К-4

М.А. КОЗИН

Водный режим почвы и урожай

ТС-13

М.А. КОЗИН

Водный режим почвы и урожай

МОСКВА «КОЛОС» 1977

УДК 631.587:631.432

Козин М. А. **Водный режим почвы и урожай.** М., «Колос», 1977.

Основное внимание в книге уделено формированию водного режима почвы на орошаемых землях степной зоны страны при различных способах полива: затоплением чеков, по бороздам, полосам и дождеванием. Показано, что на орошаемых землях формируются чаще всего три типа водного режима почвы: регулируемый, частично регулируемый и со слоем воды на поле в период вегетации. Рассмотрена связь водного режима почвы с основными агротехническими приемами возделывания зерновых, технических и кормовых культур. Показано влияние водного режима на формирование урожая.

Таблиц 131. Иллюстраций 30. Библиографий 272.

К $\frac{40305—118}{035(01)—77}$ 58—77

© Издательство «Колос», 1977

ВВЕДЕНИЕ

В системе мер по интенсификации сельского хозяйства наряду с химизацией и механизацией важное место отводится мелиорации земель. Она призвана придать устойчивость сельскохозяйственному производству и в комплексе с другими мероприятиями по повышению культуры земледелия обеспечить неуклонный рост урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животноводства. На майском (1966 г.) Пленуме ЦК КПСС по инициативе Генерального секретаря ЦК КПСС товарища Л. И. Брежнева была принята грандиозная по своим масштабам долговременная программа мелиорации земель, которая успешно претворяется в жизнь.

XXV съезд КПСС с новой силой подчеркнул необходимость последовательного осуществления выработанной партией программы мелиорации земель. За 1976—1980 гг. будет введено в эксплуатацию за счет государственных капитальных вложений 4,17 млн. га орошаемых земель, 4,71 млн. га осушенных и обводнено 37,64 млн. га пустынных, полупустынных и горных пастбищ.

Значение работ по мелиорации земель в нашей стране с ее крайне сложными климатическими условиями трудно переоценить. С помощью осушительных мелиораций веками не используемые торфяники и болота превращаются в высокопродуктивные угодья. Орошение позволяет ввести в сельскохозяйственный оборот полупустынные земли и резко поднять урожайность культур в степных засушливых районах, отличающихся большим притоком тепла и плодородием.

Уроки засушливых лет свидетельствуют о необходимости ускорения работ по мелиорации земель.

Рост фонда мелиорированных земель не только придаст устойчивость сельскохозяйственному производству, но и позволит ему успешно решать задачи по удовлетворению потребности населения в продуктах питания и промышленности в сырье, смягчит возможные и в будущем удары стихии.

Именно с мелиорацией земель связано будущее нашего сельского хозяйства. В связи с этим особое внимание должно быть обращено на разработку и осуществление системы мероприятий по эффективному использованию мелиорированных земель.

Валовой сбор продукции растениеводства с орошаемой и осушенной пашни составляет 24,5—28,3% общей по стране. Продуктивность 1 га мелиорированной пашни эквивалентна 4 га немелиорированной. На мелиорированных землях выращивают весь хлопок и рис, более 60% овощей, 11,3 млн. т зерна, значительное количество кормов, плодов, ягод и др.

Вместе с тем опыт передовых хозяйств свидетельствует о наличии больших резервов. Во многих районах орошаемые земли используются не в полную силу, урожайность сельскохозяйственных культур не достигла проектных размеров и не соответствует фактическим возможностям орошения.

Одной из главных причин недостаточно эффективного использования орошаемых земель является невыполнение хозяйствами основных требований регулирования водного режима почвы и нарушение основных приемов агротехники.

Вопросам водного режима почвы посвящено много работ, и тем не менее острота этой проблемы неуклонно возрастает в связи с запросами сельскохозяйственного производства и быстрыми темпами развития орошения.

При орошении возникают новые задачи, связанные с подачей воды на поле и нормированием поливов, с применением сложных дождевальных машин, с влиянием воды на биологические и почвенные процессы, на условия развития растений.

С повышением влажности испаряющей поверхности почвы при орошении неизбежно возрастают потери влаги на физическое испарение. С такой же неизбежностью увеличиваются расходы на глубинную фильтрацию при подаче оросительной воды избыточной нормой. В результате при орошении существенно изменяется водный режим почвы, как приходная, так и расходная часть.

Все разнообразие водных режимов почвы при орошении подразделяется на три типа:

полностью регулируемый в течение всего вегетационного периода (в работе называется «регулируемый»), когда с помощью вегетационных поливов и ранее накопленных в почве запасов влаги полностью удовлетворяется потребность растений во влаге;

частично или периодически регулируемый, когда дается один полив или несколько поливов, но созданных запасов влаги не хватает для удовлетворения полной потребности растений;

водный режим, создаваемый при возделывании риса со слоем воды на поле.

Классификация водных режимов почвы, по мнению автора, даст возможность систематизировать накопленные по зонам страны данные о режиме орошения сельскохозяйственных культур и о его связи с питательным режимом.

Характеристика типов водного режима почвы позволит глубже разобраться в качественной стороне орошения, обоснованно оценить работу отдельных хозяйств и оросительных систем. Вместе с тем она может быть использована при разработке проектов и перспективных планов.

При регулируемом водном режиме почвы получают наиболее высокие урожаи сельскохозяйственных культур, если обеспечена потребность растений в других факторах жизни. Поэтому во всех разделах книги уделено внимание формам связи водного режима с питательным и воздушным режимами почвы, показана роль отдельных горизонтов почвы в формировании запасов влаги и питательных веществ, а также их доступности растениям.

При частично регулируемом водном режиме почвы общие запасы влаги в почве могут быть высокие, но они создаются, как правило, в глубоких слоях и используются после того, как будет сформирована мощная корневая система. Потенциальная продуктивность растений при этом типе водного режима почвы значительно ниже, чем при регулируемом.

Третий тип водного режима создается обычно на рисовых полях, почва которых полностью насыщена вла-

гой. В распоряжении растений находятся практически неограниченные ее запасы. В этом случае урожай в наибольшей мере зависит от методов регулирования питательного и воздушного режимов почвы.

Потенциальная продуктивность сельскохозяйственных культур при таком типе водного режима оценивается очень высокими баллами. Урожайность риса достигает 100 ц/га и более.

В книге приведены экспериментальные данные о суммарном водопотреблении сельскохозяйственных культур и роли отдельных горизонтов почвы в удовлетворении потребности растений в воде и питательных веществах.

