Проходит некоторое время, необходимое на подготовку русла и снега к стоку, на их насыщение водой, что зависит от степени заноса, интенсивности таяния и размера водосбора. Этим отчасти и объясняется запаздывание стока в логах на 5—20 дней и более по отношению к его началу на склонах. По истечении указанного срока наступает период прохождения уже сформировавшегося сплошного руслового стока. Рассмотрим эти периоды и процессы, их сопровождающие, в условиях средних снеготаносов.

Для того, чтобы по руслу лога началось течение, необходима затрата части талых вод, как указывалось выше, на его насыщение и подготовку. Но вследствие того, что разные лога в различные годы заносятся снегом по-разному и имеют различную мощность и

характер русловых отложений, количество воды, идущей на это насыщение, будет различным. Несколько по-иному совершается и прохождение самого стока по руслу.

Первыми в русло поступают воды от таяния снега на берегах и прибрежной зоне склонов. В дальнейшем в русло начинает поступать и ручейковый сток с более отдаленных частей бассейна. Поступление талых вод по длине русла идет неравномерно, прерывисто, по отдельным участкам, в зависимости от условий таяния и стока на прилегающей местности. Наиболее благоприятными в этом отношении являются участки, куда впадают ручейки. Здесь русло быстрее подготавливается к стоку.

Русла логов редко заносятся снегом до уровня бровок по всей своей длине. Часто снег задерживается только на отдельных участках, главным образом на поворотах у пологих берегов и в сужениях русла. Между заносимыми участками снега бывает мало, иногда он совсем отсутствует. Здесь образуются «русловые ниши» (выемки). Последние часто встречаются на тех же поворотах, но со стороны обрывистых берегов русла.

Кроме того, в толще снега можно встретить различные «ниши выдувания», трещины, проходы и т. п., да и сам снег является пористым телом. Таким образом, вся масса снега в русле оказывается не сплошной, а «разорванной», пористой. Все эти микро- и макропоры как раз и заполняются (насыщаются) талой водой, прежде чем начнется сток (течение).

По мере поступления воды последняя начинает фильтроваться через снег вниз по течению — идет внутриснежный сток. В ближайших понижениях «снежного рельефа» (в русловых выемках) этот сток выклинивается, вода выступает на поверхность снега, образуя небольшие лужи, озерки. Таких озерек по руслу можно встретить много. Они образуются также в местах впадения в лог ручейков, между снежными перемычками, то есть там, где нет или мало снега.

Отметим, что скорость фильтрации талых вод через толщу снега очень мала. Она прежде всего зависит от плотности снега. Если на пути внутриснежного стока встречается более плотная снежная перемычка, то вода может выступать даже на поверхность снега и стекать вниз по нему. Если на данном участке скорость поступления талых вод в русло больше, чем скорость поглощения их снегом, то и в этом случае вода выступает и идет по поверхности, оставляя под собой не полностью насыщенный снег.

В местах впадения ручьев в главный лог нередко встречаются промоины и трещины в снегу (в сопряжении снега с берегами). Талые воды по ним проникают на дно лога и, пробивая себе путь в более рыхлом придонном слое снега, начинают двигаться вниз. Движение воды под снегом встречается очень часто в заснеженных руслах логов. По имеющимся наблюдениям, течение талой воды по

дну обычно начинается раньше, чем по поверхности снега. Причем, в первые дни формирования стока скорость движения воды под снегом даже больше, чем по поверхности, так как поступающий на снег расход воды еще мал, вода быстро поглощается снежной толщей.

Помимо насыщения снега, часть поступающих в русло талых вод теряется на инфильтрацию в русловые отложения. Как показали наблюдения (1958—1959 гг.), дно сухих русел больших и малых логов, несмотря на наличие в них толщ снега, все же промерзает. Перед таянием снега русловые отложения находятся обычно в замерзшем состоянии (если ложе песчаное, то верхний слой и в зиму остается талым, сыпучим). По-видимому, замерзание происходит до снегозаносов, чему способствует большая (сравнительно с водосбором) влажность русловых отложений. С наступлением зимы начинается их оттаивание. Быстрее этот процесс идет на участках русла, где нет снега. Затем оттаивают участки, находящиеся под снегом. По мере разморзания отложений происходит инфильтрация талых вод (под снегом и там, где его нет).

Таким образом, уже в период подготовки русла к стоку, в первые дни таяния, талые воды на разных участках по длине лога в различные дни половодья и даже в течение суток могут двигаться различными путями — по дну, внутри и по поверхности снега. Но этот талый сток еще не сплошной, прерывистый. Его роль заключается в подготовке русла к прохождению основного непрерывного стока.

В дальнейшем, по мере увеличения интенсивности таяния снега, количество поступающей в лог воды быстро возрастает. Русловой снег к этому времени уже сильно насыщен, а скорость поступления новых порций талой воды превышает инфильтрацию ее в снег и русловые отложения. Поэтому вода скоро выступает на поверхность, образуя в пониженных местах большие скопления в виде луж. Такие скопления особенно хорошо видны в логах с мягким поперечным сечением (рис. 2).

Все эти лужи затем переполняются и соединяются в один сплошной водный поток по всей длине лога. Основная часть стока в этот период проходит по верху снега, но он продолжает идти по дну и внутри снега, хотя более медленно и с перерывами. Кроме того, сам поверхностный поток может на отдельных участках уходить под снег.

В годы с большим снегозаносом логов и очень интенсивным таянием, каким, например, был 1956 г., поступающие с водосбора талые воды вообще не успевают впитываться в снег и проникать до дна. Поэтому большая часть их проносится по поверхности снега. Если год маловодный, то стекшая часть воды так и остается в русле в виде отдельных луж или идет только на насыщение снега и русловых отложений.

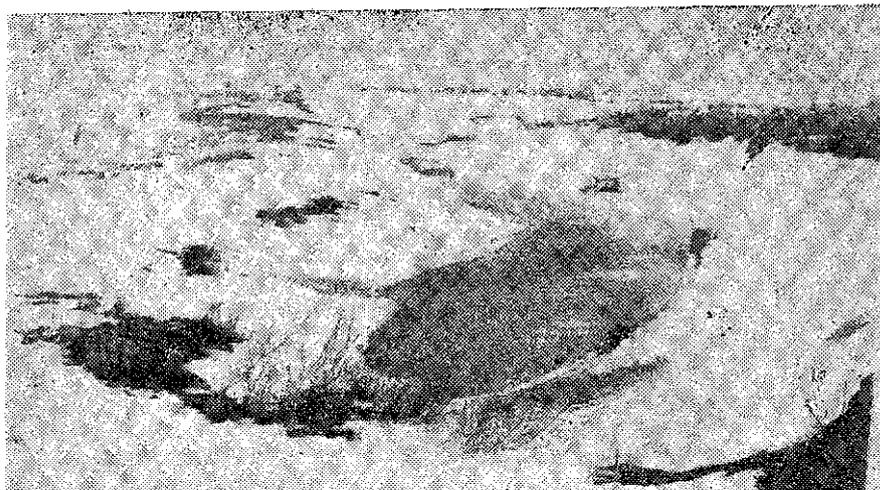


Рис. 2. Поступление талых вод в заснеженное русло лога Чилисай. Весна, 1958 г.

После того, как образуется сплошное течение в логу, снег еще некоторое время лежит на месте, не сносится. Очищается лог от снега только при максимальном прохождении воды. Это бывает обычно (хотя и не всегда) в день наиболее интенсивного таяния. После прохода максимума воды фарватер очищается, общий подпор в русле ликвидируется и уровни приходят в нормальное состояние. В это же время (при свободном состоянии) резко падает сток и вскоре совсем прекращается.

Местами оставшийся в русле и по берегам снег тает позже и дает лишь небольшой и прерывистый по времени сток. Необходимо отметить, что снег из логов выносится редко. Это зависит от водности года, интенсивности снеготаяния, степени заноса, плотности снега, размера лога и извилистости русла. Анализ материалов наблюдений показал, что критическими величинами для размыва и выноса снега из логов являются величины максимальных расходов воды и наибольших скоростей ее стока в многоводные годы (1952, 1956). Так, на логу Теректысай Нижний в 1952 г. вынос снега проходил при максимальном годовом расходе $31,2 \text{ м}^3/\text{сек}$ и наибольшей скорости — $2,0 \text{ м}/\text{сек}$.

В средние по водности годы (1954, 1957) снег сносится только частично. Максимальные расходы и скорости оказываются недостаточными для полного очищения русла от снега. В такие годы (на отдельных извилистых и с большой плотностью снега участках и в многоводные годы) поток нередко только размывает снег. В поисках более легкого прохода он образует в снегу различные причудливые промоины и ходы (рис. 3).



Рис. 3. В годы с небольшим стоком снег из логов не выносятся, талые воды лишь размывают его. Бассейн лога Теректысай. Весна, 1959 г.

После сброса воды оставшийся в русле снег отстает от берегов, расчлняется, оседает и в таком положении тает на месте. По ориентировочным подсчетам, после прохождения стока в логу Теректысай в 1954 г. количество оставшегося снега по берегам и в русле в пересчете на воду составило 28 000 м³.

При полном отсутствии стока (1953, 1955 гг.) снег целиком остается на месте, а затем постепенно тает (рис. 4). В характере очищения русел логов от снега отмечается некоторое подобие с очищением ото льда рек Западного и Центрального Казахстана. В маловодные годы здесь лед тоже не выносятся, а тает на месте.

Вынос снега из русел логов в многоводные годы проходит, как правило, бурно. Этому могут способствовать весенние дожди. При этом, в связи с более интенсивным таянием снега в русло сразу поступает много воды. Она заполняет все выемки и пустоты в заснеженном русле и проникает под снег. Под ее напором на отдельных участках плотный снег взламывается, поднимается и вместе с более рыхлой массой сносится вниз. Подобно ледоходу на реках, в местах различных препятствий, сужений и на поворотах этот снегоход создает заторы. Характерным для таких заторов является то, что они образуются на фоне заснеженного русла, вскоре разрушаются и затем снова возникают по всей длине русла в виде каскада. В результате резких подъемов уровня в местах заторов вода начинает переливаться через верх, в некоторых местах

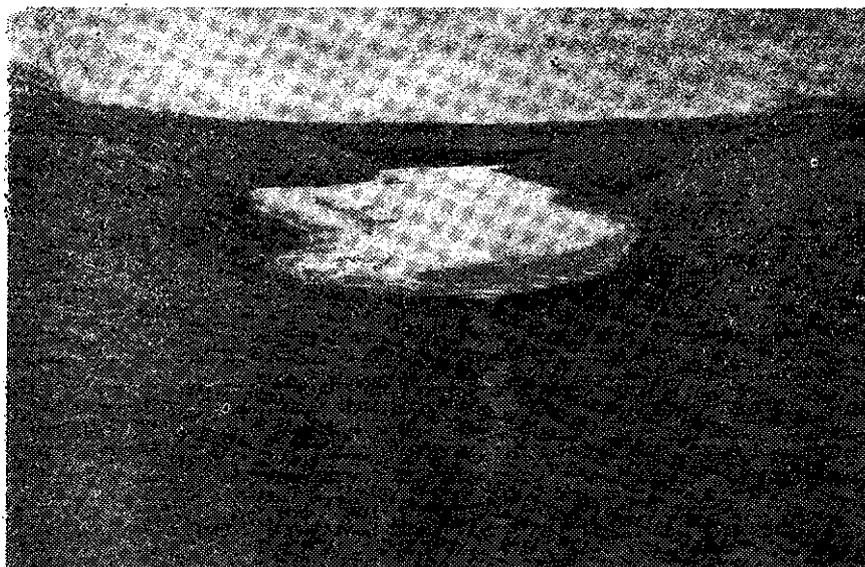


Рис. 4. При отсутствии поверхностного стока снег в логах остается и тает на месте. Лог Кенсай. Весна, 1958 г.

выходит из берегов и заливаает ближайшие участки местности. Однако вскоре под напором воды затор рушится, и вся снежно-водная масса устремляется вниз. Как и льдины на реках, плотные снежные глыбы сталкиваются между собой, нагромождаются друг на друга, представляя в этот момент такое же интересное зрелище, как и ледоход.

Такова общая картина подготовки заснеженного русла к стоку, прохождение стока и очистка русла от снега. Такое формирование и движение талых вод в заснеженных руслах свойственны главным образом большим логам. На малых логах все эти процессы происходят несколько по-иному, хотя ряд черт, отмеченных выше, относятся и к ним.

Небольшие лога (Кенсай, Кияксай и другие) имеют мягкий поперечный профиль и менее извилистые русла. На всем своем протяжении они полностью заносятся снегом. Снег здесь (по высоте и плотности) более однороден и равномерно залегае по длине и ширине лога. При таянии и поступлении со склонов талых вод весь он сравнительно быстро пропитывается водой и превращается в кашеобразную снежно-водную массу.

Поступление талой воды в малые лога происходит также более равномерно по всей длине русла. Вследствие сравнительно небольшой высоты и плотности снег часто стаивает прямо в логу одновременно с общим таянием на водосборе. Потери талых вод на

фильтрацию в русловые отложения здесь гораздо меньше, так как дно лучше задерновано. Скорость внутриснежной фильтрации воды больше.

В общем подготовка русла малых логов к стоку проходит быстрее, чем больших. Основная часть талых вод здесь сбрасывается по поверхности снега, хотя в работе находится все сечение русла. Снег с этих логов выносится почти ежегодно, часть его остается только по берегам.

Все указанное выше говорит о том, что русловой снег мелких логов играет гораздо большую роль в формировании поверхностного стока, чем более крупных и глубоких логов. Плотных снежных глыб в русле здесь обычно нет, больших заторов не образуется. Скорее тут имеет место явление, близкое к зажорам. Очищение русла от снега происходит также в день максимального годового расхода воды. При этом вынос снежно-водной массы проходит неожиданно и бурно. В этот день заторы образуются главным образом на участках гидрометрических сооружений, которые служат препятствием на пути движения снежно-водной массы. Такие заторы наблюдались в логах Кенсай и Кияксай в 1954, 1956 и 1959 гг. В результате созданного подпора вода может выходить из берегов в обход сооружения. В таких условиях для полного учета максимальных годовых расходов приходится перед указанными сооружениями возводить направляющие дамбы и увеличивать габариты сооружений (лотков).

Как видно из сказанного, лежащий в русле снег закупоривает его на большом протяжении, увеличивает шероховатость русла и оказывает сильное сопротивление движению потока, регулирует его. Ввиду неравномерности залегания снега в больших логах, его различной плотности, извилистости русла и заторных явлений условия прохождения стока по длине лога постоянно меняются, весь поток становится пульсирующим, макротурбулентным и в какой-то мере напоминает селевые потоки. Основная часть стока в логах обычно проходит в условиях заснеженного русла при подпорных (искаженных) уровнях (рис. 5). Связь между расходами и уровнями потока оказывается нарушенной, неоднозначной, гидрограф стока искажается. По мере прохождения стока снег размывается, выносится и подпор все более уменьшается, а после прохождения максимального годового расхода он обычно исчезает совсем (рис. 5, кр. III).

Как явствует из рассмотренных выше процессов прохождения талого стока в заснеженном русле, зимне-весенний режим логов носит специфический характер, отличный от режима рек с постоянным течением. На логах нет многих зимних явлений, образований и процессов, которые обычно наблюдаются на реках с постоянным течением и ледовым режимом (например, ледостава, заберегов и пр.).