На большом экспериментальном материале и данных производственных опытов показана эффективность орошения зерновых и других культур в европейской части страны многоопорными дождевальными машинами «Фрегат», обеспечивающими равномерное и сравнительно глубокое промачивание почвы.

Рассмотренные в книге принципы комплексного водохозяйственного и сельскохозяйственного строительства и освоения земель Голодной степи, а также характеристика работ, выполняемых на разных этапах освоения, позволят разобраться в сложности условий и характере вопросов, которые приходится решать специалистам и всем практическим работникам при вовлечении в сельскохозяйственный оборот полупустынных земель.

В десятой пятилетке предусмотрено распространение комплексного сельскохозяйственного освоения мелиорированных земель на другие зоны страны, где ведутся в больших размерах мелиоративные работы, с тем чтобы не допустить разрыва между вводом в эксплуатацию мелиорированных земель и их высокоэффективным использованием.

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ В СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЕ СССР

1 ЧАСТЬ

I
ГЛАВА

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФОНДА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ И ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

Формирование и динамика водного режима почвы зависят от притока солнечной энергии, осадков, температуры воздуха и почвы, ветрового режима и других климатических факторов, а также от технического состояния оросительных систем, техники и способов полива, условий передвижения воды в почвогрунте под воздействием гравитационных, адсорбционных, капиллярных и других сил. Существенное влияние на водный режим почвы оказывают сами растения, надземная часть которых формирует свой фитоклимат, коренным образом изменяющий действие метеорологических факторов, а подземная, то есть корневая, система определяет интенсивность поглощения воды из почвы, ее подачу к вегетативным частям — стеблю и листьям на транспирацию и построение растительных тканей.

Учитывая существенные различия по зонам страны почвенно-климатических условий и роли орошения в регулировании водного режима почвы, что в конечном итоге отражается на формировании урожая сельскохозяйственных культур, в данной работе, кроме общей характеристики по стране, рассматриваются особенности использования орошаемых земель по трем зонам.

Площадь орошаемых земель в стране ежегодно увеличивается за счет ввода новых оросительных систем. Кроме того, ведется большая работа по реконструкции старых систем и улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель (табл. 1).

Курс на борьбу с засухой и развитие орошения в южных районах страны был взят с первых лет Советской власти. Большое внимание этому вопросу уделял В. И. Ленин. По его инициативе в 1918 г. было принято первое постановление об орошении Туркестанских

Таблица 1

Рост площадей орошаемых земель в стране, тыс. га

Год	Всего орошаемых земель в пользовании хозяйств	В том числе	
		используемые в сельскохозяйственном производстве	фактически политые
1913	3 957	3 957	3 957
1965	9 306	9 270	8 205
1970	10 851	10 444	9 843
1975	14 233	13 730	12 993

степей. От ленинских декретов до наших дней нарастало внимание партии и правительства к повышению плодородия земель. Наиболее широкий размах мелиоративное строительство получило в последнее десятилетие. За этот период введено в эксплуатацию 6,4 млн. га орошаемых и более 8 млн. га осушенных земель.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В СССР

В настоящее время 11,4 млн. га орошаемых земель, или 83% общей площади, занято пашней, около 1 млн. га, или 7%,— садами, ягодниками, виноградниками и многолетними насаждениями. Из общей площади сельскохозяйственных угодий 600 млн. га орошается лишь около 2,4%, а в составе пашни на орошаемую площадь приходится 4,6%. Несмотря на небольшой удельный вес орошаемых земель в общей площади сельскохозяйственных угодий, на них производится 24,5% всей продукции растениеводства.

Удельный вес валовой сельскохозяйственной продукции, получаемой с орошаемых земель, увеличился с 15,7% в 1965 г. до 24,5% в 1975 г. (табл. 2).

За период с 1965 по 1975 г. существенно повысились валовые сборы риса, хлопка-сырца, кукурузы и другой продукции за счет роста посевных площадей и урожайности возделываемых культур (табл. 3).

Две трети общего прироста посевных площадей приходится на кормовые культуры, которые занимают в настоящее время наибольший удельный вес в структуре посевных площадей—35%.

Рост урожайности сельскохозяйственных культур на орошаемых землях характеризуют данные таблицы 4.

Таблица 2

Валовой сбор сельскохозяйственной продукции с орошаемых земель, тыс. т

Продукция	1965 г.	1970 г.	1975 г.	Прирост по сравнению с 1965 г.	
				тыс. т	%
Зерно (всего)	2 609	4 943	7 333	4724	181
Кукуруза	417	523	1 506	1089	261
Рис	583	1 279	2 002	1419	243
Хлопок-сырец	5 662	6 890	7 864	2202	39
Сахарная свекла (фабричная)	4 428	4 704	4 876	448	10
Овощи	4 775	6 721	9 225	4450	93
Картофель	787	1 183	1 563	776	99
Корма (в корм. ед.)	4 146	11 409	12 803	8657	209
Валовая сельскохозяйственная продукция:					
млрд. руб.	4,30	6,13	7,89	3,59	83
на 1 га пашни, руб.	581	706	695	114	196

Таблица 3

Структура посевных площадей на фактически политых землях

Сельскохозяйственные культуры	1965 г.		1975 г.		Прирост		Доля прироста, % ко всей посевной площади
	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	
Всего	7254,9	100	10 736,6	100	3481,7	48,0	100
Зерновые	2216,6	31	2 865,7	27	649,1	29,3	18,6
Технические	2705,0	37	3 225,1	30	520,1	19,2	14,9
Картофель и овоще-бахчевые	596,5	8	894,6	8	298,1	50,0	8,6
Кормовые	1736,8	24	3 751,2	35	2014,4	116,0	[57,9

Наибольший прирост урожая за период с 1966 по 1975 г. получен по группе зерновых культур, которым уделялось большое внимание со стороны сельскохозяйственных и водохозяйственных организаций, руководителей колхозов и совхозов. Однако достигнутая урожай-

Таблица 4

Урожайность сельскохозяйственных культур на орошаемых землях, ц/га

Сельскохозяйственные культуры	1965 г.	1966—1970 гг.	1971—1975 гг.	Прирост за девятую пятилетку	
				ц/га	%
Зерновые (всего)	13,8	19,2	25,4	6,2	32,3
Пшеница озимая	12,9	18,6	24,2	5,6	30,1
Пшеница яровая	8,0	11,6	12,5	0,9	7,7
Кукуруза	22,4	27,0	36,5	9,5	35,2
Рис	26,9	23,3	38,6	5,3	15,9
Хлопчатник	23,2	24,1	27,3	3,2	13,3
Сахарная свекла	299,0	327,0	313,0	—14,0	—
Многолетние травы прошлых лет (сено)	39,0	43,7	66,5	22,8	52,2
Овощные	135,0	145,0	158,0	13,0	9,0

ность зерновых культур и особенно сахарной свеклы и кормовых культур на орошении не является высокой. В передовых хозяйствах получают устойчивые урожаи озимой пшеницы по 45—50 ц/га, риса и кукурузы по 55—70 ц/га, сахарной свеклы по 650—700 ц/га и сена многолетних трав по 120—150 ц/га, то есть в 2—3 раза больше, чем в среднем по стране.

Большую роль в росте урожайности сельскохозяйственных культур играют работы по совершенствованию технического состояния оросительных систем и внедрению прогрессивных способов полива, от которых зависит возможность более тщательного управления водным режимом почвы в соответствии с требованиями растений, а следовательно, и условиями формирования урожая.

Несколько иная картина наблюдается на системах лиманного орошения, на которых обычно проводится одноразовое затопление массивов в период паводка. Отсутствие паводков, что нередко бывает в засушливой зоне, равносильно исключению этих земель из орошения. Урожаи сельскохозяйственных культур на системах лиманного орошения находятся в большой зависимости от погодных условий.

За десятилетие площадь орошаемых земель в пользовании хозяйств увеличилась почти на 5 млн. га, проведена большая работа по техническому совершенствованию оросительных систем (табл. 5).

Таблица 5

Характеристика оросительных систем (в тыс. га) и способов водозабора в СССР

Показатели	1963 г.	1975 г.	Прирост	
			тыс. га	%
Орошаемые земли в пользовании хозяйств (всего)	9270,2	4 233,0	4962,8	53,5
В том числе инженерные рисовые системы	100,5	618,9	518,4	515,8
Способы забора воды из источников:				
машинный водоподъем	1314	5857	4543	345,7
самотечный	6979	8054	1015	15,4
Земли лиманного орошения	1083	970	—113	—
Политые неорошаемые земли (поля-спутники)	112	919	807	720,5

Основную долю прироста составляют оросительные системы с машинным водоподъемом. Создан новый фонд инженерных рисовых систем, построены крупные гидроузлы и водохранилища, ведется строительство систем закрытого типа и в железобетонных лотках, широко применяется облицовка крупных оросительных каналов бетонным и другими антифильтрационными покрытиями. Все это позволяет повысить коэффициент полезного действия оросительных систем, более экономно использовать оросительную воду. Наряду с этим в полупустынных районах отгонного животноводства эффективным способом повышения продуктивности кормовых угодий является лиманное орошение.

По данным таблицы 6 можно судить о масштабах применения способов полива и о формировании отдельных типов водного режима почвы. Так, частично регулируемый водный режим обычно складывается на участках, получивших один влагозарядковый полив, а также на землях лиманного орошения. Специфический водный режим со слоем воды на поле характерен для полива по чекам, его обычно применяют на рисовых полях. Наконец, из таблицы 6 следует, что удельный вес площадей, поливаемых дождеванием, продолжает неуклонно расти.

Таблица 6

Способы полива сельскохозяйственных угодий в СССР

Способы полива	Площадь орошения, тыс. га		Удельный вес способов полива, %	
	1965 г.	1975 г.	1965 г.	1975 г.
Все способы	8205	12 993	100	100
Поверхностные (всего)	7660	8 572	93	66
В том числе:				
по бороздам	4103	5 762	57	44
по чекам	120	770	1	6
Дождевание	545	4 421	7	34
Из общей площади полито: влагозарядковыми поливами с последующими вегетационными	2288	5 789	28*	45*
только влагозарядковыми	283	546	3*	4*
Лиманное орошение (фактически залито земель)	543	482	7	4*

* ЦСУ СССР организован учет общей площади, политой поверхностными способами, из нее выделяется площадь, политая по бороздам. Полив по чекам дан расчетно, исходя из площади рисовых инженерных систем.

Управлять водным режимом почвы с помощью орошения очень трудно. Только в том случае можно получить высокие урожаи возделываемых культур, когда поливы проводят в соответствии с потребностью растений и влажность изменяется в определенном интервале, исключающем переувлажнение или иссушение почвы. В связи с многообразием почвенно-климатических условий требования к водному режиму почвы также меняются. В средней и северной частях территории СССР только в отдельные годы проявляется недостаток во влаге, в южной степной и полупустынной зонах это происходит ежегодно с различной интенсивностью и продолжительностью.

В одних случаях для получения высоких урожаев требуется один полив небольшой нормой, в других — от трех до десяти, в зависимости от биологических особенностей возделываемых культур.

Сложность возникающих перед орошением задач заключается еще и в том, что большой диапазон меняющихся требований характерен не только для различных пунктов, но и для одного и того же пункта в разные го-

ды. Это вызывает необходимость строительства систем с большим запасом маневренности, что не всегда выполнимо технически или связано с дополнительными издержками.

На системах регулярного орошения повышаются требования к выполнению комплекса агромелиоративных мер. Особенно важную роль играет точное выполнение работ на поливе с соблюдением установленных сроков и высококачественных показателей.

Эффективность орошения в конечном итоге определяется ростом урожайности возделываемых культур и соответственно объемом дополнительной продукции. В то же время урожайность зависит от ряда факторов: питательного и воздушного режимов почвы, организационно-технических мер и меняющихся условий погоды, потенциальной продуктивности сортов и других особенностей, которые не вскрываются на основе средних статистических данных в масштабе всей страны, а подлежат детальному анализу работы хозяйств, раскрытию условий выращивания растений на поле.

При составлении характеристики общеклиматических и почвенных условий зон орошения автором учтены проработки ведущих ученых и специалистов Союзводпроекта, СОПС Госплана СССР, Главного управления гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР, Почвенного института им. В. В. Докучаева, ВАСХНИЛ, сделанные к технико-экономическому докладу о перспективах развития мелиорации земель в стране. Кроме того, учтены материалы проектных схем комплексного использования водных ресурсов в бассейнах рек Амударьи и Сырдарьи, схемы орошения в засушливых областях Поволжья.