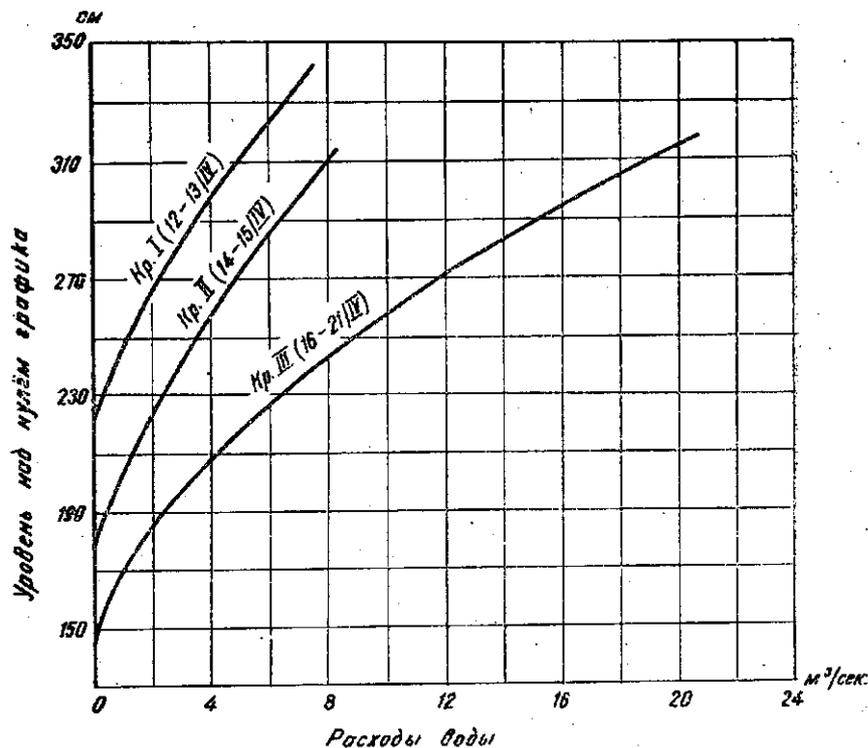


Рис. 5. Вид кривых расхода воды в условиях заснеженного русла. Лог Теректысай. Весна, 1954 г.

Все это вызывает необходимость иметь для временных водотоков специальную единую систему оценок зимних и весенних явлений. Такая классификация необходима как при стационарном изучении водотоков, так и при экспедиционных исследованиях. Введение собственной (в отличие от рек) классификации будет способствовать делу дальнейшего и более качественного изучения гидрологического режима логов.

При разработке классификации зимне-весенних явлений на логах необходимо соблюдать следующие условия. Названия и определения явлений должны правильно отражать их природу, быть простыми и ясными. Как и на реках с постоянным течением, перечень явлений должен освещать весь зимне-весенний период, начиная от заноса логов, кончая полным очищением их от снега. Помимо перечня явлений, следует дать их сокращенные наименования, знаки обозначений для таблиц уровней, а также условные знаки для картирования зимне-весенней обстановки на участке станции.

На основании проведенных наблюдений и исследований на пе-

ресыхающих логов Западно-Казахстанской стоковой станции нами разработана такая классификация. В ней учтены все основные зимние и весенние явления, процессы и образования, связанные с наличием снега в логах. Для каждого явления дается краткое его определение, возникновение и характерные особенности, а также сокращенное обозначение. Классификация зимне-весенних явлений на пересыхающих логах приводится ниже в той последовательности, в которой они совершаются, начиная от наполнения лога снегом и кончая его сходом.

1. **Снегозалежание** (сзг) — явление, когда весь лог выше и ниже створа занесен снегом. Для учета степени заноса используется трехбалльная шкала оценок: а) снег в логу лежит местами, а по сечению заполняет менее половины глубины; б) снег лежит всюду и в поперечном сечении составляет около половины русла; г) весь лог по длине и глубине сплошь занесен снегом.

2. **Наледь** (нл) — как на реках, так и в логах наледи образуются вследствие напора воды под ледовым покровом. В логах они встречаются в местах плесов, покрытых мощным льдом. Емкость плесов при этом резко уменьшается, а грунтовые воды продолжают поступать. В результате во льду возникают трещины, из которых изливается вода и поблизости от плеса замерзает, образуя наледь.

3. **Слуд**, или снежный лед (сл), — снег, пропитанный водой и замерзший. Образуется в логах мягкого профиля вследствие мороза, наступившего после оттепели или в период весеннего таяния.

4. **Вода на снегу** (вс) — лужи стоячей воды на поверхности снега. Образуется за счет поступления талой воды со склонов и берегов, а также от таяния снега в самом логу.

5. **Вода течет поверх снега** (впс) — поток воды поверх снега, который образуется в результате таяния и поступления талых вод со склонов водосбора в русло лога.

6. **Вода течет под снегом** (внс) — в русле лога лежит снег, под которым (на границе с поверхностью лога) текут талые воды.

7. **Вода течет внутри снега** (ввс) — все сечение лога забито снегом, в толще которого течет вода. Явление наблюдается перед «вскрытием» лога, то есть в начале стока.

8. **Сплошное течение воды** (ств) — одновременное течение воды поверх снега, внутри и под снегом (через все сечение) в логу. Это явление происходит в период интенсивного таяния и знаменует собой заключительную стадию формирования руслового стока.

9. **Промоины** (пр) — различные ходы и углубления в русловом снеге, образованные действием текучей воды перед «вскрытием» лога.

10. Снег подняло (сп) — ранее покрытый водой, снег в логу, не ломаясь, отделился от берегов и всплыл. Наблюдается перед «вскрытием» в глубоких логах.

11. Подвижка снега (пс) — подвижка и разламывание снега на участке в результате интенсивного поступления талых вод в русло и напора воды снизу. Наблюдается преимущественно в многоводные годы в глубоких логах в процессе «вскрытия».

12. Снегоход (сгх) — плывущие снежные глыбы или рыхлый снег, образовавшийся в результате разрушения снежных толщ в русле лога. Степень густоты снегохода отмечается баллами:* а) редкий снегоход (плывущий снег покрывает $\frac{1}{4}$ водной поверхности); б) средний (снег покрывает от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{2}$ водной поверхности); в) сплошной снегоход (снег покрывает больше половины водной поверхности). Необходимо также отметить характер плывущего снега (плотные глыбы, рыхлые массы).

13. Снежный затор (сзт) — стеснение или временная закупорка русла во время весеннего снегохода. Затор выше створа вызывает на последнем быстрый спад, а при заторе ниже створа — подъем воды. Снежный затор — явление кратковременное, прорыв его происходит быстро, под напором бурно проходящего потока. Необходимо отмечать место, где образуется затор (выше или ниже створа).

14. Снег растаял на месте (срнм) — снег в логу сошел без снегохода. Такое явление наблюдается в годы с малым руслowym стоком или полным отсутствием его.

15. Чисто (св) — ни на поверхности воды, ни на дне лога никакого снега нет. Оставшиеся по берегам снежные глыбы подпорного влияния на поток не оказывают. Однако наблюдатель должен отметить этот снег.

16. Лог пересох (прсх) — течение полностью прекратилось, воды в логу нет.

Как видим, все зимне-весенние явления и образования в пересыхающих логах связаны со снегом. Снегозалежание является основным в зимнем режиме. Прежде всего оно оказывает влияние на прохождение стока в логах.

Несмотря на специфичность зимне-весеннего режима логов, между ним и режимом рек с постоянным течением имеется в отдельных случаях аналогия. Но эта аналогия механическая, она носит только внешний характер. Так, например, подвижке льда на реках соответствует подвижка снега в логах, ледоходу — снегоходу и пр. Генезис же развития зимне-весенних явлений на реках и логах различный. В первом случае все зимние образования и явления связаны со льдом, во втором — со снегом.

* Оценка интенсивности снегохода дается по трехбалльной шкале, как это принято на реках для ледохода.

Сокращенные наименования явлений после каждого названия даны в скобках. Знаки для обозначения явлений при составлении таблиц уровней можно использовать те же, что и для рек с ледовым режимом. Конечно, значения их будут несколько иными, но подобными. Сплошная прямая линия, обозначающая ледостав, здесь будет показывать снегозалежание, снегоход, как и ледоход, обозначается кружочками, вода течет поверх снега — двумя тонкими линиями, подвижка снега — буквой «п», затор — залитым треугольником и т. д.

Что касается условных знаков для картирования зимнего режима, то и здесь можно использовать знаки, применяемые для картирования ледовой обстановки на реках (5). Но в данном случае будут использованы только те из них, которые обозначают аналогичные явления в логах. Так, знак ледостава в логах будет обозначать снегозалежание, ледоход — снегоход, знак места затора остается одинаковым и т. п.

Предлагаемая система оценок зимне-весенних явлений в логах Западного Казахстана может быть использована во всех других аналогичных условиях и районах республики.

ВЫВОДЫ

1. Изучение вопроса о прохождении талого стока в заснеженном русле имеет важное значение для его расчета и прогноза, при исследовании формирования руслового стока малых водотоков, для выработки методики измерения и подсчета расходов воды и пр.

2. Начало стока (течения) в руслах пересыхающих логов не совпадает с моментом поступления в них талых вод со склонов. Первая вода идет на подготовку русла к стоку — насыщение снега и русловых отложений. Подготовительный период может продолжаться от 5 до 20 дней.

3. Характерной особенностью формирования стока пересыхающих логов, особенно максимального, является значительная роль в этом самого русла. Русловое регулирование и потери талых вод в русле определяют эту роль.

4. Снежные заносы логов выступают одним из факторов формирования руслового стока вообще и максимальных расходов, в частности. Лежащий в русле снег вместе с различными пустотами и другими емкостями является аккумулятором стекающих с водосбора талых вод и регулятором их прохождения в заснеженном русле. В различные годы этот снег по-разному принимает участие в формировании стока пересыхающих логов. В многоводные годы он способствует формированию завышенного максимального расхода и сам является составной его частью. А в маловодные — снег остается в русле и сам по себе сколько-нибудь значительного поверхност-

ного стока, как правило, не дает. Более того, он занижает общий объем стока, задерживая поступающие с водосбора талые воды и способствуя их фильтрации в русловые отложения.

5. Снег в логу закупоривает русло, увеличивает его шероховатость и оказывает сильное сопротивление движению потока. Уровни до момента прохождения максимального годового расхода, а в маловодные годы — весь период половодья находятся в подпорном состоянии.

6. Весной снег из логов выносятся не каждый год. Это зависит от водности года, интенсивности снеготаяния, степени заноса, плотности снега и морфометрии русла. Критическими величинами для размыва и выноса снега из русел являются величины максимальных расходов воды и наибольших скоростей ее в наиболее многоводные годы.

7. Все зимне-весенние явления в сухих логах связаны с наличием в них снега, в то время как на реках, имеющих постоянный сток, зимний режим связан с ледоставом.

Предложенная автором классификация зимне-весенних явлений в сухих логах может быть использована в других районах, имеющих аналогичные физико-географические условия.

ЛИТЕРАТУРА

- Ковзель А. Г. Исследование процессов формирования стока талых вод на малом водосборе. Труды ГГИ, вып. 38. Л., 1953.
- Козменко А. С. и Ивановский А. Д. Снеговой режим в Центральной лесостепи. «Гидротехника и мелиорация», 1952, № 12.
- Комаров В. Д. Некоторые особенности формирования талого стока на малом водосборе. «Метеорология и гидрология», 1952, № 10.
- Комаров В. Д. Гидрологический анализ и прогноз весеннего половодья равнинных рек, Л., 1955.
- Наставление гидрометеорологическим станциям и постам, вып. 6, ч. I. Л., 1957.
- Руководство стоковым станциям. Л., 1954.
- Урываев П. А. Экспериментальные исследования факторов весеннего стока. Труды ГГИ, вып. 59. Л., 1957.
- Шкалик Ф. В. О снежных заносах сухих логов Западного Казахстана. Докл. Казахской академии сельскохозяйственных наук, вып. 3, Алма-Ата, 1960.
- Шкалик Ф. В. Максимальные расходы воды пересыхающих логов и факторы, их обуславливающие. Труды КазНИГМИ, вып. 17. Л., 1962.

*В. И. НИКОЛЕНКО,
научный сотрудник*

АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В ВЕРХНЕМ БЬЕФЕ

Поддержание постоянного уровня воды в верхнем бьефе и заданного расхода по каналам является задачей автоматического регулирования технологических процессов гидротехнических сооружений головного типа. Условием постоянства уровня будет соблюдение материального (водного) баланса, то есть поступление воды в верхний бьеф должно соответствовать сбросу. В свою очередь стабильный уровень воды в верхнем бьефе обеспечивает постоянный расход ее по каналам.

В естественных условиях приток воды в верхний бьеф изменяется и вызывает соответственное отклонение уровня. Чтобы предотвратить это, необходимо осуществить варьирование сброса воды из верхнего бьефа.

Общий сброс воды из верхнего бьефа сооружения складывается из расхода воды по каналам и руслу. Расход воды по каналам обычно задается планом водопользования и на протяжении каждой декады является величиной постоянной. Из этого следует, что варьирование общего сброса воды из верхнего бьефа для поддержания постоянного уровня можно осуществлять путем изменения расхода по руслу. Согласно плану водопользования, расход воды по каналам каждую декаду меняется. Это влияет на положение уровня воды в верхнем бьефе. Однако действие этих влияний будет сказываться в течение времени, необходимого лишь для перемещений затворов. Практически подобные влияния носят эпизодический и кратковременный характер и действуют только в начале декады. Поэтому положение уровня воды в верхнем бьефе в основном определяется характером притока.

В дальнейшем для упрощения выводов будем считать, что положение уровня в верхнем бьефе определяется соответствием между притоком воды и общим сбросом, состоящим из постоянного расхода воды по каналам и переменного — по руслу. Такое допущение не снижает объективности анализа технологических процессов

гидротехнического сооружения головного типа, но значительно упрощает математические выкладки.

Разработка системы автоматического регулирования связана с выбором типа регулятора. Выбор последнего должен опираться на динамические свойства регулируемого объекта. Для оценки динамических свойств гидротехнического сооружения как объекта регулирования уровня воды в верхнем бьефе составим его дифференциальное уравнение на основании материального (водного) баланса (рис. 1).

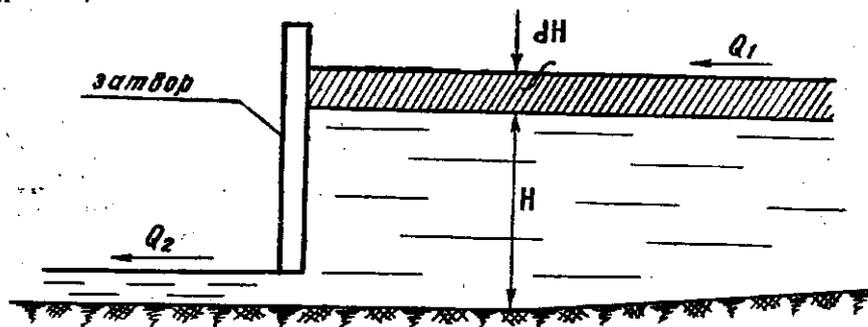


Рис. 1. Упрощенная схема гидротехнического сооружения.

Приток воды в верхний бьеф составляет $Q_1 \text{ м}^3/\text{сек}$, а общий сброс — $Q_2 \text{ м}^3/\text{сек}$. В установившемся режиме приток воды равен общему сбросу, и уровень в верхнем бьефе остается неизменным.

$$Q_{1n} - Q_{2n} = 0; H = H_n = \text{const.} \quad (1)$$

Индексами n обозначены величины Q_1 , Q_2 и H в установившемся режиме.

Для неустановившегося режима, когда приток воды не равен сбросу, в верхнем бьефе будет происходить накопление (или убыль) воды, причем за каждый бесконечно малый отрезок времени dt объем воды в верхнем бьефе будет изменяться на dv . Этому изменению объема соответствует изменение уровня dH :

$$(Q_1 - Q_2) \times dt = dv = S \times dH, \quad (2)$$

где S — площадь зеркала воды верхнего бьефа.

Поделив уравнение 2 на dt и вычтя из него уравнение 1, получим уравнение динамических свойств гидротехнического сооружения как объекта регулирования уровня воды в верхнем бьефе:

$$(Q_1 - Q_{1n}) - (Q_2 - Q_{2n}) = S \times \frac{dH}{dt}. \quad (3)$$

Рассматривая полученное уравнение 3, следует отметить, что объект регулирования имеет две входных величины: изменение притока воды и изменение ее сброса.

В нашей схеме регулирования уровня воды изменение притока является внешним возмущающим фактором, а изменение сброса служит регулирующим воздействием.

Для гидротехнического сооружения скорость изменения регулируемого параметра H (уровень воды в верхнем бьефе) пропорциональна разнице притока и сброса воды. Следовательно, чем больше площадь зеркала воды верхнего бьефа сооружения, тем медленнее изменяется регулируемый параметр при одном и том же возмущении.

Выразим уравнение динамических свойств объекта 3 в безразмерных величинах. Для этого будем относить отклонения уровня к его номинальному значению в установившемся режиме H_n , а отклонения притока и сброса — к максимальной нагрузке объекта, которая в установившемся режиме определяет как максимальный приток воды, так и максимальный ее сброс:

$$Q_{\max} = Q_{1\max} = Q_{2\max}.$$

Введем обозначения:

$$\varphi = \frac{H - H_n}{H_n} \text{ — относительное отклонение уровня (регулируемый параметр);}$$

$$\lambda = \frac{Q_1 - Q_{1n}}{Q_{\max}} \text{ — относительное отклонение притока воды в верхнем бьефе (возмущающий фактор);}$$

$$\mu = \frac{Q_2 - Q_{2n}}{Q_{\max}} \text{ — относительное отклонение сброса воды из верхнего бьефа (регулируемый фактор).}$$

Поделив уравнение 3 на Q_{\max} , поделив и умножив его правую часть на H_n , затем подставив принятые обозначения, получим:

$$\frac{S \times H_n}{Q_{\max}} \times \frac{d\varphi}{dt} = \lambda - \mu, \quad (4)$$

или

$$T_a \times \frac{d\varphi}{dt} = \lambda - \mu, \quad (5)$$

где $T_a = \frac{S \times H_n}{Q_{\max}}$ — время разгона регулируемого объекта.

В правой части уравнения 5 стоят два входных воздействия. Положительный знак перед λ показывает, что при увеличении притока воды уровень в верхнем бьефе повышается, а при уменьшении притока — понижается, то есть отклонение регулируемого параметра φ будет того же направления, что и воздействие λ .

Знак «минус» перед воздействием μ показывает, что увеличение сброса вызывает понижение уровня, то есть изменение регулируемого параметра φ будет по направлению противоположно изменению регулирующего воздействия μ .

Время разгона T_a прямо пропорционально произведению площади зеркала воды верхнего бьефа S на номинальный уровень H_n и обратно пропорционально максимальной нагрузке Q_{\max} .

Следующим этапом разработки системы автоматического регулирования является выбор регулятора. Вопрос о пригодности того или иного регулятора для автоматического регулирования не может быть решен без совместного исследования динамики системы: регулятор — объект.

Поскольку динамические свойства регулируемого объекта заданы уравнением 5, то на динамические свойства системы автоматического регулирования можно влиять только путем выбора типа регулятора.

Для исследования системы автоматического регулирования необходимо прежде всего составить ее дифференциальное уравнение и подвергнуть его аналитическому исследованию. Аналитическое исследование позволяет выявить форму протекания переходного процесса, то есть установить, устойчива ли система регулирования, какова длительность переходного процесса, каковы отклонения регулируемого параметра.

Определим дифференциальное уравнение системы регулирования. Для простоты пусть уровень воды в верхнем бьефе поддерживает статический регулятор прямого действия. Он состоит из поплавка, который механически через систему рычагов управляет регулирующим органом. Для такого регулятора зависимость между входной величиной φ (относительное отклонение уровня) и выходной μ (относительное отклонение сброса) выражается формулой:

$$\mu = + \frac{\varphi}{\delta}, \quad (6)$$

где $\delta = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{H_n}$ — относительная неравномерность регулятора.

Неравномерность соответствует такому изменению регулируемого параметра, которое необходимо для перемещения регулирующего органа из одного крайнего положения в другое. Подставив значение μ из уравнения 6 в уравнение 5, получим искомое уравнение системы регулирования:

$$\frac{1}{\delta} \times (T_a \times \delta \times p + 1) \times \varphi = \lambda, \quad (7)$$

где p — оператор $\frac{d}{dt}$.

Уравнение системы регулирования 7, устанавливающее закон изменения во времени параметров системы при непрерывно действующем возмущении λ , называется уравнением вынужденного движения системы.

Если после нарушения равновесия системы возмущение снимается, то дальнейшее поведение такой системы определяется урав-

нением свободного движения. Его мы получаем из уравнения 7, полагая, что $\lambda=0$:

$$(T_a \times \delta \times p + 1) \times \varphi = 0. \quad (8)$$

Уравнения 7 и 8 представляют собой уравнения переходного процесса системы регулирования. Исследуя их, можно судить о динамике процесса регулирования уровня воды в верхнем бьефе выбранным регулятором, то есть выяснить, будет ли устойчива система регулирования. Для этого проинтегрируем уравнение свободного движения системы 8 и придем к выводу, что относительное изменение регулируемого параметра будет происходить по закону:

$$\varphi = a \times e^{-\frac{1}{\delta \times T_a} \times t} \quad (9)$$

Из уравнений 5 и 6 видно, что величины δ и T_a положительные. Следовательно, с течением времени t отклонение регулируемого параметра φ стремится к нулю.

Таким образом, если в качестве регулятора уровня воды в верхнем бьефе будет выбран статический регулятор прямого действия, то система регулирования будет устойчивой.

Однако практическое применение подобного регулятора на гидротехнических сооружениях сопряжено с техническими трудностями. Необходимо, чтобы поплавков через рычажную систему поднимал или опускал тяжелый затвор. Поплавковое устройство для такой цели мало пригодно.

В связи с этим перейдем к рассмотрению более сложных систем регулирования, где используются регуляторы с электрическими контактами, посредством которых управляются мощные электросервоприводы затворов гидротехнических сооружений. Исследуем применимость электрического статического регулятора с жесткой обратной связью и постоянной скоростью сервопривода (рис. 2).

Согласно кинематической схеме регулятора, при отклонении регулируемого параметра от заданного (уровень верхнего бьефа) электрозолотник 3 замкнет один из контактов вилки 2. Через эти контакты включается электродвигатель 5, который с постоянной скоростью перемещает затвор.

На управляющую электроконтактную ячейку регулятора, помимо основного воздействия от измерительного устройства (поплавок 1), поступает воздействие через рычаг 6 по выходному параметру сервопривода. Это воздействие называется жесткой обратной связью. В нашем случае действие обратной связи направлено на выключение электродвигателя.

Уравнение электрического статического регулятора с жесткой обратной связью и постоянной скоростью сервопривода имеет вид:

$$\mu = + \frac{\varphi}{\delta} - \frac{\sigma}{\delta}, \quad (10)$$

где σ — отклонение электрозолотника 3 (постоянная величина, зависящая от конструкции электроконтактной ячейки).

Найдем уравнение системы регулирования с рассматриваемым регулятором. Для этого совместно решим уравнение объекта 5 с

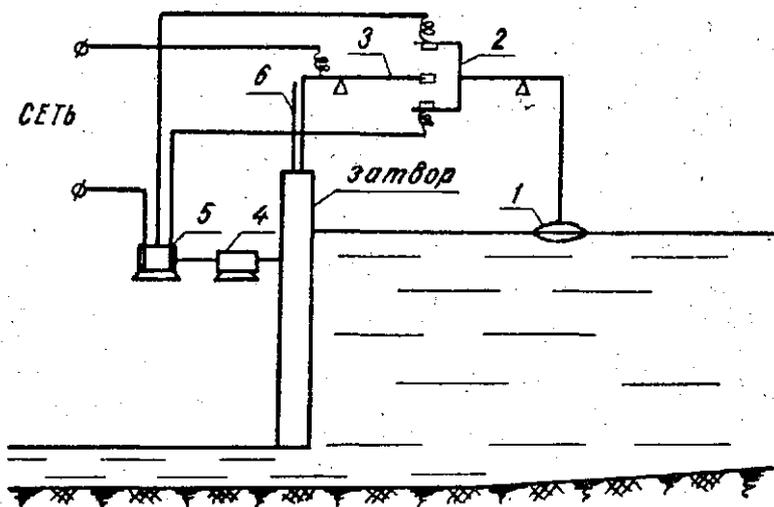


Рис. 2. Упрощенная схема электрического статического регулятора с жесткой обратной связью и постоянной скоростью сервопривода: 1 — поплавок, 2 — вилка, 3 — электрозолотник, 4 — редуктор, 5 — электродвигатель, 6 — рычаг.

уравнением регулятора 10. После несложных преобразований получим уравнение принудительного движения системы регулирования следующего вида:

$$\frac{d\varphi}{dt} + \frac{1}{T_a \times \delta} \times \varphi - \frac{\sigma}{T_a \times \delta} = \frac{\lambda}{T_a}. \quad (11)$$

Уравнение свободного движения системы при $\lambda=0$ выражается неоднородным линейным дифференциальным уравнением первого порядка с постоянными коэффициентами:

$$\frac{d\varphi}{dt} + \frac{1}{T_a \times \delta} \times \varphi - \frac{\sigma}{T_a \times \delta} = 0. \quad (12)$$

Решением этого уравнения является корень вида:

$$\varphi = C \times e^{-\frac{1}{T_a \times \delta} \times t} + \sigma, \quad (13)$$

из которого видно, что с течением времени отклонение регулируемого параметра φ стремится к постоянной величине δ , то есть система регулирования будет устойчивой. Отсюда следует, что рассмотренный тип регулятора пригоден для регулирования уровня воды в верхнем бьефе гидротехнического сооружения.

ВЫВОД

Аналитическое исследование систем автоматического регулирования позволяет конкретно решать вопросы о способах и средствах автоматизации гидротехнических объектов.

ЛИТЕРАТУРА

- Фельдбаум А. А. Электрические системы автоматического регулирования. Оборонгиз, 1954.
Попов Е. П. Автоматическое регулирование Г. И. Т. Т. Л.—М., 1956.
Воронов А. А. Элементы теории автоматического регулирования. Воениздат, М., 1950.
Фатеев А. В. Основы линейной теории автоматического регулирования. Энергоиздат, М.—Л., 1954.

*В. Я. ЛОПАТИН,
научный сотрудник*

ПОТЕРИ ВОДЫ ВО ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ КАНАЛАХ ГЕОРГИЕВСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Из-за недостатка воды в вегетационный период (июнь, июль, август и сентябрь) на Курдайском массиве часто приходится сокращать ее подачу для поливов сельскохозяйственных культур. Одной из главных причин этого, на наш взгляд, являются значительные потери воды на впитывание и фильтрацию в элементах внутрихозяйственной сети Георгиевской оросительной системы.

В течение 1958—1961 гг. на территории Георгиевской оросительной системы научными сотрудниками отдела механизации и автоматизации поливов КазНИИВХ изучались потери воды в элементах внутрихозяйственной сети и разрабатывались мероприятия по уменьшению их. Объектами исследований являлись постоянные каналы периодического действия, временные оросители и выводные борозды.

По фильтрационным свойствам грунтов ложа каналов территорию Георгиевской оросительной системы можно разделить на три характерные зоны. Первая зона—верхняя часть системы—представлена тяжелыми пылеватыми суглинками с коэффициентом фильтрации порядка 0,005—0,01 м/час. Вторая зона объединяет территорию средней части системы, почвы которой представлены средними суглинками с близким залеганием водопроницаемого слоя галечника с коэффициентом фильтрации порядка 0,01—0,03 м/час. Третья зона занимает территорию нижней части системы, почвы которой представлены галечниками с примесью суглинка и лесса. Коэффициент фильтрации колеблется в пределах 0,03—0,06 м/час.

Изучение потерь воды на фильтрацию проводилось в обычных условиях эксплуатации каналов без нарушения водоподачи. Определение потерь проводилось двумя способами: гидродинамометрическим на действующих каналах и гидростатикометрическим в отсеках, устроенных вблизи каналов.

Потери воды в каналах постоянного действия. Потери воды на фильтрацию из каналов определялись по разности расходов в двух створах. Величина средневзвешенного расхода нами определялась по приближенной формуле М. М. Кабакова:

$$Q_{\text{ср. взв.}} = Q_{\text{гол.}} - \sum \frac{Q_{\text{отв.}} (L - L_1)}{L} - \frac{s}{a}, \quad (1)$$

где S — величина абсолютных потерь на участке канала;

L — длина участка канала;

L_1 — расстояние от отвода до нижнего створа;

$Q_{\text{отв.}}$ — расход отводов канала;

a — коэффициент, зависящий от числа и расположения отводов ($a=2$).

Сравнительные данные по величине потерь воды на фильтрацию во внутрихозяйственных каналах постоянного действия различных зон системы приведены в таблице 1.

Определение потерь воды на фильтрацию путем непосредственных замеров расходов воды в каналах является трудоемким процессом. Поэтому нами была сделана попытка на основании полученных фактических данных упростить вычисления этих потерь.

Выше уже говорилось, что потери воды на фильтрацию зависят в основном от расхода воды в каналах, то есть δ потери = $f(Q)$. Аналитическая обработка фактических данных по потерям воды позволила получить следующие формулы удельных потерь на 1 км длины канала (по типу формул академика А. Н. Костякова):

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

$$\sigma_{\text{ср. взв.}} = \frac{2,35}{Q_{\text{ср. взв.}}^{0,58}} \% \quad (2^1)$$

Таблица 1

Потери воды на фильтрацию в каналах постоянного действия

Наименование зон системы	Наименование каналов	№ створов	Расстояние между створами, м	Расходы, м³/сек		Абсолютные потери воды на участках, м³/сек	Относительные потери воды, % на 1 км		Коэффициент фильтрации, м/мес.
				в голове створа	ср. взвеш.		от расхода в голове	от средневзвеш. расхода	
I	P-2	0		0,654					
		1	3 131	0,276	0,497	0,057	2,79	3,66	0,015
			1 477		0,209	0,027	6,65	8,75	0,015
II	P-124	2		0,139					
		0		0,463					
III	P-10	1	2 000		0,276	0,043	4,66	7,80	0,024
		0		0,205					
		0		1,162					
		1	3 550	0,649	0,872	0,106	2,63	3,50	0,035
		2	950		0,359	0,019	2,14	5,56	0,035
				0,119					

Пользование формулой 2¹ в практических расчетах несколько затруднено, так как определение Q ср. взв. сопряжено с трудностями. Поэтому нами для упрощения подсчетов был введен в формулу 2 поправочный коэффициент, который учитывает переменность расхода. Теперь формула 2 будет иметь вид:

$$\sigma = \frac{2,19}{Q_{\text{гол.}}^{0,56} \times K_n} \% \quad (3)$$

где K_n — поправочный коэффициент, учитывающий переменность расхода при наличии отводов воды из канала.

Величина поправочного коэффициента (K_n) определялась из отношения:

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \left(\frac{Q}{Q_2}\right)^m = \frac{1}{K_n}, \quad (4)$$

где m — показатель степени $\delta = \frac{A}{Q^m}$,

$$\text{а отношение } \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = K_n, \quad \text{или } K_n = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^m. \quad (5)$$

Поправочный коэффициент при равномерном распределении отводов по всей длине канала и величине отводов в % от головного расхода составил при 100% 0,666, при 60% — 0,82 и при 20% — 0,95.

Потери воды в каналах периодического действия. Величина потерь воды на фильтрацию в каналах периодического действия определялась нами также путем непосредственных измерений расходов в каналах в различные периоды их работы (гидродинамикометрический метод). Результативные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2

Потери воды на фильтрацию в каналах периодического действия

Наименование зон системы	Наименование каналов	№ створов	Расстояние между створами, м	Расходы воды, м ³ /сек		Абсолютные потери воды на участках, м ³ /сек	Относительные потери воды, % на 1 км		Коэффициент фильтрации, м ³ /час.
				в голове створа	средне-взвешен.		от расхода в голове	от средне-взвешен. расхода	
I	P-114	0		0,186					
		1	450	0,084	0,131	0,0025	2,98	4,21	0,013
		2	1050	0,045	0,047	0,035	4,00	7,12	0,01
III	P-8-2	0		0,056					
		1	510	0,046	0,051	0,01	35,00	38,5	0,05

Определение потерь воды на фильтрацию в каналах периодического действия по методу учета динамичности коэффициента впитывания нами проводилось опытным путем в отсеках рядом с каналами. Среднее значение скорости впитывания определялось по формуле академика А. Н. Костякова:

$$K_{\text{ср.}} = \frac{W_1}{t^{1-\alpha}}, \quad (6)$$

где $K_{\text{ср.}}$ — средняя скорость впитывания (в мм/час);
 W_1 — опытное значение величины впитывания за первую единицу времени, равное 70,4 мм;
 t — продолжительность водоподачи (в час);
 α — коэффициент затухания впитывания в среднем равен 0,6.

Ввиду различных водооборотов на каналах периодического действия определение величины фильтрационных потерь по среднему значению коэффициента впитывания будет неточным. Поэтому нами предлагается формула для определения фильтрационных потерь по средневзвешенному коэффициенту впитывания:

$$K_{\text{ср. взв.}} = \frac{W_1}{t^{1-\alpha}} \left(\frac{1}{n^\alpha} + \frac{1}{(n-1)^\alpha} + \dots + 1 \right), \quad (7)$$

где n — число участков между водовыделами тактов водооборота.