На рисунке 1 приведена схема агроклиматического районирования СССР по теплообеспеченности и увлажнению, составленная Д. И. Шашко. На ней выделены пояса, подпояса и полосы теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, а также области, подобласти и районы естественной влагообеспеченности в границах всей территории страны. На этой основе представилась возможность выделить контуры трех природных зон. Они существенно отличаются одна от другой по почвенному покрову и условиям организации сельскохозяйственного производства на орошаемых землях, различной удаленности от центров формирования пустынного

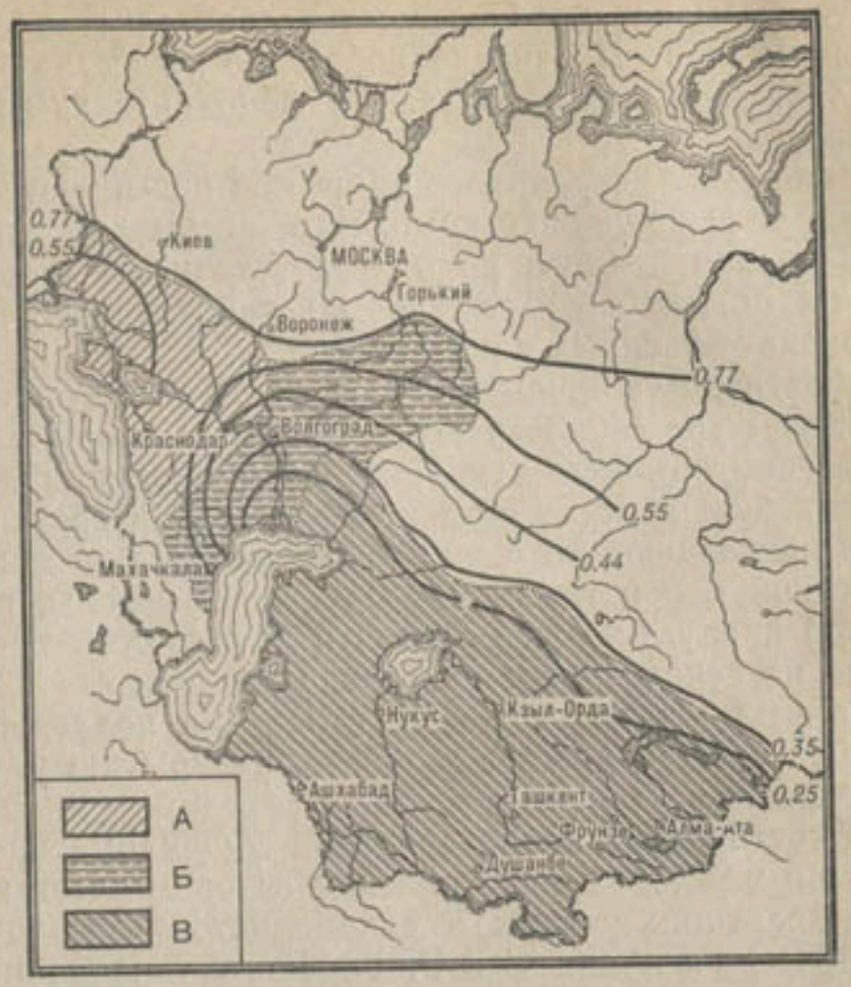


Рис. 1. Схема агроклиматических зон:
А — юг Украинской ССР и Северный Кавказ, без Дагестанской АССР; Б — Поволжье и Дагестанская АССР; В — южная часть Казахской ССР и Средняя Азия.

климата и проявлению его континентальности, суровости осенне-зимнего периода и районированию группы озимых и технических культур.

В этом плане достаточно четко прослеживается постепенное нарастание континентальности климата по мере продвижения от западной границы сухостепной зоны, начинающейся на юге Украины, на восток к южному Поволжью и далее к Западному Прикаспию и от него к полупустынным оазисам в республиках Средней Азии.

В таком же направлении наблюдается смена почвенного покрова от черноземов и каштановых почв, характерных для юга Украины и Северного Кавказа, к светло-каштановым почвам и солончаково-солонцеватым комплексам Поволжья и Западного Прикаспия и, нако-

нец, к сероземным и такыровидным почвам Средней Азии.

На юге Украины и Северном Кавказе складываются наиболее благоприятные условия для возделывания озимых культур, которые занимают здесь ведущее место в структуре посевных площадей на богарных землях и успешно выращиваются при орошении.

В Поволжье из зерновых колосовых преобладают яровые пшеницы, при орошении создается возможность для успешного возделывания и озимой пшеницы.

В республиках Средней Азии и Казахстане ведущую роль в структуре посевных площадей играют посевы хлопчатника.

Более детальные элементы отличия прослеживаются на основе анализируемых показателей климата и почвенного покрова по зонам.

В целях получения достоверных статистических данных, характеризующих условия производственной деятельности хозяйств, в состав зон включены административные области и экономические районы, в основном без дробления, за исключением Северо-Кавказского экономического района, из которого выделена территория Западного Прикаспия (в составе Дагестанской АССР), отнесенная ко второй зоне.

Таким образом, в первую зону — зону А — входят южные области Украины и Северного Кавказа (без Дагестанской АССР), во вторую — зону Б — Поволжье и Дагестанская АССР, в третью — зону В — юг Казахской ССР и республики Средней Азии. В этих трех зонах сосредоточено 79,5% орошаемых земель, 86% орошаемой пашни, 85% посевов хлопчатника, 82% зерновых культур и 92% риса. Кроме того, в них расположены основные объекты перспективного орошения, освоение которых ведется высокими темпами.

В целях сопоставимости агроклиматических характеристик по зонам взяты следующие однотипные показатели: приток солнечной энергии, сумма температур, сумма осадков, испаряемость, годовой показатель увлажнения, или гидротермический коэффициент, континентальность и др.

Поступающая на землю солнечная радиация с длиной волн от 0,29 до 4,00 мкм является энергетической основой возникновения погодообразующих динамических процессов в атмосфере. Однако не весь спектр солнеч-

ной радиации используется в процессе фотосинтеза, а только часть его, находящаяся в интервале длин волн от 0,38 до 0,71 мкм. Эту часть называют фотосинтетически активной радиацией (ФАР). Теория получения высоких урожаев в настоящее время исходит из регулирования основных факторов развития растений: водного режима, минерального питания, содержания в воздухе CO_2, температуры и радиации. В полевых условиях последние два фактора развития растений наиболее трудно регулируются.