Величина абсолютных потерь воды на фильтрацию в пересчете на 1 км канала равна:

$$S = \frac{K_{\text{ср. взв.}}}{3,6 \times n} \times \chi_k, \quad (8)$$

где S — абсолютные потери в канале (в л/сек на 1 км);

χ_k — смоченный периметр канала (в м).

Для определения объема потерь воды в каналах периодического действия, на наш взгляд, можно пользоваться формулой:

$$V = \frac{1}{3} L \times S \times 86,4 \times T, \quad (9)$$

где V — объем потерь воды (в м³);

L — протяженность канала (в км);

T — продолжительность рассматриваемого периода работы (в сутках);

$\frac{1}{3}$ — коэффициент, учитывающий продолжительность работы каналов периодического действия за вегетационный период.

Результаты исследований по определению потерь воды на фильтрацию в каналах периодического действия и специально подготовленных отсеках для трех зон системы приведены для пользования на графике (рис. 1).

Опыты, проведенные научным сотрудником Ю. Арсениным на отсеках каналов, позволили установить эффективность противо-

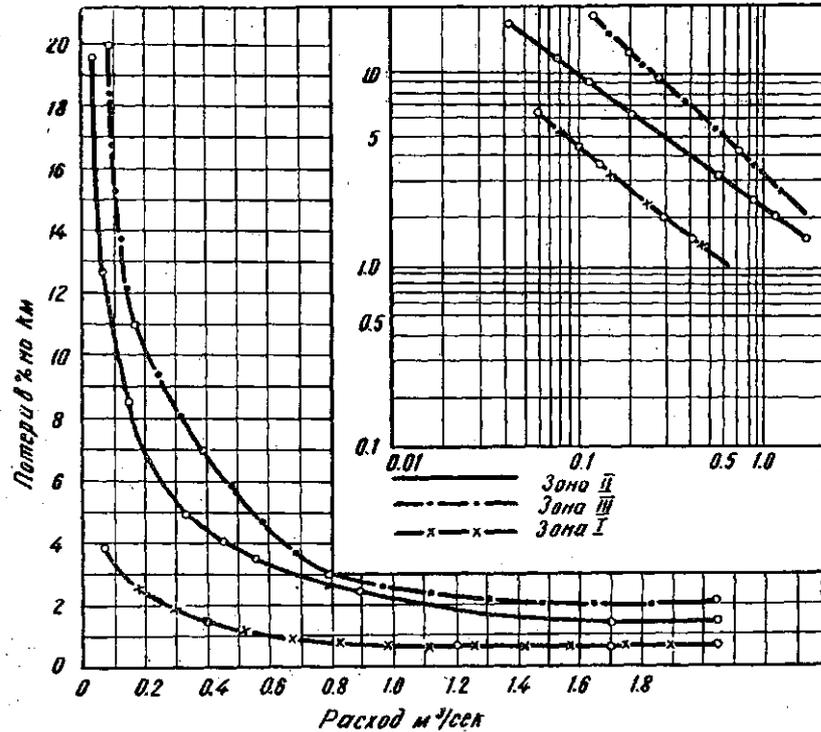


Рис. 1. Кривые зависимости потерь воды от расхода в каналах.

фильтрационных мероприятий (мощение, кольматация и ударное уплотнение).

Изменение коэффициента фильтрации в зависимости от времени и применяемых противофильтрационных мероприятий показано на графике (рис. 2 и 3).

Анализируя графики, можно сделать вывод, что в первые часы коэффициент впитывания на участке кольматации в 1,3 раза меньше, чем на контрольной секции, на участке мощения — в 3,6 раза и на уплотненных секциях — в 3,4 раза меньше. Изучение фильтрационных потерь на мощеных каналах показало, что мощением не всегда можно добиться эффективного уменьшения потерь воды на фильтрацию. Здесь появляются два таких важных момента: если русло канала подвергается естественной кольматации, то мощение дает должный эффект, и, наоборот, при плохой естественной кольматации фильтрация уменьшается незначительно. Для оценки величины фильтрационных потерь в каналах нами приведены результаты опытов в виде графика для средней зоны системы (рис. 4).

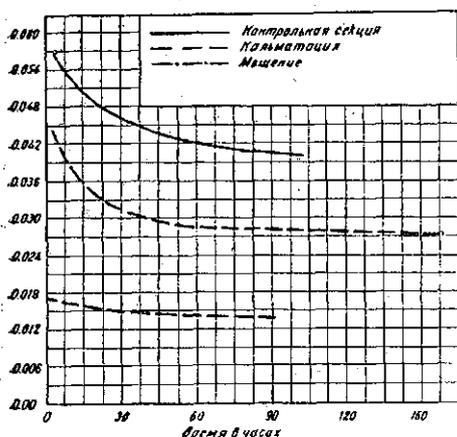


Рис. 2. График изменения скорости впитывания воды для различных противофильтрационных мероприятий (в районе Р-6).

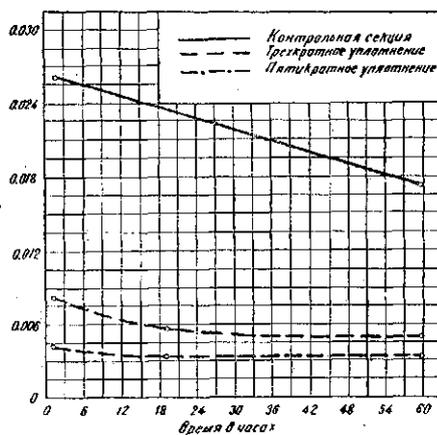


Рис. 3. График изменения скорости впитывания воды для различных противофильтрационных мероприятий.

Потери воды из временных оросителей. Временные оросители являются, как известно, каналами с резко выраженной периодичностью действия. Потери из временных оросителей складываются из потерь воды на впитывание (замочку высохшего русла) и на фильтрацию. Определение размера этих потерь нами производилось двумя способами: гидродинамикометрическим на работающих оросителях и гидростатикометрическим в специальных отсеках. Расходы воды в оросителях измерялись водомерами типа «насадка», установленными в голове и внизу оросителя на расстоянии 500—600 м. Продолжительность работы оросителей с головными расходами от 20 до 100 л/сек составляла 10—14 часов.

Полевые материалы по определению размера потерь воды в оросителях подвергались следующей обработке: за каждый час работы оросителя определялись взаимные объемы, прошедшие через головной и концевой водомеры, а затем определялся % удельных потерь воды на 100 пог. м длины оросителя.

Для удобства пользования результаты опытов представлены в виде графика зависимости оросительных потерь воды на впитывание и фильтрацию от головного расхода воды и времени работы оросителя (рис. 5).

Известно, что потери воды во времени изменяются по закону впитывания, то есть:

$$\sigma_t = \frac{Q}{t^2} \% , \quad (10)$$

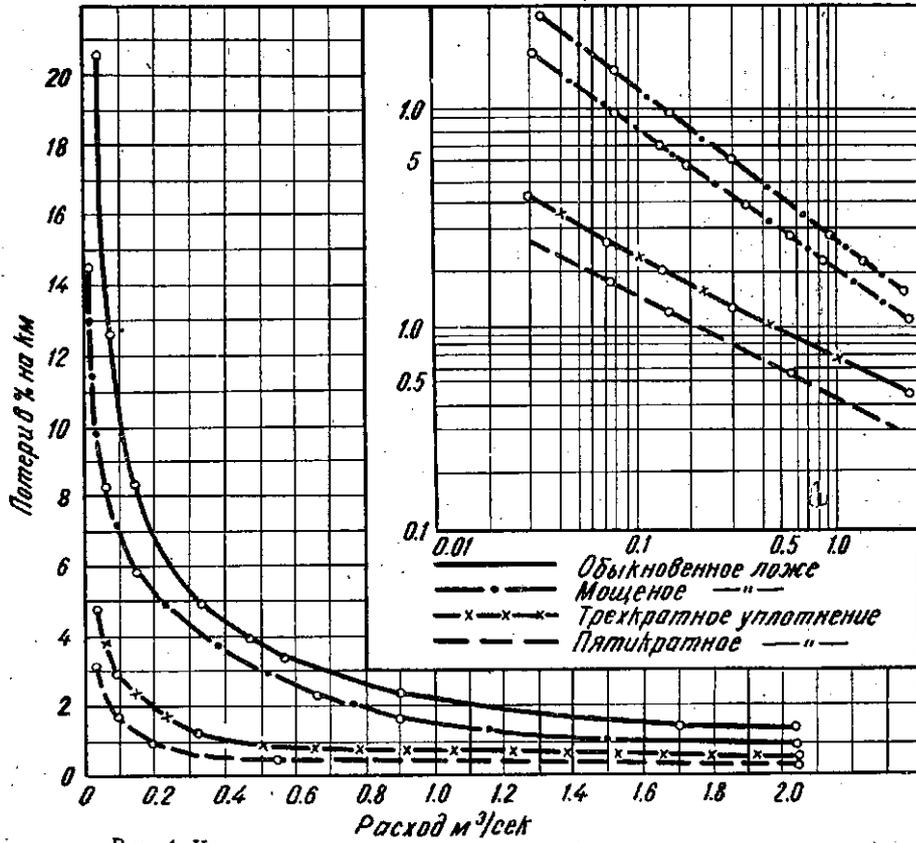


Рис. 4. Кривые зависимости потерь воды от расхода в каналах.

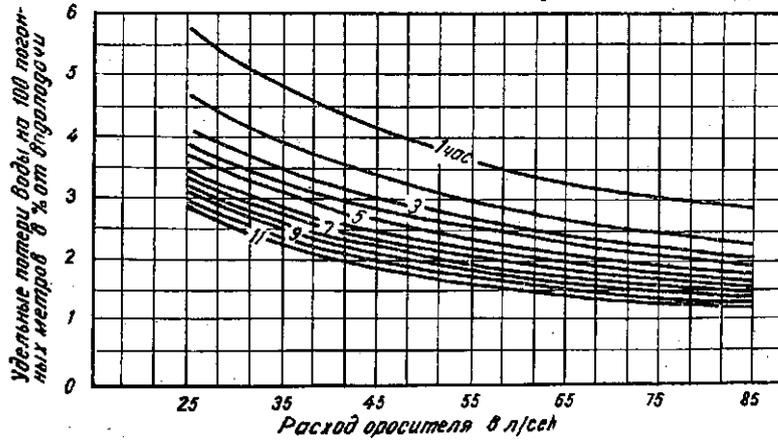


Рис. 5. Величина потерь воды в оросителях.

где σ_t — процент удельных потерь на 100 пог. м длины оросителя;
 t — продолжительность работы оросителя;
 Q — значение размера потерь в конце первого часа работы оросителя;
 v — показатель степени, характеризующий водопроницаемость почв.

Определение параметров кривой впитывания a и v производилось по способу наименьших квадратов. В результате были получены следующие значения a и v (табл. 3).

Таблица 3

Параметры кривой впитывания a и v

Расход воды оросителя, л/сек	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90
a	6,92	5,83	4,17	3,8	3,2	2,8	2,45
v	0,42	0,4	0,28	0,27	0,25	0,27	0,59

Средний размер удельных потерь ($\sigma_{ср.}$) за весь период работы оросителя определялся путем интегрирования кривой зависимости $\sigma_t = f(t)$ и деления полученного результата на продолжительность работы оросителя, то есть:

$$\sigma_{ср.} = \frac{Q}{t(1-v)} \times (t^{1-v} - 1). \quad (11)$$

Известно, что коэффициент полезного действия временных оросителей равен:

$$\eta = 1 - \frac{\sum_1^n \Delta w_n}{W_{гол.}}, \quad (12)$$

где $W_{гол.}$ — объем воды, прошедший в голове оросителя;

$\sum_1^n \Delta w_n$ — суммарные потери воды в оросителе за все время его работы.

Определение к. п. д. по этой формуле является кропотливой и трудоемкой работой. Поэтому нами предлагается более простая методика определения к. п. д. временных оросителей.

Объем воды, прошедший в голове оросителя, равен:

$$W_{гол.} = 3,6 \times q_{гол.} \times T, \quad (13)$$

Объем потерь воды в нем за тот же период равен:

$$\sum_1^n \Delta w_n = w_{\text{гол.}} \times 0,01 \times \sigma_{\text{ср.}} \times L_p, \quad (14)$$

где $q_{\text{гол.}}$ — головной расход оросителя;

T — продолжительность работы оросителя;

L_p — средневзвешенная длина временного оросителя;

Тогда к. п. д. оросителя:

$$\eta = 1 - 0,01 \times \sigma_{\text{ср.}} \times L_p. \quad (15)$$

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

$$L_p = \frac{\sum l \times t}{\sum t}, \quad (16)$$

где l — действующая (работающая) длина временного оросителя в тактах водооборота;

t — продолжительность работы тактов.

Следовательно, расчетная длина временного оросителя будет равна:

$$L_p = \beta \times L, \quad (17)$$

где β — переходной коэффициент;

L — полная длина временного оросителя.

Нами установлено, что значение переходного коэффициента (β) находится в пределах 0,6 при продолжительности работы оросителя 48 часов. Следовательно, зависимость (15) примет вид:

$$\eta = 1 - 0,006 \times \sigma_{\text{ср.}} \times L. \quad (18)$$

Головной расход в выводной борозде после установления к. п. д. временного оросителя в каждом такте его работы определится по выражению:

$$q_{\text{бор.}} = q_{\text{гол.}} \times \eta, \quad (19)$$

где $q_{\text{гол.}}$ — головной расход временного оросителя.

Результаты по определению среднего размера удельных потерь приведены в таблице 4.

Таблица 4

Средний размер удельных потерь в оросителе

Расход воды оросителя, л/сек	Продолжительность работы оросителя (часы)								
	8	16	24	32	40	48	64	80	96
20—30	3,44	3,13	2,90	2,71	2,57	2,50	2,27	2,16	2,06
40—50	2,51	2,32	2,17	2,05	1,97	1,87	1,75	1,70	1,59
60—70	1,84	1,62	1,57	1,48	1,43	1,36	1,27	1,23	1,15

Величина потерь на впитывание и фильтрацию во временных оросителях также определялась по существующей методике установления динамики коэффициента впитывания (гидростатикометрический метод).

Потери воды могут быть определены по формуле:

$$S = \frac{K_{\text{ср. вв.}}}{3,6 \times n} \times \chi_{\text{вр. ор.}}, \quad (20)$$

где S — величина потерь в л/сек на 1 км длины оросителя;

$K_{\text{ср. вв.}}$ — средневзвешенный коэффициент впитывания;

$\chi_{\text{вр. ор.}}$ — смоченный периметр временного оросителя;

n — число участков между выводными бороздами.

Если обозначить через $A = \frac{K_{\text{ср. вв.}}}{3,6 \times n}$, то формула 20 будет иметь

вид:

$$S = A \times \chi_{\text{вр. ор.}}, \quad (21)$$

где A — коэффициент потерь, равный

$$\frac{1000 \times W_1}{3600 \times n \times t^{1-\alpha}} \left(\frac{1}{n^\alpha} + \frac{1}{(n-1)^\alpha} + \dots + 1 \right),$$

где W_1 — средняя величина впитывания за первую минуту 6 мм, за первый час — 70,4 мм;

α — коэффициент затухания впитывания — 0,6.

Результаты по определению потерь воды во временных оросителях приведены в таблице 5.

Таблица 5

Абсолютные потери воды во временных оросителях

Время работы выводной борозды (в час)	Число участков временного оросителя между выводными бороздами	Потери на 1 км длины временного оросителя в л/сек при расходах		
		20	40	60
4	2	8,7	12,1	14,0
	4	7,4	10,2	11,8
	6	6,6	9,2	10,6
6	2	7,5	10,4	12,0
	4	6,3	8,7	10,1
	6	5,6	7,8	9,0

Сравнивая значения потерь, полученные путем непосредственных замеров, проведенных за время работы оросителей, и значе-

ния потерь, подсчитанные по вышеприведенным формулам, приходим к выводу, что они близки между собой.

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

$$S = \frac{W_1}{3,6 \times t^{1-\alpha}} \times \frac{\chi_{в. б.}}{2}, \quad (22)$$

где $\chi_{в. б.}$ — смоченный периметр в голове выводных борозд (в м).

В формуле 22 сделано допущение, что полив осуществляется по всей длине выводной борозды одновременно. Подсчеты показали, что при работе выводной борозды $t=6$ час. и токе воды 20 л/сек величина потерь воды на фильтрацию составила 5,2 л/сек, или 25% от головного расхода выводной борозды. Такой значительный размер потерь воды на фильтрацию объясняется большой протяженностью выводных борозд и сравнительно малым расходом воды в них.

ВЫВОДЫ

1. Определение потерь воды на впитывание и фильтрацию в элементах внутрихозяйственной оросительной сети позволяет более обоснованно подходить к разработке приемов подготовки участков к поливам и их проведению.

2. Наиболее правильно потери воды в оросительной сети для данных конкретных почвенно-мелиоративных условий могут быть установлены по предлагаемым нами формулам.

ТРУДЫ
КАЗАХСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ИНСТИТУТА ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

1964

Том IV

Г. В. ВОРОПАЕВ,
кандидат технических наук

Х. С. СЕИТОВ,
экономист

**РОЛЬ ТЕХНИКИ И ОРГАНИЗАЦИИ ОРОШЕНИЯ
В ЭКОНОМИКЕ И РАЗВИТИИ СВЕКЛОСЕЯНИЯ
ДЖАМБУЛСКОЙ ОБЛАСТИ**

Сахарная свекла является ведущей культурой орошаемого земледелия Джамбулской области. По своей ценности как основного сырья для сахарной промышленности и высоким кормовым достоинствам сахарная свекла не имеет себе равных. При урожае 450 ц/га она дает свыше 80 ц сахара, 350 ц жома и до 200 ц силоса из ботвы. 450 ц сахарной свеклы — это 13 тыс. кормовых единиц, более 600 рублей чистого дохода с гектара посевов!

В то же время сбор 450 и даже 500 ц сахарной свеклы с гектара в условиях орошения далеко не исчерпывает возможностей этой культуры. Для ряда хозяйств получение со всей посевной площади 450—500 ц/га корней сахарной свеклы стало делом обычным. А отдельные передовики выращивают по 600 и даже 800 ц/га.

Свеклосеяние в области является сравнительно молодой отраслью и начало развиваться около тридцати лет назад. К настоящему времени посевные площади возросли до 34,7 тыс. га (1963 г.), а валовой сбор корней составил свыше 850 тыс. т. В особенности резко возросло производство свеклы в 1956—1958 гг., когда валовой сбор ее увеличился в сравнении с 1953—1955 гг. в 1,6—1,8 раза. На рисунке 1 показана динамика развития свеклосеяния в области за период с 1956 по 1963 г.

На этом рисунке видно, что до 1957 г. включительно посевные площади под свеклой из года в год равномерно увеличивались, среднегодовой прирост составлял 0,63 тыс. га. В 1958 г. посевные площади под сахарной свеклой возросли почти на 6 тыс. га, то есть более чем на одну треть, а за последующие 5 лет увеличились еще на шесть с лишним тысяч гектаров. Таким образом, начиная с 1958 г., среднегодовой прирост посевных площадей составил свыше 3 тыс. га.

За этот же период средняя урожайность сахарной свеклы по годам резко колебалась, но в целом возрастала и наиболее высокой была в период 1956—1958 гг. (по 275—321 ц/га). Затем урожай-

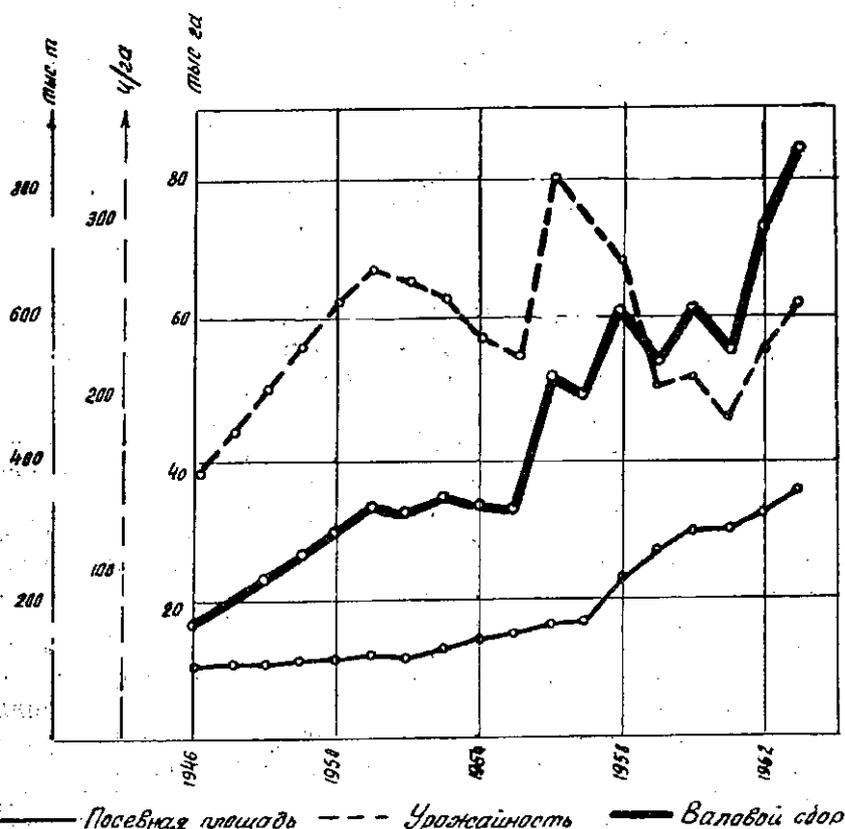


Рис. 1. Посевная площадь, урожайность и валовой сбор сахарной свеклы на орошаемых землях Джамбулской области.

ность снизилась на 30—40%. В 1961 г. она составила лишь 183 ц/га. Только в последние два года урожай свеклы начали возрастать, достигнув соответственно 224 и 246 ц/га.

В результате резких колебаний урожайности валовые сборы также по годам резко изменялись, но в связи с ростом посевных площадей в целом увеличивались. За период с 1946 по 1963 г. валовой сбор возрос более чем в 5 раз. Основной прирост был достигнут за счет расширения посевных площадей. Причем в последнее пятилетие рост валовых сборов сахарной свеклы шел более низкими темпами, чем увеличение посевных площадей.

В целом почти все годы средняя урожайность сахарной свеклы по области оставалась крайне низкой. Характерно, что в ряде районов и большинстве хозяйств урожайность снижалась как раз в период резкого увеличения посевных площадей. Следует заметить, что

аналогичная картина имела место и в развитии свеклосеяния в Алма-Атинской области. Увеличение посевных площадей под сахарной свеклой в другом, соседнем районе орошаемого земледелия, в Киргизской ССР, также сопровождалось снижением урожайности, но в небольших пределах. За период с 1956 по 1962 г. посевные площади здесь возросли в 1,68 раза, а урожайность снижалась только на 8—10%. Все последние годы урожайность сахарной свеклы в Киргизии довольно стабильна (336—382 ц/га) и в 1,4—1,7 раза выше, чем в Казахстане.

Благодаря высокой урожайности в Киргизии при значительно меньших посевных площадях (в 1,5—1,7 раза) ежегодно производят столько же или даже больше сахарной свеклы, чем в Казахстане. Так, в 1962 г. посевные площади по Киргизии и Казахстану составляли соответственно 42 и 57 тыс. га., а валовой сбор—1 435 и 1 320 тыс. т.

Таким образом, развитие свеклосеяния в последние годы в Джамбулской области, как и в других соседних орошаемых районах, шло экстенсивным путем. При этом недостатки в планировании и организации производства приводили к снижению урожайности и росту себестоимости сахарной свеклы, что, безусловно, отрицательно сказалось на экономике свеклосеющих хозяйств. Так, если в среднем себестоимость сахарной свеклы в колхозах Киргизской ССР в 1960—1961 гг. была равна 12 и 11 руб. за тонну, то в Казахской ССР—22 и 20 руб., в том числе в Джамбулской области в среднем — 20 и 21 руб. за тонну. В ряде колхозов области при низкой урожайности сахарная свекла приносила хозяйствам убытки. В то же время в хозяйствах, получающих высокие урожаи этой культуры, свеклосеяние является высоко rentабельной отраслью и составляет основу их экономики.

В таблице 1 приводятся данные о размерах денежных доходов, получаемых передовыми хозяйствами от свеклосеяния, а в таблице 2 показаны себестоимость и рентабельность возделывания сахарной свеклы в тех же хозяйствах. Из этих данных видно, что уже при урожайности 250—300 ц/га сахарная свекла является высоко рентабельной. Ниже (табл. 3) приводятся средние данные по размерам чистого дохода, получаемого с гектара посевной площади в лучших хозяйствах области при хорошей организации труда и сравнительно высоком уровне механизации работ.

Известно, что сахарная свекла является трудоемкой культурой. Поэтому расширение посевных площадей под ней при определенных размерах трудовых ресурсов и обеспечение роста урожайности становится возможным только при обязательном внедрении комплексной механизации всех работ. Особенно важное значение приобретает комплексная механизация по уходу за посевами в вегетационный период, когда идет формирование растений.

Таблица 1

Размеры денежных доходов (стоимость валовой продукции) в передовых колхозах области и удельный вес доходов от свеклосеяния

Годы	Наименование колхозов и производственных управлений	Денежный доход хоз-ва в тыс. руб.	В т. ч. от растениеводства	Из них от сахарной свеклы	В % от всего дохода колхоза
1958	«Победа» Меркенского	1 348	604	466	35
»	«Красный Восток»	1 305	810	565	43
»	«Новый путь» Чуйского	1 234	818	513	42
»	им. Ворошилова Таласского	457	304	246	54
»	«Кзыл Октябрь»	497	275	216	43
»	им. XXII съезда КПСС Свердловского	857	702	572	67
»	«Октябрь» Свердловского	596	403	313	52
1960	им. XXII съезда КПСС Сверд.	994	782	645	65
»	«Красная звезда»	598	458	386	65
»	«Октябрь»	538	349	274	51
»	«Новый путь» Чуйского	829	605	363	44
»	им. Ворошилова Таласского	485	304	252	52
»	«Красный Восток» Меркенск.	1 172	581	691	59
1961	«Новый путь» Чуйского	825	528	423	51
»	«Победа» Меркенского	1 371	781	722	53
»	«Красная звезда» Сверд.	426	252	244	57
»	им. XXII съезда КПСС Сверд.	1 162	880	833	72
»	«Октябрь» Свердловского	427	287	267	63
1962	им. Крупской Джувалинск.	520	306	269	52
»	«Красная звезда» Сверд.	535	373	321	60
»	«Октябрь»	588	406	354	60
»	им. XXII съезда КПСС	1 475	1 007	875	59
»	«Красный Восток» Меркенского	1 417	988	774	55
»	«Победа»	1 889	1 097	894	47

Высокая степень механизации возделывания сахарной свеклы в конечном итоге обеспечивает получение хороших урожаев. На этой основе в значительной мере определяются возможности расширения посевных площадей в хозяйствах и резкого снижения затрат труда на единицу продукции.

Изучение технологии работ в период ухода за посевами сахарной свеклы показало, что здесь решающее значение имеют техника и организация поливов, так как сроки и организация их проведения оказывают существенное влияние на другие работы и в целом на качество агротехнических мероприятий. Все работы по уходу за посевами на поливных землях состоят из нескольких циклов: нарезка поливных борозд и внесение удобрений, нарезка временной оросительной сети, распределение воды на поле (собственно полив), послеполивные культивации (рис. 2). После завершения работ первого поливного цикла сразу же или с определенным интервалом во времени приступают к проведению второго цикла. За вегетацию, в зависимости от общего числа поливов, делается 2—4

Таблица 2

**Себестоимость сахарной свеклы и рентабельность свеклосеяния
в передовых колхозах Джамбулской области**

Наименование колхозов и производственных управлений	1958			1959			1960			1961			1962		
	урожайность, ц/га	себестоимость, руб/ц	уровень рента- бельности, %												
Им. XII съезда КПСС Свердловского	540	1,04	121	421	1,26	83	400	1,00	130	505	0,93	137	538	0,66	248
«Победа» Меркенского . .	334	1,22	89	303	2,10	10	408	1,37	68	401	1,47	57	464	1,49	54
«Восток» Меркенского . .	433	1,30	77	359	1,42	62	357	1,47	57	361	1,75	31	405	1,09	111
«Красный Восток» Мер- кенского	435	1,19	93	303	1,61	43	387	1,30	77	338	1,55	48	369	1,63	41
«Казахстан» Меркенского.	394	1,17	97	327	—	—	310	2,02	27	337	1,40	64	345	1,75	31
«Трудовик» Курдайского	459	1,44	60	397	1,72	34	420	1,36	69	418	1,31	75	321	1,10	109
«Новый путь» Чуйского .	400	1,04	121	252	1,52	51	235	1,36	69	272	1,07	115	272	0,74	211

завершенных и 1—4 незавершенных цикла, когда послеполивные культивации из-за смыкания растений в рядках не проводятся.

В производственных условиях проведение поливов сельскохозяйственных культур должно быть организовано таким образом, чтобы обеспечить в пределах поливного участка:

а) подачу воды на поле в соответствии с принятым поливным режимом, то есть с потребностями растений в воде;

Таблица 3

Доходность сахарной свеклы в передовых колхозах
Джамбулской области

Урожайность, ц/га	Издержки, руб/га	Стоимость валовой продукции, руб/га	Чистый доход, руб/га
200	316	460	144
250	330	575	245
300	350	690	340
400	376	920	544
500	410	1 150	740

б) равномерное распределение воды на поле и одинаковые условия увлажнения для всех растений;

в) одновременное увлажнение в одном месте такой поливной площади (выход из-под полива), на которой можно провести междурядную механизированную обработку посевов при высокой производительности тракторных агрегатов. Работы всего поливного цикла должны быть проведены за 7—8 суток.

Однако, как показывает изучение организации поливных работ в ряде хозяйств Казахстана, эти требования подчас выполняются плохо. Из-за низкого качества поливов возрастает себестоимость их проведения, ухудшается использование воды и земли.

В большинстве хозяйств полив осуществляется не по бороздам, а напуском. При этом из-за большого количества поливных площадей на одного поливальщика, достигающих иногда 30—40 га и более, неудобного рельефа местности, необоснованно завышенных норм на поливы, отсутствия необходимой поливной техники и арматуры поливальщик практически не может обеспечить поливы высокого качества. Отсутствие звеньев поливальщиков, разобренная их работа на обособленных делянках приводят к тому, что полив участка в 10—30 га затягивается на 15—20 и более суток.

При такой организации поливных работ, во-первых, качество поливов бывает крайне низким. Отдельные делянки получают разное количество воды, одни из них совсем остаются сухими, другие, напротив, переувлажняются. Примерно 15—20% площади зачастую остается неполитой. Участки, получающие за полив 200—300 м³/га воды, уже через 3—5 дней теряют ее на испарение и вновь нужда-

ются в поливах. Причем в таких случаях нередко отдельные делянки начинают поливать выборочно, что вносит в проведение поливов еще большую дезорганизацию. Как правило, сроки проведения поливов и размер поливных норм не отвечают плановым и не обеспечивают оптимального увлажнения почвы. В результате влажность корнеобитаемого слоя почвы в отдельные периоды вегетации опускается до 35—45% от предельной полевой влагоемкости, тогда как в это время она должна составлять минимум 70—80%. Естественно, что

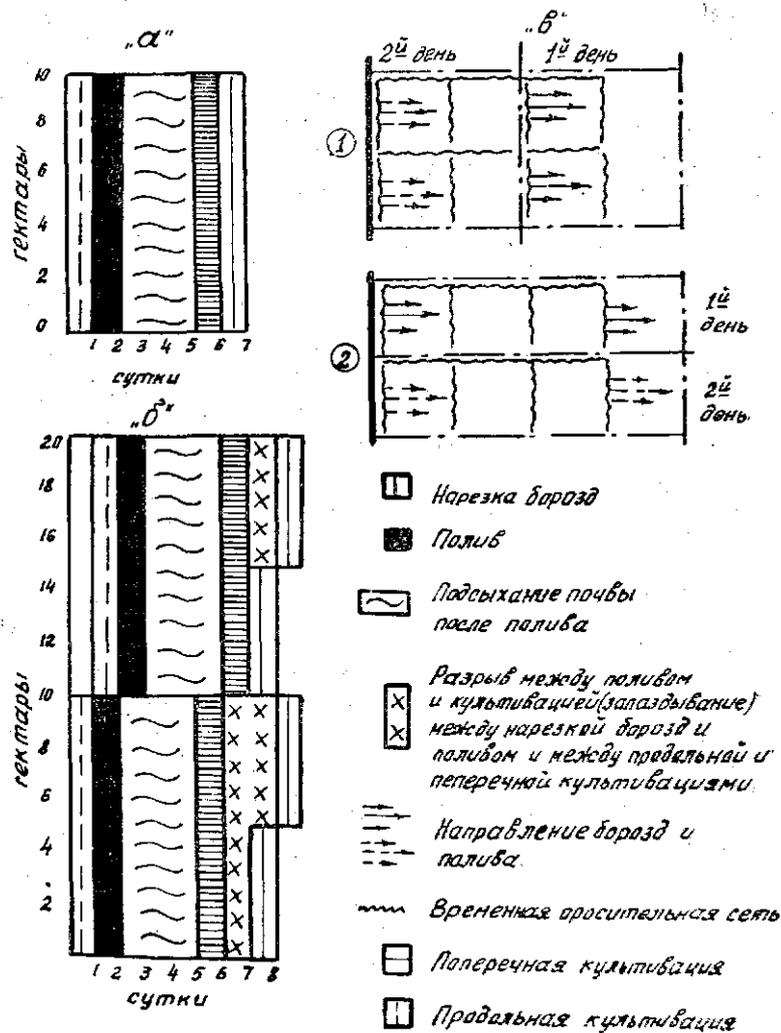


Рис. 2. Поливные циклы при правильной организации труда поливальщиков.