Ресурсы поступающей ФАР и тепла в южных районах страны достаточно велики, в расчетах формирования урожая они обычно не учитывались. Ограничивающими факторами здесь считались влага и минеральное питание.

В практике проектирования мелиоративных объектов такое исключение неправомерно. По своей сущности проводимые в настоящее время мелиорации дают возможность использовать в полной мере не только плодородие почв, но и значительно повысить к. п. д. использования солнечной радиации.

Экспериментальные данные по программированию урожаев на орошаемых землях (Устенко, Ягнова, 1966; Лысогоров, Сухоруков, 1972; Саламов, 1973; Евтушенко, 1973; Обухов, 1973; Циприс, Догановская, 1973, и др.) свидетельствуют о реальной возможности получения таких урожаев, при которых необходим учет притока солнечной энергии. Наконец, очень важно отражать в проектах не только урожай сельскохозяйственных культур на год организационно-технического устройства с ориентиром на прошлые данные, но и определить, в какой мере этот урожай будет соответствовать теоретически возможному, рассчитанному на использование ФАР на уровне 5—7% и более. При такой постановке появится необходимость включения в состав возделываемых культур пожнивных и повторных посевов и решения других вопросов.

В таблице 7 приведены данные поступления фотосинтетически активной радиации по зонам за вегетационный период и за периоды возделывания отдельных культур.

К I группе культур отнесены зерновые колосовые с вегетационным периодом в зонах А и Б 100—110 дней с апреля по июль.

Таблица 7

Суммарная энергия ФАР, млрд. ккал/га

Зона	Метеостанция	За год	За вегетацию с температурой более		Применительно к группам ранних и поздних культур	
			10 °С	5 °С	I	II
А (юг Украины и Северный Кавказ)	Гигант	5,75	4,11	4,65	2,60	3,74
	Одесса	5,75	4,30	4,91	2,65	3,80
	Аскания-Нова	5,47	3,97	4,57	2,44	3,54
В среднем по зоне А		5,66	4,15	4,70	2,55	3,69
Б (Поволжье и Дагестанская АССР)	Ершов	5,35	3,53	3,97	2,35	3,59
	Астрахань	5,34	3,88	4,42	2,50	3,50
	Махачкала	5,35	4,02	4,50	2,61	3,60
В среднем по зоне Б		5,45	3,81	4,30	2,40	3,56
В (Средняя Азия и Казахстан)	Ак-Кум	6,92	5,11	5,65	2,60	4,00
	Тахиа-Таш	6,73	5,04	5,56	2,68	3,80
	Ташкент	6,63	5,20	5,77	2,65	4,10
	Фергана	6,70	5,25	5,72	2,56	3,80
	Термез	7,23	5,90	6,60	2,70	4,10
В среднем по зоне В		6,80	5,22	5,75	2,66	3,90

Ко II группе отнесены кукуруза, сахарная свекла и рис в зонах А и Б, а в зоне В — хлопчатник и рис. Вегетация люцерны соответствует приходу ФАР, показанному в колонке с температурой более 5 °С.

С совершенствованием технологии возделывания сельскохозяйственных культур увеличивается урожайность товарной продукции и вместе с тем повышается коэффициент использования фотосинтетически активной радиации (табл. 8).

За период с 1913 по 1973 г. существенно улучшилось использование энергии ФАР полевыми культурами. Так, при возделывании пшеницы и хлопчатника процент использования ФАР возрос более чем в 4 раза, а при выращивании сахарной свеклы — в 2,3 раза.

У растений в лесах и на лугах, произрастающих в естественной обстановке, за такой срок практически никаких изменений в характеристике использования солнечной энергии не произошло.

Таблица 8

Повышение доли использованной энергии ФАР сельскохозяйственными культурами за счет роста их урожайности

Показатели	Озимая пшеница		Сахарная свекла (фабричная)		Хлопчатник	
	1913 г.	1973 г.	1913 г.	1973 г.	1913 г.	1973 г.
Урожай абсолютно сухого вещества, ц/га	40,1	150,0	96,0	220,0	40,0	150,0
Урожайность товарной продукции, ц/га	8,0	30,0	70,0	300,0	8,0	30,0
Содержание химически связанной энергии в урожае, млн. ккал	16,0	67,0	41,0	95,0	26,0	100,0
Приток ФАР на 1 га посева, млн. ккал	3700	3700	3700	3700	4000	4000
Доля использованной энергии ФАР, %	0,43	1,81	1,11	2,57	0,65	2,50

Особенно эффективным приемом повышения продуктивности растений в степных районах страны является орошение. Оно позволяет регулировать водный режим почвы в нужном для растений направлении.

Большое значение для растений имеет интенсивность освещения. По данным А. А. Ничипоровича (1966), для нормального роста и развития растений необходима строго определенная интенсивность фотосинтетически активной радиации — 70—100 тыс. эрг/см^2·с. Такая освещенность характерна для всех районов сухостепной зоны страны, а в искусственной обстановке может быть получена с помощью специальных приборов и установок. Для искусственного освещения вначале использовали обычные лампы накаливания мощностью 500 Вт. В настоящее время с этой целью применяют зеркальные лампы накаливания с водяным фильтром.

Мощность лучистого потока над растениями томатов, по данным опытов Б. С. Машкова, достигала 500—600 Вт/м^2. Освещение поддерживалось 14 часов в сутки. Средний урожай плодов с одного растения за 60 дней

достигал 500 г, а за 180 дней собиралось три урожая с общим весом плодов 1500 г. Годовой урожай томатов достигал 100 кг с 1 м^2 осветительной установки, или в 6—10 раз больше самых высоких урожаев томатов грунтовой культуры. По мнению Б. С. Машкова, такие урожаи не характеризуют предельной продуктивности, еще имеются резервы повышения урожайности за счет совершенствования светового режима с помощью ксеноновых ламп и регулирования других факторов.

К общим показателям характеристики климата относится континентальность K (в %). Ее определяют по формуле И. Н. Иванова:

$$K = \frac{A \cdot 100}{0{,}33\varphi},$$

где A — годовая амплитуда температуры из среднемесячных ее значений; φ — широта местности.

Величина K=100% означает уравновешенное влияние континентов и океанов на климат. Если K менее 100%, то проявляется преобладание океанических, а при K больше 100% — континентальных влияний.

На территории сухостепной и полупустынной зон по этому показателю преобладают континентальные условия, значения K колеблются от средне континентального (165—205%) до резко континентального (250%).