посевы в таких условиях крайне угнетены, формирование урожая идет плохо или совсем приостанавливается.

Во-вторых, существующая в хозяйствах организация поливов затрудняет своевременное проведение послеполивных междурядных механизированных обработок посевов. На поверхности политого поля образуется и долго сохраняется почвенная корка, через которую легко испаряется влага и в то же время в почву не проникает воздух. А это ухудшает воздушный и тепловой режимы, приводит к развитию анаэробных процессов, разложения в почве удобрений и питательных веществ.

Различие в водном, воздушном, тепловом и питательном режимах в почве в пределах одного участка в свою очередь ведет к различию в густоте стояния растений и весу корней сахарной свеклы. Получается крайне пестрая урожайность в пределах отдельных делянок и низкая — в целом по участку.

В-третьих, следствием плохой организации поливов является малопродуктивное использование пропашных тракторов на междурядных обработках.

В-четвертых, существующая организация поливных работ не обеспечивает рационального использования оросительной воды. Большие потери ее происходят из-за односменной работы поливальных машин и отсутствия ночных поливов. Например, в колхозе «Восток» Меркенского производственного управления в 1962 г. при первом поливе с полей было сброшено в ночное время 41% поданной воды, тогда как в этом хозяйстве ее вообще не хватает для поливов сахарной свеклы. Увеличению потерь воды способствует и густая сеть временных оросителей.

В связи с изложенным первостепенное значение в деле подъема экономики поливов сахарной свеклы в области приобретают мероприятия по улучшению техники и организации орошения. Уход за посевами при существующей технике проведения поливов (по бороздам) может быть прежде всего улучшен за счет более правильной их организации, что требует тщательной подготовки рельефа поливных участков, выбора оптимальных размеров поливных элементов и схемы временной оросительной сети, подготовки участковых каналов, постоянных сооружений и арматуры и, особенно, звеньевой организации работы поливальных машин.

Создание звеньев является основой высококачественного проведения всех работ поливного цикла. За сутки звено поливальных машин должно обеспечить полив площади, равной производительности тракторного агрегата на культивации посевов.

Размер площади суточного полива зависит главным образом от производительности тракторных агрегатов на междурядных культивациях. При ширине междурядий 45—70 см производительность трактора за десятичасовую смену составит 6—10 га, а за световой день — 13—14 га. В таких же пределах изменяется и производитель-

ность трактора при нарезке поливных борозд с одновременным внесением удобрений.

Для того, чтобы послеполивные обработки посевов были проведены своевременно, необходимо и производительность на поливах иметь такую же, как на механизированных работах по обработке посевов. На рисунке показан поливной цикл работ на участке площадью 10 га (график «а»). Все работы поливного цикла выполнены здесь за семь суток, то есть в лучшие агротехнические сроки при высокопроизводительном использовании сельскохозяйственной техники.

В настоящее время производительность труда поливальщиков при бороздковых поливах составляет 0,4—0,8 га посевов за десятичасовую смену и зависит главным образом от рельефа местности. Рабочее время поливальщиков распределяется следующим образом: на подготовку оросительной сети, поделку «кулаков», запруд и распределение воды по оросителям — 30—45%, на наблюдение за поливом — 15—30%, на заделку прорывов в арыках — 10—12% и на непроизводительные потери — 20—30%.

Подготовка временной оросительной сети (оправка), поделка «кулаков», запруд и распределение воды связаны с рельефом участка. Если рельеф плохой, то сеть временных оросителей обычно густая, на многих участках она не командует над поверхностью поля и приходится устраивать запруды на более высоких точках рельефа. При густой сети оросителей борозды получаются короткими, и времени на opravку их оголовков и пуск воды требуется больше. В таком случае для обеспечения высококачественного полива каждого гектара надо затрачивать до 2—2,5 человеко-дней, то есть производительность труда составляет всего 0,4—0,5 га в смену. Следовательно, чтобы полить за сутки не менее 8 га посевов, потребуется 16—20 человеко-дней или звено поливальщиков из 16—20 человек (по 8—10 поливальщиков в дневное и ночное время).

Если рельеф участков спланирован лучше, то производительность труда поливальщиков значительно выше и при применении длинных поливных борозд может достигать 4—6 га в смену. Но в Джамбулской области рельеф почти повсеместно не спланирован, и в самых лучших условиях производительность труда поливальщиков составляет 0,8—1,2 га за смену. В таких случаях для полива площади 8—10 га в сутки достаточно иметь в звене 8—10 поливальщиков, по 4—5 человек в дневную и ночную смену.

В большинстве хозяйств республики нормы затрат труда на поливы построены в зависимости от производительности труда поливальщиков — до 1,25—1,5 га за смену. Как показывают исследования, эти нормы неправильны. Такая производительность достигается за счет низкого качества поливов: меньших поливных норм, неравномерного увлажнения поверхности поля, отсутствия контроля за использованием поливной воды.

При проведении поливов, как свидетельствует опыт орошения в других районах СССР, лучше всего организовать работу в две смены; дневную и ночную. Если продолжительность подачи воды в борозды небольшая и не превышает 10—12 часов, то как в дневное, так и в ночное время должно работать примерно одинаковое число поливальщиков. При продолжительной подаче воды в борозды и отсутствии переключений ее ночью из одной группы борозд в другую в смене, занятой днем, должно быть больше поливальщиков. Они выполняют все основные работы по подготовке к поливу ночью и при необходимости переключают вечером воду в новую группу борозд. В ночное время трудится всего 1—2 поливальщика, наблюдающих за ходом полива, работой каналов и оросителей.

Возможна также трехсменная работа поливальщиков (по восемь часов в смену), хотя организовать ее очень трудно.

Если площадь полива больше 8—10 га, ее лучше разбить на 2—3 участка и все работы поливного цикла проводить на них в лучшие агротехнические сроки при высокопроизводительном использовании механизмов. На рис. 2 б показана организация поливов на участке площадью 20 га. Поливы и обработки в этом случае проводятся поочередно на двух участках по 10 га каждый.

Если посевы обрабатываются в продольном и поперечном направлениях, то первой после полива делается поперечная обработка. Участки суточного полива в этом случае должны иметь одну сторону вдоль всей ширины поливного участка, то есть в направлении поперек поливных борозд (рис. 2 б, схема № 1). Если же поперечная обработка не делается, то участки разбиваются вдоль борозд (рис. 2 в, схема № 2).

При этом важно своевременно, сразу же после «поспевания» почвы, провести поперечную или продольную обработку. Продольная обработка после поперечной на крупных участках выполняется с разрывом в один-два дня. Такое запаздывание в данном случае вполне допустимо, так как при первом проходе в одном направлении обрабатывается не менее 75% поверхности, подлежащей культивации. При втором проходе снова рыхлится половина уже обработанной поверхности и только 25% — необработанной.

В зависимости от производительности труда поливальщиков общее число их в звеньях при суточной площади полива 10 га должно быть следующим:

Производительность труда

в га/чел-день	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5
Число поливальщиков в звене	20	14	10	8	7

Нагрузка поливных площадей на одного поливальщика в течение вегетации составит от 6 до 18 га посевов. Площадь посевов, обслуживаемая звеном, при двухнедельном межполивном периоде будет не менее 140—150 га.

Таким образом, правильная организация работ при бороздковых поливах возможна только при наличии определенного количества поливальщиков в хозяйствах. Расчеты, сделанные сотрудниками КазНИИВХ, показывают, что для обеспечения высококачественных поливов в области при существующих размерах посевных площадей необходимо иметь в период вегетации до 15—16 тыс. поливальщиков. Фактически же в последние годы на эти работы выделялось лишь немногим более 3 тыс. человек, то есть в 5 с лишним раз меньше. В особенности недостает поливальщиков в Чуйском и Джувалинском районах.

Резервы увеличения числа поливальщиков за счет рабочих, занятых на других работах, крайне ограничены, так как по большинству видов этих работ также ощущается недостаток кадров (табл. 4).

Таблица 4

Потребность и фактическое наличие трудовых ресурсов в отдельные периоды сельскохозяйственных работ в колхозах Джамбулской области в 1962 г.

Основные периоды работ	Плановая потребность				Фактически затрачено			
	колхозники		в т. ч. механизаторы		колхозники		в т. ч. механизаторы	
	человек	тыс. ч.-дн.						
Весенняя посевная	3 134	246,3	1 128	128,3	2 857	225,8	1 031	114,9
Уход за посевами	4 738	399,8	584	44,9	4 434	351,8	534	44,8
Уборка зерновых колосовых культур	2 576	160,8	1 266	76,7	2 337	145,1	1 187	67,7
Уборка технических культур	4 908	348,5	384	41,9	4 271	282,6	374	30,4
Другие виды работ и силосование кормов	3 235	416,5	1 064	143,3	2 637	335,9	985	97,8
	18 591	1 571,9	4 426	435,1	16 536	1 341,2	4 111	355,6

Такое положение сложилось в значительной степени из-за отсутствия комплексной механизации работ и прежде всего механизации полива. В результате резкого расширения посевных площадей нагрузка на одного трудоспособного в области возросла с 5,6 га в 1953 г. до 10,6 га в 1963 г., то есть за десятилетие возросла в 1,9 раза.

В настоящее время в Джамбулской области по сравнению с другими свеклосеющими районами на поливальщика приходится наибольшее количество посевных площадей. В Алма-Атинской области, например, поливальщик обслуживает около 7 га, в Киргизской ССР — около 4 га посевов.

Увеличение посевных площадей на одного работника сельскохозяйственного производства в целом — закономерный процесс, ха-

рактизирующий собой рост производительности труда в сельском хозяйстве. Он обусловлен увеличением сельскохозяйственной техники, получаемой хозяйствами, ростом других средств производства, совершенствованием технологии и организации работ. Так, только за период 1953—1960 гг. парк тракторов в хозяйствах Джамбулской области вырос с 2,8 до 10,6 тыс., резко увеличился парк комбайнов и другой техники. Однако за это время совершенно ничего не изменилось в технике поливов, она по-прежнему осталась ручной, малопродуктивной.

С 1950 по 1956 г. в области проводились работы по переходу на новую систему орошения. Планами и проектами в те годы намечалась реконструкция межхозяйственной и внутрихозяйственной оросительной сети, планировка рельефа поливных участков. Однако самый главный элемент этих работ — планировка рельефа полей — не была выполнена. Причем она не проводилась и в последующие годы. А именно, планировка рельефа являлась и остается основой резкого повышения производительности труда поливальщиков и улучшения качества поливов.

Не предпринималось ничего и по линии механизаций поливов. Выпуск дождевальных агрегатов, производившихся в небольшом количестве в гор. Джамбуле, был совершенно прекращен. В результате сложился большой разрыв между техникой проведения сельскохозяйственных работ, выполняемых в основном высокопроизводительными механизмами, и техникой поливов, выполняемых вручную. Поэтому первоочередной задачей сейчас является коренное улучшение качества поливов и повышение производительности труда поливальщиков.

В ряде республик Средней Азии и Закавказья проблема полива почти при такой же, как в Казахстане, малопродуктивной ручной технике решается в основном за счет увеличения числа поливальщиков. Малопродуктивные, но качественные поливы по бороздам позволяют получать высокие урожаи пропашных культур и при определенных трудовых ресурсах обеспечивают сравнительно высокую продуктивность орошаемого земледелия. Значительную роль при этом играет и исторически сложившееся отношение к поливу как основному агротехническому приему орошаемого земледелия, определяющему урожайность тех или иных культур.

В условиях Джамбулской области проблема полива должна решаться путем максимального увеличения производительности труда поливальщиков и возможного увеличения их числа. Причем в перспективе производительность при поливе за счет широкого применения механизации и автоматизации должна быть повышена в 2,5—3 раза. Для этого в ближайшие 2—3 года, до оснащения ирригационных систем новой поливной техникой, основной упор надо сделать на мероприятия по рациональному использованию имеющихся резервов сельскохозяйственного производства.

Одновременно надо широко развернуть работы по механизации поливных работ. Используя поливные трубопроводы и машины, можно механизировать полив по бороздам. Ориентировочные расчеты сотрудников КазНИИВХ показывают, что из имеющихся в Джамбулской области орошаемых площадей, занятых пропашными культурами, бороздковый полив с применением поливных трубопроводов и поливных машин целесообразно осуществлять на площади 50—60 тыс. га. Для полива этой площади потребуется 350—400 км поливных трубопроводов стоимостью 700—900 тыс. руб. Ежегодные затраты на их восстановление составят примерно 300 тыс. руб.

Дождевание посевов в области целесообразно применять ориентировочно на площади не менее 15—20 тыс. га пропашных культур, из которых основную часть составит сахарная свекла. Для этого необходимо иметь около 200 дождевальных машин (главным образом типа ДДА-100М) и установок. Капитальные вложения на их приобретение составят всего около 800 тыс. руб. и окупятся за 3—4 года.

Успешно решив проблему совершенствования техники и организации поливов сахарной свеклы, можно добиться резкого увеличения ее урожайности, завершения комплексной механизации рабочих процессов в период ухода за посевами и повышения рентабельности свеклосеяния.

Г. В. ВОРОПАЕВ, А. А. АҚЖАНОВ,
кандидаты технических наук

Ю. А. МАЛЮГИН,
старший инженер

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ НОВО-ЧИИЛИЙСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Орошение — мощное средство интенсификации земледелия. Поэтому результаты использования различных технических устройств по орошению могут быть полно оценены только при рассмотрении результатов сельскохозяйственного производства. Об использовании всей системы технических устройств по орошению и отдельных из них можно говорить либо в узко техническом смысле слова, либо с точки зрения роли этих устройств и их использования в сельскохозяйственном производстве.

В связи с этим здесь мы будем рассматривать под оросительной системой не только совокупность определенных инженерных средств по регулированию водного режима, а все сельскохозяйственное производство на орошаемых землях в границах, объединяемых общностью гидротехнических устройств по регулированию водного режима, условиями водозабора и эксплуатации.

Такой подход к оросительной системе особенно становится правомочным сейчас, когда с организацией комитетов и министерств по орошаемому земледелию и водному хозяйству устранен разрыв в руководстве работой хозяйств-водопользователей (колхозов и совхозов) и водохозяйственных организаций (УОС).

В сельскохозяйственном производстве Казахстана роль орошаемого земледелия исключительно велика. Орошаемые земли позволяют выращивать в республике всю продукцию хлопководства, риса, основную часть сахарной свеклы, овоще-бахчевых, плодово-ягодных и других культур. Занимая менее 4% посевной площади республики, они дают свыше 20% всей сельскохозяйственной продукции земледелия (в стоимостном выражении). Гектар орошаемой земли примерно в 5—6 раз продуктивнее гектара богары.

В то же время отсутствие необходимого учета и анализа производственной деятельности по оросительным системам не дает нужных показателей и не позволяет объективно судить об эффективности использования как отдельных систем, так и орошения в целом.

А сейчас, когда партия и правительство прилагают все усилия для дальнейшего крутого подъема сельскохозяйственного производства в стране, в том числе и орошаемого земледелия, особенно возрастает роль экономических расчетов и технико-экономического анализа.

С целью изучения эффективности осуществленных водохозяйственных работ в республике сотрудниками Казахского научно-исследовательского института водного хозяйства в течение 1961—1963 гг. проводились специальные исследования на ряде оросительных систем, в частности, на рисовой Ново-Чиилийской оросительной системе в Кызыл-Ординской области.

Территория, охватываемая оросительной сетью Ново-Чиилийской системы, расположена на правом берегу нижнего течения реки Сыр-Дарья и по административному делению входит в Чиилийский район. На землях системы размещены посевы всех колхозов и Плодоягодного совхоза.

Климат района — резкоконтинентальный, засушливый, с жарким летом без осадков и с холодной малоснежной зимой — является характерным для азиатских пустынь, окружающих со всех сторон этот оазис. В среднем за год здесь выпадает всего около 100 мм осадков. Самый жаркий месяц — июль, температуры в это время достигают $+44^{\circ}$, самый холодный — январь, минимальная температура — 34° . Среднегодовая температура составляет $+8^{\circ}$, безморозный период — 162 дня с суммой температур 4231° . Высокие температуры сопровождаются низкой абсолютной влажностью воздуха, которая падает иногда до 10%. Круглый год на территории наблюдаются сильные ветры. В результате высоких температур, частых ветров и низкой влажности воздуха здесь большая испаряемость, она в 10 раз превышает количество выпадающих осадков. Максимальная испаряемость с открытой водной поверхности за вегетационный период в районе составляет 10—12 тыс. m^3 с гектара.

Вместе с тем высокие летние температуры, большая величина безморозного периода и ясные солнечные дни создают здесь благоприятные условия для возделывания теплолюбивых культур: риса, винограда, бахчевых, фруктов, овощей. В богарных же условиях выращивание всех перечисленных культур в Чиилийском районе невозможно.

Территория района расположена на древнедельтовой равнине реки Сыр-Дарья, сложенной четвертичными отложениями. Рельеф территории в общем равнинный, с небольшими уклонами поверхности. Микрорельеф для проведения высококачественных поверхностных поливов требует больших планировочных работ.

Лучшими почвами для рисовых посевов здесь являются лугово-болотные и болотные — обычно глинистые тяжело суглинистые, богатые гумусом. При этом гумусовый профиль почв очень растянут, что создает благоприятные условия для планировки полей под крупные чеки при большой глубине срезки.

Источником орошения района является Сыр-Дарья. Река снежно-ледникового питания имеет два паводка. Неустойчивость расходов приводит к разному колебанию горизонтов воды в реке, вследствие чего водозабор в Ново-Чиилийскую оросительную систему часто осложняется.

В связи со строительством регулирующих водохранилищ в верховьях реки и орошением полей в будущем расходы воды в районе головного водозабора Ново-Чиилийской системы значительно снизятся и водозабор еще более осложнится. Поэтому главное питание системы будет переключено на плотинный водозабор в районе Яны-Кургана.

Забираемая на орошение из реки вода содержит много песчаных наносов. Средняя мутность воды за период наблюдений с 1953 по 1957 г. в районе поста Тюмень-Арык составляла 1590 г/м^3 .

Ново-Чиилийская оросительная система была построена по проекту «Казводпроиза». Строительство началось в 1940 г. Через два года было построено головное сооружение. По проекту система должна была орошать 16,95 тыс. га с ведущими сельскохозяйственными культурами, хлопчатником и рисом. Уже в 1941 г. посевы хлопчатника на системе составили 952 га, а риса — 3559 га.

Строительство велось крайне медленно. До настоящего времени на системе имеется масса технических недоделок. В основном была построена сеть межхозяйственных каналов и сооружений на них. Внутрихозяйственных сооружений почти нет, планировка земель не проведена, коллекторная, дренажная и водосборная сети не построены. С 1945 г. хлопчатник на системе не возделывается, ведущей культурой является рис. Однако посевы его в последние годы также сократились и занимали всего 3,1—5,1 тыс. га.

Мелиоративное состояние земель системы определяется близким залеганием грунтовых слабоминерализованных вод. Формируются они за счет фильтрации воды из Сыр-Дарьи, ирригационных каналов (командующих над территорией), с поливаемых полей и в небольшой мере за счет разливов во время паводков. На большей части территории воды залегают на глубине менее 3 м. В понижениях и вблизи рисовых посевов они выходят на поверхность, заболачивая участки.

Коллекторную сеть на массиве начали строить недавно. Сооружено лишь два межхозяйственных коллектора. Внутрихозяйственная дренажная и водосборная сети совершенно отсутствуют. С начала эксплуатации оросительной системы (1942 г.) грунтовые воды повсеместно поднялись выше и мелиоративное состояние земель ухудшилось.

Сельскохозяйственное производство в зоне оросительной системы имеет две основные отрасли: животноводство и поливное земледелие. При этом преобладающим в экономике хозяйств является животноводство, дающее около 60% всей валовой продукции.

Оросительная сеть охватывает пашню, пар, залежи, многолетние насаждения и часть сенокосов с общей площадью около 40 тыс. га. Под посевы эти земли используются нерационально, так как занимаются в основном малопродуктивными культурами, дающими очень низкие урожаи (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность сельскохозяйственных культур

№ п. п.	Наименование культур	Площадь посевов, тыс. га	Удельный вес, %	Урожай, ц/га
1	Рис	5,1	23,4	19,5
2	Пшеница яровая	1,94	8,9	6,6
3	Пшеница озимая	1,29	6,0	8,8
4	Горох	0,13	0,6	2,7
5	Кукуруза на зерно	1,53	7,0	7,1
	Всего зерновых и бобовых	11,13	51,3	13,1
6	Картофель	0,07	0,4	36,2
7	Овощи	0,34	1,6	24
8	Бахчи продовольственные	0,16	0,8	31,4
9	Бахчи кормовые	0,02	—	21,8
10	Кукуруза на зеленый корм и силос	2,0	9,2	137
11	Многолетние травы	6,9	31,7	63
12	Сады, ягодники, виноградники и другие многолетние насаждения	1,16	5,3	—
	Всего посевов	21,78	100	—

В таблице 2 приводятся технико-экономические показатели Ново-Чилийской оросительной системы за последние 5 лет ее работы. Система показателей и методика их исчисления и анализа разработаны Г. В. Воропаевым. Из приведенных данных видно, что система располагает значительными производительными силами.

Около 40 тыс. га земель имеют оросительную сеть, из которых 25—35 тыс. га ирригационно подготовлены. Водозабор из источника для орошения этих земель осуществляется бесплотинным путем. Поэтому размеры его связаны с бытовыми расходами и горизонтами воды в источнике. В последние годы в связи с зарегулированием стока реки в верхнем течении расходы воды резко уменьшились. Это ограничивает в определенные годы возможный водозабор в систему и размеры ее оросительной способности. Оросительная способность (по условиям пропускной способности системы, горизонтов в источнике и при фактических значениях коэффициентов полезного действия сети каналов) в последние годы снизилась и не обеспечивала полива земель с оросительной сетью.

Ново-Чилийская система, хотя и является одной из лучших в республике, крайне плохо оснащена технически. Стоимость основ-

Таблица 2

Технико-экономические показатели
Ново-Чилийской оросительной системы

№ п. п.	Наименование показателей	Цифровые значения показателей по годам					Средние значения за пятилетие
		1958	1959	1960	1961	1962	
I. Группа показателей. Производительные силы.							
<i>Земельные ресурсы</i>							
1	Площадь земель с оросительной сетью (нетто), тыс. га	38,3	38,2	38,2	38,8	39,8	38,7
2	Площадь ирригационно-подготовленных земель, тыс. га	св.	нет	24,7	27,2	35,4	—
3	Площадь засоленных и заболоченных земель, тыс. га	св.	нет	0,75	0,76	0,54	—
<i>Водные ресурсы</i>							
4	Средний расход воды в реке в вегетационный период, м ³ /сек	1 097	1 026	1 203	342	300	—
5	Возможный водозабор в систему в вегетационный период при существовавших горизонтах в источнике и потреблении по плановому гидромодулю, млн. м ³	615	615	615	400	615	—
6	Оросительная способность системы по условиям водоносности источника и пропускной способности головного водозабора, тыс. га	30,8	30,8	30,8	15,5	30,6	27,7
<i>Производственные основные фонды</i>							
7	Общие размеры производственных основных фондов, млн. руб.	3,77	3,83	4,26	5,15	5,02	4,40
8	В т. ч. мелiorативные межхозяйственного назначения (по УОС), млн. руб.	2,75	2,75	2,76	3,52	3,52	3,06

212
Г. В. Воропаев, А. А. Акжанов, Ю. А. Малиголин

№ п.	Наименование показателей
9	Удельные размеры основных фондов на 1 га земель с оросительной сетью, руб/га
10	В т. ч. мелиоративных межхозяйственного назначения, руб/га
11	Пропускная способность головного водозабора, м ³ /сек
12	Количество гидротехнических сооружений на тысячу гектаров земель с оросительной сетью, шт./тыс. га
13	В т. ч. внутрихозяйственных
14	Удельная протяженность межхозяйственных каналов на 1 га земель с оросительной сетью, пог. м/га
15	То же внутрихозяйственных, пог. м/га
16	Коэффициент полезного действия системы оросительных каналов, %
17	Удельная протяженность коллекторной, дренажной и водосборной сети на 1 га земель с оросительной сетью, пог. м/га
18	Средняя энерговооруженность пр-ва, квт/га
19	В т. ч. на мелиоративных межхозяйственных работах, квт/га
20	Количество тракторов в хозяйствах (в 15-сильном исчислении), шт.
21	Нагрузка площадей с оросительной сетью на 1 трактор, га/шт
<i>Трудовые ресурсы</i>	
22	Занято в производстве трудоспособных, чел

Продолжение таблицы 2

Цифровые значения показателей по годам					Средние за пятилетие
1958	1959	1960	1961	1962	
98	100	112	133	131	114
72	72	72	76	80	74
55	55	55	55	55	55
1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	—
0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	—
6,8	6,9	6,9	9,0	8,8	—
22,6	22,6	22,6	26,4	25,6	—
49	46	48	44	52	48
1,0	1,0	1,0	1,9	1,9	—
0,36	0,45	0,53	0,64	0,67	0,53
0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
227	283	334	357	423	306
169	135	115	109	94	124
2 500	2 420	2 610	3 710	3 720	2 992

Технико-экономические показатели оросительной системы

№ п. п.	Наименование показателей	Цифровые значения показателей по годам					Средние за пятилетие
		1953	1959	1960	1961	1962	
23	В т. ч. на межхозяйственном вододелинии, чел.	59	59	63	59	61	60
24	Средняя нагрузка площадей с оросительной сетью на 1 рабочего, га/чел	15	16	15	10,4	10,7	12,9
25	Средняя нагрузка площадей с оросительной сетью на 1 рабочего межхозяйственного вододелиния, га/чел	649	649	607	675	634	644
26	Средняя техническая вооруженность работников производства, тыс. руб/чел	1,50	1,60	1,63	1,38	1,40	1,47
27	Средняя техническая вооруженность работников УОС, тыс. руб/чел	46,7	46,7	43,8	59,8	57,8	51,0
28	Энерговооруженность труда в производстве, квт/чел	5,5	7,1	7,7	6,7	7,2	6,8
29	Энерговооруженность труда работников межхозяйственного вододелиния, квт/чел	6,8	6,8	6,3	6,8	6,6	6,7
30	Управляемый максимальный ток воды на 1 работника межхозяйственного вододелиния, м ³ /сек/чел	0,93	0,93	0,87	0,93	0,90	—
II. Группа показателей.							
Использование производительных сил							
<i>Использование земельных ресурсов</i>							
31	Площадь фактически поливаемых земель, тыс. га	20,20	19,00	19,90	21,36	21,27	20,34
32	Коэффициент использования земель с оросительной сетью под поливы, КЗИ	53	50	52	55	53	53

п. п. №	Наименование показателей
33	Площадь посевов риса, тыс. га
34	Удельный вес посевов риса от политых земель, %
35	Урожайность риса, ц/га
36	Стоимость валовой продукции орошаемого земледелия, млн. руб
37	В т. ч. стоимость валовой продукции риса, млн. руб.
38	Средняя стоимость валовой продукции с 1 га политых земель, руб/га
39	Средняя стоимость валовой продукции риса с 1 га посевов, руб/га
40	Средняя продуктивность земель с оросительной сетью руб/га
<i>Использование водных ресурсов</i>	
41	Водозабор в голове системы для орошения, млн. м ³
42	Удельный водозабор на 1 га политой площади, тыс. м ³ /га
43	Водоподача в хозяйства в точках выдела, млн. м ³
44	Удельная водоподача в хозяйства на 1 га политой площади, тыс. м ³ /га
45	Коэффициент межхозяйственного использования воды, %
46	Объем полезно использованной воды, млн. м ³
47	Коэффициент внутрихозяйственного использования воды, %

Продолжение таблицы 2

Цифровые значения показателей по годам					Средние за пятилетие
1958	1959	1960	1961	1962	
4,02	3,90	3,10	4,90	5,10	4,20
19,9	20,5	15,6	21,8	23,2	20,7
23,0	27,6	24,6	11,7	19,4	20,6
3,68	3,86	3,17	1,84	3,66	3,26
2,03	2,36	1,68	1,26	2,18	1,92
182	203	159	86	172	160
506	606	542	257	428	458
96	101	85	47	92	84
548	538	390	432	519	485
27,2	28,3	19,6	19,1	24,4	23,4
361	341	270	250	368	318
17,9	17,9	13,5	9,4	17,0	15,7
66	63	69	58	71	—
203	187	138	111	210	170
56	55	51	44	57	—

Технико-экономические показатели оросительной системы

№ п. п.	Наименование показателей	Цифровые значения показателей по годам					Средние за пятилетие
		1958	1959	1960	1961	1962	
48	Общий коэффициент использования воды по системе, %	37	35	35	26	40	35
49	Средняя фактическая оросительная норма (нетто), тыс. м ³ /га	10,0	9,8	6,9	5,2	9,8	8,4
50	Продуктивность полезно использованной воды (нетто), коп/м ³ .	1,81	2,06	2,30	1,66	1,74	1,91
51	Продуктивность оросительной воды (брутто), коп/м ³ .	0,67	0,72	0,81	0,43	0,70	0,67
<i>Использование производственных основных фондов</i>							
52	Продолжительность работы оросительных каналов, сутки	140	150	190	163	173	163
53	Коэффициент использования пропускной способности магистрального канала	0,95	0,93	0,65	0,78	0,88	—
54	Энергоемкость сельскохозяйственного производства, квт-час/га	102	124	146	83	188	140
55	Выработка на 1 условный трактор в гектарах мягкой пахоты	165	201	236	143	305	227
56	Продуктивность производственных основных фондов, руб/руб.	0,97	1,01	0,74	0,35	0,72	0,74
57	Продуктивность использования мелиоративных основных фондов, руб/руб.	1,34	1,40	1,15	0,52	1,04	1,06
58	Производство риса на 1 тыс. руб. стоимости производственных основных фондов, ц/тыс. руб.	2,42	2,78	1,79	1,97	1,10	1,81
59	Производство риса на 1 тыс. руб. стоимости мелиоративных основных фондов, ц/тыс. руб.	3,37	3,91	2,76	1,62	2,81	2,61