Важным показателем, характеризующим условия роста и развития растений, является влагообеспеченность в период вегетации. Сумма годовых осадков дает представление о количестве влаги, поступающей в почву на богарных землях. Не все это количество может быть использовано растениями. Часть осадков в виде поверхностного стока уходит за пределы сельскохозяйственных полей, часть испаряется с поверхности почвы в период, когда на поле нет растительного покрова, часть теряется за счет фильтрации в глубокие слои почвы.

Не полностью также используются и осадки, выпадающие в период вегетации. В летние, жаркие дни осадки менее 2—5 мм в сутки не дают должного эффекта. В практике проектных и научно-исследовательских организаций при определении количества полезных осадков по зонам вводится поправочный коэффициент: 0,7—0,8 для осадков вегетационного периода и 0,5—0,6 для годовой суммы осадков.

Впитавшиеся в почву осадки превращаются в качественно новое состояние — почвенную влагу — как элемент плодородия этой почвы и ее структурная часть (жидкая фаза наравне с твердой и газообразной). Именно почвенная влага представляет предмет особых забот земледельца, от ее наличия и подвижности зависит уровень плодородия почвы и урожаев сельскохозяйственных культур.

Для определения потенциальной биологической продуктивности климата по зонам можно воспользоваться формулой Д. И. Шашко (1967):

$$БКП = K_р \frac{\Sigma t \cdot 10}{1000},$$

где $БКП$ — относительный биологический потенциал; $K_р$ — коэффициент биологической продуктивности (расчетной); Σt — сумма температур воздуха выше 10 °С; 1000 — сумма температур выше 10 °С близ северной границы земледелия.

Относительная потенциальная биологическая продуктивность климата в пределах сухостепной и полупустынной зон колеблется от 2,8 до 5,2 при достаточном увлажнении и от 1,68 до 4,68 при недостаточном увлажнении.

Сравнительная оценка потенциальной биологической продуктивности климата дается по условной шкале. Автором принята единая шкала продуктивности в баллах для условий оптимальной влажности почвы. Вес баллов для зерновых рассчитывают по их урожайности, исходя из того что 1 ц соответствует 5 баллам. Для оценки продуктивности хлопчатника, сахарной свеклы, люцерны и других культур можно воспользоваться данными урожайности таблицы 9.

Таблица 9

Шкала оценки продуктивности сельскохозяйственных культур

Индекс	Оценка, баллов	БКП	Урожайность, ц/га				
			зерно	хлопок-сырец	сено люцерны	сахарная свекла	кукуруза на силос
$Н_о$	100	1,2—1,6	20	11	35	150	170
$Н$	100—130	1,6—2,0	20—26	11—14	35—45	150—200	170—220
$П_н$	130—170	2,0—2,5	26—34	14—19	45—60	200—250	220—290
$С$	170—210	2,5—2,8	34—42	19—24	60—80	250—310	290—350
$С_в$	210—250	2,8—3,2	42—50	24—28	80—100	310—370	350—425
$П_в$	250—300	3,2—3,6	50—60	28—34	100—120	370—450	425—510
$В$	300—350	3,6—4,0	60—70	34—40	120—150	450—525	510—600
$В_о$	350	4,0	70	40	150	525	600

Примечание. $Н_о$ — очень низкая; $Н$ — низкая; $П_н$ — пониженная; $С$ — средняя; $С_в$ — выше средней; $П_в$ — повышенная; $В$ — высокая; $В_о$ — очень высокая.

ЮГ УКРАИНЫ И СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ (ЗОНА А)

Территория рассматриваемой зоны включает Одесскую, Николаевскую, Херсонскую, Крымскую, Запорожскую, Днепропетровскую, Донецкую и Ворошиловградскую области Украинской ССР; Ростовскую область, Краснодарский и Ставропольский края, Кабардино-Балкарскую, Северо-Осетинскую и Чечено-Ингушскую автономные республики (рис. 1).

По интенсивности земледелия зона занимает ведущее положение в стране. В ней находится 64 млн. га всех сельскохозяйственных угодий.

Орошение в зоне стало развиваться сравнительно недавно. В довоенный период были построены рисовые оросительные системы в Краснодарском крае и отдельные небольшие системы в предгорной зоне Северного Кавказа.

За период с 1951 по 1955 г. были введены в эксплуатацию крупные оросительные системы в низовьях Дона, Днепра, развернулись крупные работы в других областях этой зоны.

Таблица 10

Площади орошаемых земель и их использование в сельскохозяйственном производстве в зоне А

Показатели	1965 г.	1975 г.	Прирост	
			тыс. га	%
Орошаемые земли в пользовании хозяйств (всего), тыс. га	1063,7	2670,7	1607,0	151,1
Используемые в сельскохозяйственном производстве, тыс. га	1043,2	2522,6	1479,4	141,8
Фактически политые земли: тыс. га	807,4	2373,7	1566,3	194,0
%	77,4	88,9	—	11,5