№ п. п.	Наименование показателей
<i>Использование трудовых ресурсов</i>	
60	Средняя нагрузка поливных земель на 1 работника производства, <i>га/чел</i>
61	Средняя нагрузка поливных земель на 1 работника межхозяйственного водопользования, <i>га/чел</i>
62	Средняя нагрузка поливных земель на одного поливальщика, <i>га/чел</i>
63	Средняя нагрузка рисовых посевов на 1 поливальщика, <i>га/чел</i>
64	Затраты труда в производстве, тыс. <i>чел.-дн.</i>
В т. ч:	
65	а) на механизированных работах, тыс. <i>чел.-дн.</i>
66	б) на межхозяйственном вододелинии, тыс. <i>чел.-дн.</i>
67	Затраты труда по возделыванию риса, тыс. <i>чел.-дн.</i>
68	Удельные затраты труда на 1 га поливной площади, <i>чел.-дн./га</i>
69	Удельные затраты труда на 1 га в рисоводстве, <i>чел.-дн./га</i>
70	Затраты труда на 1 ц риса, <i>чел.-дн./ц.</i>
71	Средняя производительность труда в орошаемом земледелии, <i>руб. чел.-дн.</i>
72	Производительность труда в рисоводстве, <i>руб./чел.-дн.</i>
73	Произведено с.х. продукции на одного работника в год, тыс. <i>руб./чел.</i>
74	Произведено продукции на 1 работника межхозяйственного водопользования, тыс. <i>руб./чел.</i>

Продолжение таблицы 2

Цифровые значения показателей по годам					Средние за пятилетие
1958	1959	1960	1961	1962	
8,1	7,9	7,6	5,7	5,7	6,8
342	322	316	363	348	339
102	98	95	63	63	84
12	13	12	10	10	11
802	713	557	557	541	634
112	100	78	78	75	89
26	28	26	26	27	27
292	272	212	245	245	260
40	37	28	26	25	31
73	70	68	50	47	62
3,2	2,5	2,8	4,3	2,4	3,0
4,6	5,4	5,7	3,3	6,8	5,1
7,0	8,6	7,5	5,1	8,9	7,3
1,47	1,59	1,21	0,50	0,98	1,08
62,4	65,4	50,3	31,2	60,0	54,0

Технико-экономические показатели оросительной системы

№ п. п.	Наименование показателей
III. Группа показателей. Издержки производства и себестоимость продукции.	
75	Общие издержки производства, млн. руб.
76	В т. ч. мелиоративные по подаче воды в хозяйства, тыс. руб.
77	Издержки производства по возделыванию риса, млн. руб.
78	Удельные размеры издержек на 1 га политой площади, руб/га
79	В т. ч. мелиоративные по подаче воды в хозяйства, руб/га
80	Себестоимость водоподачи в хозяйства, коп/м ³
81	Себестоимость полезно использованной воды (с учетом внутрихозяйственных мелиоративных затрат), коп/м ³
82	Удельные размеры издержек на 1 га посевов риса, руб/га
83	Себестоимость риса, руб/ц
IV. Группа показателей. Экономическая эффективность производства	
84	Чистый доход, млн. руб
85	В т. ч. чистый доход от рисосеяния, млн. руб.
86	Средний размер чистого дохода с 1 га политых земель, руб/га

Продолжение таблицы 2

Цифровые значения показателей по годам					Средние за пятилетие
1958	1959	1960	1961	1962	
3,12	1,94	2,13	1,51	2,16	2,17
286	297	337	475	550	389
1,26	1,12	0,85	1,10	1,45	1,11
154	102	107	71	101	107
14,2	15,6	16,9	18,2	25,6	19,1
0,08	0,09	0,14	0,19	0,15	0,12
1,54	1,04	1,54	1,36	1,03	1,30
313	287	274	224	285	265
13,6	10,5	12,4	19,3	14,7	12,9
0,56	1,92	1,04	0,33	1,50	1,09
0,77	1,24	0,83	0,16	0,73	0,81
28	101	52	15	61	53

218

Г. В. Воропаев, А. А. Акжанов, Ю. А. Милюгин

Продолжение таблицы 2

№ п. п.	Наименование показателей	Цифровые значения показателей по годам					Средние за пятилетие
		1958	1959	1960	1961	1962	
87	Средний размер чистого дохода с 1 га посевов риса, руб/га	193	318	268	33	143	193
88	Уровень рентабельности производства, %	18	99	49	22	70	50
89	Уровень рентабельности рисосеяния, %	61	111	98	12	50	73
90	Размер чистого дохода, приходящийся на 1 руб. стоимости производственных основных фондов (коэффициент эффективности) руб/руб	0,15	0,50	0,24	0,06	0,30	0,25
91	Размер чистого дохода, приходящийся на 1 м ³ оросительной воды, коп/м ³	0,10	0,36	0,27	0,08	0,29	0,22
92	Размер чистого дохода, приходящийся на 1 работника производства, руб/чел	224	793	399	89	403	364
93	Размер чистого дохода, приходящийся на единицу затраченного труда, руб/чел.-дн.	0,7	2,7	1,9	0,6	2,8	1,7
94	Срок окупаемости капиталовложений, затраченных на создание производственных основных фондов при существующем в данном году уровне доходности, лет	6,7	2,0	3,7	16,7	3,3	4,0

- Примечания:
1. При определении показателей энерговооруженности и энергоемкости не учтены мощности МЭС, использованные на очистке каналов.
 2. Цены на с.-х. продукцию приняты закупочные.
 3. Показатели производства по совхозам приняты по среднему уровню колхозов, так как удельный вес совхозов очень мал.
 4. Издержки по эксплуатации учитывают амортизационные отчисления на восстановление.
 5. Масштаб цен во всех показателях принят новый (1961 г.)
 6. Максимальная ордината гидромодуля определена при удельном весе посевов риса 20%.

ных производственных фондов (каналы, сооружения, постройки, сельхозтехника, дороги и др.) составляла всего 98—133 руб. на 1 га земель с оросительной сетью, что в 5—7 раз ниже, чем по инженерным рисовым системам Кубани. При этом основные фонды мелиоративного назначения составляют 72—80 руб. на 1 га, то есть 61—73% от общих их размеров. За пятилетие основные фонды как мелиоративного назначения, так и сельскохозяйственного (приобретение хозяйствами техники, строительства и т. п.) существенно увеличились.

Крайне недостаточно гидротехнических сооружений, а основная их часть сосредоточена на межхозяйственных каналах. В среднем на тысячу гектаров земель с оросительной сетью приходится всего по 1,1 сооружения, в том числе внутрихозяйственных—0,3 шт/тыс. га. Аналогичные рисовые, но инженерные системы Кубани имеют в среднем 790—1 230 сооружений на каждую тысячу гектаров, или примерно одно сооружение на 1 га площади. Основную их часть составляют мелкие внутрихозяйственные сооружения. На каждый поливной чек их два: для подачи воды и сброса ее.

Протяженность каналов за последние годы растет, что, видимо, связано с освоением новых земель на периферии системы. Дренажная, водосборная и коллекторная сеть почти отсутствует, имеющаяся составляет всего 1—1,9 пог. м на гектар. Сеть также не обеспечивает отвода поверхностных и дренажных вод. Однако мелиоративное состояние земель на Кубани из года в год улучшается. Там протяженность сбросной и дренажной сети составляет 10 пог. м/га и картовых сбросов — 24,2 пог. м/га.

Энерговооруженность производства (мощность всей техники, приходящаяся в среднем на 1 га) невысокая: 0,36—0,67 квт/га. За пятилетие рост составил 86%. Но техники недостаточно, особенно тракторов. Нагрузка на 1 условный трактор все еще составляет около 100 га, хотя была намного выше.

Основные работники хозяйств заняты на полевых работах. На работах по межхозяйственному водопользованию занято менее 2% трудящихся. Нагрузка посевных площадей на 1 человека небольшая: 10—16 га. Однако из-за низкого уровня механизации работ рабочих рук не хватает.

Обращает на себя внимание резкое различие в средней технической вооруженности труда производственников, занятых на работах в хозяйствах и на межхозяйственных мелиоративных работах. Если в первом случае каждый трудящийся в среднем использует основные фонды стоимостью 1,4—1,6 тыс. руб., то во втором — 44—60 тыс. руб. При этом энерговооруженность труда примерно равна 5,5—7,2 квт суммарной мощности двигателей на одного человека.

Приведенные показатели первой группы раскрывают, таким образом, картину крупного производства, в котором отдельные производительные силы или их элементы не увязаны между собой в оптимальном соотношении, технически многие несовершенны. Дальней-

шая детализация приведенных показателей позволила бы углубить сделанный анализ, выяснить дополнительные элементы в характеристике производительных сил.

Рассмотрение показателей второй группы позволяет прежде всего установить следующее. Земельные ресурсы используются не полно. Фактически поливалось 50—55% земель, из которых только около 20% занимались посевами риса. При этом урожайность риса оставалась низкой. В среднем она не превышала 27,6 ц/га, а за пятилетие сбор составил по 20,6 ц/га.

В стоимости получаемой продукции рис занимает основную часть — от 53 до 68%. Продуктивность использования поливных земель низкая, стоимость получаемой продукции составляет всего 86—203 руб/га, а за пятилетие — 160 руб. В то же время посевы риса давали продукции на 257—606 руб/га, а в среднем за пятилетие — 458 руб/га. Естественно, что при двойном повышении урожайности риса каждый гектар дал бы 1 000—1 200 руб/га, а с увеличением посевов риса в 2,5—3 раза это обеспечило бы рост стоимости получаемой продукции в 5—5,5 раза.

Водные ресурсы, забираемые в систему, используются для поливов только на 26—40%. Надо заметить, что при определении коэффициента использования воды мы располагали далеко недостаточными и часто приближенными данными. Поэтому значения коэффициентов использования оросительной воды (КИВ) очень ориентировочны. Низкие коэффициенты обусловлены большими потерями на фильтрацию, сбросами излишне забранной воды в конце каналов, при их прорыве, при нерегулируемой проточности в чеках, особенно в ночное время, повышенной фильтрацией воды из чеков при разбросанном размещении поливных участков по территории системы и т. д.

Вместе с небольшими размерами получаемой сельскохозяйственной продукции низкие коэффициенты использования воды обуславливают и низкие показатели продуктивности оросительной воды. Продуктивность забираемой в голову системы воды составляет всего 0,43—0,81 коп/м³, то есть на каждый забранный кубометр воды производится сельскохозяйственной продукции на 0,43—0,81 коп.

Показатели использования производственных основных фондов довольно высокие или в сравнении с другими оросительными системами находятся на уровне средних. Так, продуктивность производственных основных фондов, то есть стоимость получаемой продукции на единицу стоимости фондов, составляла 0,35—1,01, а в среднем 0,74 руб/руб. Такой сравнительно высокий уровень показателя объясняется тем, что очень малы размеры производственных основных фондов. Увеличение их, например, в 1960 г. (приобретение хозяйствами техники и др.) привело к снижению показателя продуктивности, так как роста урожайности сельхозкультур не было. В 1961 г. из-за маловодия и гибели части посевов этот показатель

еще более снизился. Увеличение основных фондов могло повести к снижению затрат труда и издержек производства, а следовательно, к росту производительности труда и рентабельности производства.

Имеющиеся трудовые ресурсы используются не полно. Низка нагрузка поливных площадей на одного работника, так как несовершенна система орошения и низок уровень механизации сельскохозяйственных работ. Особенно неверно распределено использование трудовых ресурсов между отдельными видами работ. Так, все годы мало выделялось поливальщиков и нагрузка на каждого составляла в среднем по всем культурам от 63 до 102 га посевов.

Затраты труда на 1 га политой площади для существующей довольно экстенсивной структуры посевов высоки. Особенно велики они на возделывании риса, уборка которого не механизирована, борьба с сорняками проводится вручную. Отсюда и низкая производительность труда. В среднем она составляла 3,3—6,8 руб/чел.-дн. На рисосеянии она достигает 8,9 руб/чел.-дн. (1962 г.), однако для этой культуры такая производительность также очень мала. Правда, за пятилетие удельные затраты труда снизились, что говорит в целом о совершенствовании производства, но существенных изменений в производительности труда не произошло.

Анализ издержек производства (3-я группа показателей) свидетельствует о том, что мелиоративные межхозяйственные затраты составляют в общей сумме издержек довольно значительную часть и увеличились за пятилетие с 9—15 до 26—30%. Удельные размеры издержек производства в среднем по всем культурам небольшие: 71—154 руб/га, а по рису — от 224 до 288 руб. на гектар. Это связано с тем, что другие культуры, кроме риса, не получают должного ухода и удобрений.

Высока себестоимость водоподачи в хозяйства и тем более — полезно использованной воды. Первая определяется главным образом большими затратами на очистку каналов, вторая — низкими коэффициентами использования воды и дополнительными затратами по ее распределению в хозяйствах.

Себестоимость риса, несмотря на низкие урожаи, в большинстве невысокая. Это обусловлено небольшими затратами по уходу. Однако в передовых хозяйствах и бригадах она в 1,5—2 раза ниже.

Наконец, из четвертой группы показателей видно, что во все годы система получала чистый доход, размер которого в среднем с гектара площади составлял 53 руб., а на рисовых посевах — 193 руб., достигая в отдельные годы 318 руб. Доход от риса не только составляет основную часть чистого дохода по системе, но иногда превышает ее. Это означает, что за счет риса покрываются убытки от других культур.

В целом система работает рентабельно, однако уровень производства колебался по годам от 18 до 99%. Коэффициент эффективности по годам также резко менялся и составлял 0,06—0,5, что соот-

ветственно срокам окупаемости капиталовложений, затраченных на создание основных производственных фондов. За рассмотренное пятилетие среднее значение коэффициента эффективности составило 0,25, то есть только за 4 истекших года вложенные средства могли бы окупиться.

Основной вывод из рассмотрения этих показателей таков: орошаемое земледелие ведется на крайне низком техническом и агротехническом уровне. Достижимые положительные показатели эффективности являются следствием больших потенциальных возможностей, имеющихся производительных сил, использование которых ведется пока нерационально.

Дальнейший анализ показал, что в целях повышения экономической эффективности Ново-Чиилийской оросительной системы необходимо осуществить ряд организационно-хозяйственных и технических мероприятий, основными из которых являются:

- а) стабилизация размещения посевных площадей и культурное освоение их;
- б) строительство дренажной и водосборной сети;
- в) планировка поливных участков;
- г) оснащение внутрихозяйственной оросительной сети сооружениями;
- д) улучшение условий забора воды из источника.

Ориентировочные расчеты говорят о том, что эти мероприятия будут высокоэффективны и позволят значительно расширить посевы риса, поднять его урожайность и повысить показатели работы системы в целом.

ЛИТЕРАТУРА

- Воропаев Г. В. Вопросы технико-экономической оценки работы оросительных систем и отдельных водохозяйственных мероприятий. Труды КазНИИВХ, т. 2, 1960.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	стр.
А. Г. Турбин, В. Я. Лопатин. Высокпроизводительные поливы напуском по полосам и бороздам	5
Н. С. Горюнов, Н. В. Данильченко, Р. А. Кван. Орошение сахарной свеклы на юго-востоке Казахстана	14
Н. В. Данильченко. К расчету поливных норм при орошении сельскохозяйственных культур	29
В. М. Петруни. Изучение и обоснование режима орошения кукурузы	44
Р. А. Кван. Влияние различных способов полива на продуктивность сахарной свеклы	62
Н. С. Горюнов, Е. В. Сушкова, Н. И. Огрызкова. Физиологическое обоснование схем орошения зернобобовых культур	71
Н. В. Данильченко, И. Н. Пак. Оазисное орошение на пастбищах пустыни Муюнкумы	81
И. Х. Вейцман. Орошение сахарной свеклы дождеванием	89
В. П. Зыбин, Г. Я. Ян. Машина внутрпочвенного орошения с забором воды из гибкого трубопровода	101
А. Джанибеков. Почвы низовий реки Лепсы и их сельскохозяйственное использование	116
Т. К. Абишев, Ф. В. Шкалик. К вопросу организации и проведения водохозяйственного обследования территории	127
Ф. Г. Герр. Расчет и анализ работы передвижных водоподъемных установок на скотопрогонных трассах	142
Т. К. Абишев. О состоянии и перспективах водохозяйственного строительства в степях Тургая	152
З. Т. Беркалиев, В. С. Буруменский. Изменчивость годового стока рек Южно-Казахстанского края	156
Ф. В. Шкалик. Прохождение талого стока и классификация зимне-весенних явлений в заснеженных руслах пересыхающих логов	164
В. И. Николенко. Аналитический расчет системы автоматического регулирования уровня воды в верхнем бьефе	177
В. Я. Лопатин. Потери воды во внутрхозяйственных каналах Георгиевской оросительной системы	184
Г. В. Воронаев, Х. С. Сеитов. Роль техники и организации орошения в экономике и развитии свеклосеяния Джамбулской области	195
Г. В. Воронаев, А. А. Акжанов, Ю. А. Малюгин. Техно-экономические показатели Ново-Чилийской оросительной системы	208