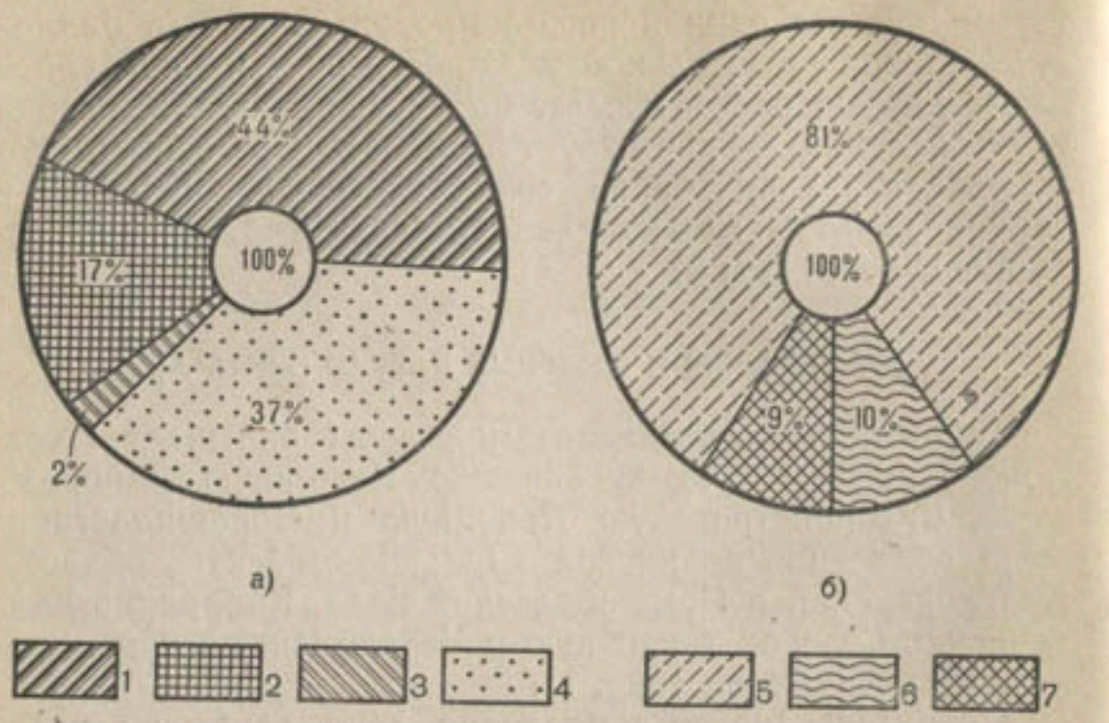


Рис. 2. Использование орошаемых земель на юге Украины и Северном Кавказе:

а — удельный вес сельскохозяйственных культур (*1* — кормовые; *2* — овощебахчевые и картофель; *3* — технические; *4* — зерновые); *б* — поливы (*5* — дождевание; *6* — по бороздам и полосам; *7* — затопление чеков).

В общей площади сельскохозяйственных угодий орошаемые земли занимают небольшой удельный вес — в среднем по зоне 4,2%.

Из общей площади орошаемых земель 91% занято пашней, 7% — садами, ягодниками и виноградниками, остальные 2% — пастбищами, сенокосами и другими сельскохозяйственными угодьями (табл. 10).

В 1975 г. с 1 га орошаемых сельскохозяйственных угодий Украины получено валовой продукции по 620 руб., на Северном Кавказе — по 518 руб., в среднем по зоне — по 576 руб., или на 140 руб. больше, чем в 1965 г. (табл. 11).

Уже в настоящее время эти земли играют большую роль в увеличении производства риса, овощей, кормов и др.

В этой зоне развернуто строительство крупных оросительных систем — Каховской, Большой Ставропольской и др. — с целью увеличения производства товарного зерна на орошаемых землях.

Этой зоне принадлежит ведущая роль в производстве ценных зерновых культур: риса, озимой пшеницы и

Таблица 11

Валовой сбор сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях в зоне А

Продукция	1965 г.	1970 г.	1975 г.	Прирост (1975—1970 гг.)	
				тыс. т	%
Зерно (всего)	657,2	1775,7	2821,6	2164,4	329,3
Кукуруза	166,1	268,0	471,1	305,0	183,6
Рис	278,0	633,3	1016,1	738,1	265,5
Сахарная свекла (фабричная)	401,6	497,9	560,0	158,4	39,4
Овощи	1997,2	2675,6	3500,0	1502,8	75,2
Корма, корм. ед.	781,3	2048,2	4310,9	3529,6	451,9
Валовая сельскохозяйственная продукция:					
млн. руб.	375	852	1301	926	246,9
на 1 га пашни, руб.	436	580	576	140	32,1

кукурузы. Валовой сбор зерна на орошаемых землях зоны достиг 2,8 млн. т, или 38,5% от общего по стране, риса — 50,8%, кукурузы — 43,5, овощей — 33,7%.

В дальнейшем рост производства этих культур будет идти за счет расширения посевных площадей и повышения урожайности. Особого внимания заслуживает ценнейшая высокоурожайная техническая культура сахарной свеклы. Благоприятные условия для этого имеются на юге Украины. Как показывает опыт совхозов Ингулецкого треста, сахарная свекла при орошении дает более 400 ц/га.

Ведущая роль в структуре посевных площадей отводится кормовым культурам. При орошении они дают более высокие и устойчивые урожаи по сравнению с другими культурами. Это позволяет высвободить часть земель, занимаемых ими на богарных землях, под посев зерновых культур. Такая трансформация часто не улавливается статистикой в масштабах республик или областей, но она играет существенную роль в хозяйствах и районах интенсивного развития орошения. За восьмую и девятую пятилетки под орошаемые кормовые культуры отведено около 57% всего прироста посевных площадей (табл. 12).

Таблица 12

Структура посевных площадей на фактически политых землях зоны А

Группы культур	1965 г.		1975 г.		Прирост		Доля прироста, %
	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	
Посевная площадь (всего)	843,4	100	2017,1	100	1173,7	139,2	100
Зерновые	314,5	37	748,4	37	433,9	138,0	37
Технические	42,3	5	48,7	3	6,4	15,1	0,5
Картофель и овоще-бахчевые	217,3	26	287,6	14	70,3	32,4	6
Кормовые	269,3	32	932,4	46	663,1	246,2	56,5

Таблица 13

Урожайность сельскохозяйственных культур на орошаемых землях в зоне А, ц/га

Культуры	1965 г.	1966—1970 гг.	1971—1975 гг.	Прирост за девятую пятилетку	
				ц/га	%
Зерновые (всего)	29,8	33,3	37,2	3,9	11,7
Пшеница озимая	26,0	31,1	35,4	4,3	13,8
Пшеница яровая	13,7	18,0	21,8	3,8	21,1
Кукуруза	31,6	34,6	43,3	8,7	25,1
Рис	37,8	42,3	43,5	1,2	2,8
Сахарная свекла (фабричная)	232,1	286,0	286,0	—	—
Многолетние травы (на сено)	38,9	43,6	47,1	3,5	8,0
Овощные	126,0	136,0	143,0	7,0	5,1

За период с 1966 по 1975 г. урожайность возделываемых культур заметно повысилась (табл. 13). Урожайность зерновых культур 40 ц/га, ранее считавшаяся рекордно высокой, сейчас стала обычной для хлеборобов орошаемых земель. Рисоводы Крыма, Кубани и других зон борются за получение не менее 5 т риса с 1 га, и это вполне реальная задача.

Дальнейший рост урожайности зависит от совершенствования технологии возделывания сельскохозяйственных культур, внедрения прогрессивных способов полива,

устранения имеющихся недостатков в конструкции и эксплуатации оросительных систем.

Техническое состояние оросительных систем с каждым годом улучшается, однако еще на значительных площадях не проведена капитальная планировка, реконструкция оросительной и строительство коллекторно-дренажной сети (табл. 14).

Таблица 14

Способы водозабора на оросительных системах (в тыс. га) в зоне А

Показатели	1965 г.	1975 г.	Прирост	
			тыс. га	%
Орошаемые земли в пользовании хозяйств (всего)	1063,7	2670,7	1607,0	151,1
Способы забора воды из источников:				
машинный водоподъем	460,0	1844,0	1384,0	412,2
самотечный	605,7	830,7	225,0	17,7
Земли лиманного орошения	7,5	7,5	—	—
Политые неорошаемые земли (поля-спутники)	1,0	301,4	300,4	—

Оросительные системы с машинным водоподъемом на Украине составляют 95,8%. В дальнейшем число их будет расти и по другим районам зоны А.

Лиманное орошение в небольших размерах применяют в восточных районах Ростовской области.

В последние годы по инициативе хозяйств устраивают временные водозаборы и организуют орошение с помощью передвижного оборудования на полях, примыкающих к оросительным системам, но не включенных в состав орошаемых земель. На таких полях обычно проводят один полив в наиболее засушливый период, что позволяет получить дополнительный урожай. Таких полей-спутников много в Херсонской, Крымской и Николаевской областях и в Ставропольском крае.

Крупные оросительные системы в зоне: Каховская, Краснознаменская, Ингулецкая, земли Северо-Крымского канала в Украинской ССР; Азовская, Пролетарская, Нижне-Донская и Богаевско-Садковская в Ростовской области; Кубанская и Петровско-Анастасиевская, Марьяно-Чебургольская в Краснодарском крае; Большая Ставропольская, Терско-Кумская в Ставропольском

крае; Алханчуртская, Мало-Кабардинская и другие в автономных республиках Северного Кавказа.

Наиболее распространенный способ полива — дождевание, затем полив по бороздам (табл. 15).

Таблица 15

Способы полива сельскохозяйственных угодий в зоне А

Способы полива	Площадь орошения, тыс. га		Прирост	
	1965 г.	1975 г.	тыс. га	%
Все способы	807,4	2373,3	1565,9	193,9
Поверхностный (всего)	488,0	606,6	118,6	24,3
В том числе:				
по бороздам	366,5	305,2	—61,3	—
по чекам	80,0	297,0	217,0	271,3
Дождевание	319,4	2068,1	1748,7	547,5
Из общей площади полито: влагозарядковыми поливами с последующими вегетационными	226,6	920,2	693,6	306,1
только влагозарядковыми	53,2	51,5	—1,7	—
Лиманное орошение (фактически залито земель)	2,5	6,6	4,1	164,0

С каждым годом возрастает удельный вес площадей, политых дождеванием. На юге Украинской ССР и в Молдавской ССР дождеванием поливается 95% всех площадей. Меньший удельный вес поливы дождеванием занимают в Краснодарском крае, в связи с большим удельным весом в составе орошаемых культур посевов риса, поливаемого затоплением чеков.

Наиболее распространенные почвы южных районов Украины — черноземы южные, карбонатные и обыкновенные. В зоне, прилегающей к Сивашу, и вдоль побережья Азовского и Черного морей распространены солонцеватые каштановые почвы и солонцы.

Каштановые и солонцовые почвы характеризуются уплотненным переходным горизонтом, низкой водопроницаемостью и неглубоким залеганием водорастворимых солей и гипса. У темно-каштановых почв соли залегают на глубине 2 м, у каштановых —1,5—2,0 м, а у солонцов непосредственно под солонцовым горизонтом.

Черноземы обыкновенные имеют хорошо гумусированный профиль мощностью 75—85 см и более, наиболее благоприятны для сельскохозяйственного использования, отличаются высоким плодородием и хорошими водно-физическими свойствами, что особенно важно для орошения (табл. 16).

Таблица 16

Агрохимическая характеристика основных почвенных разностей южного экономического района Украинской ССР

Почвенные разности	Валовое содержание (в %) в пахотном горизонте			Степень насыщенности основаниями, %	pH
	гумуса	азота	фосфора		
Черноземы обыкновенные среднемощные тяжелосуглинистые на лессе	5,0—5,6	0,32	0,17	95,0	6,3
Черноземы южные тяжелосуглинистые на тяжелых глинах и лессе	3,5—3,8	—	0,16	97,5	7,1
Темно-каштановые слабосолонцеватые тяжелосуглинистые	2,8—3,0	8	0,18	92—94	6,5—7,2
Пойменные луговые слабозасоленные	2,0—4,8	0,21	0,25	—	—

Полевая влагоемкость у черноземов обыкновенных в зависимости от механического состава колеблется от 20 до 35%, влажность завядания соответственно от 6—8 до 16—18%. Предельные запасы продуктивной влаги для верхних гумусовых горизонтов почвы составляют 14—18% массы почвы. В глубь профиля запасы продуктивной влаги, так же как и полевая влагоемкость, уменьшаются.

Водопроницаемость черноземов обыкновенных обычно более 1 мм/мин.

На Северном Кавказе наиболее распространены черноземы, занимающие 11,7 млн. га, или 60%, каштановые почвы — более 20%, солонцы и солончаки — 5%, луговые и лугово-болотные — около 8%. Изучению почвенного покрова зоны посвящены работы С. А. Захарова, П. С. Простакова (1964), Ф. Я. Гаврилюка (1971) и др.

Внутри каждого типа почв по мощности гумусового горизонта, степени выщелоченности, механическому составу и другим признакам выделяется несколько почвенных разностей. Краткая характеристика почв (по Ф. Я. Гаврилюку), наиболее распространенных в зоне рисосеяния, представлена в таблице 17.

В зоне Кубанских плавней встречаются слитные черноземы, плавневые-луговые почвы с солончаковыми разностями и луговые черноземовидные, на маловодопроницаемых материнских породах. Такие земли не пригодны для сельскохозяйственного использования без проведения мелиоративных мероприятий по регулированию водного и солевого режимов. Их вовлекают в сельскохозяйственный оборот для возделывания риса. Под эту культуру отводят засоленные земли в низовьях Дона на Пролетарской системе, здесь комплексные почвы — терасово-солончаковато-солонцеватые черноземы, тяжелосуглинистые по механическому составу. Грунтовые воды залегают на глубине менее 2 м, до возделывания риса их горизонт находится на глубине 3—6 м от дневной поверхности, минерализация грунтовых вод изменяется от 5—7 до 50—90 г/л, в зависимости от засоления грунтов.

Климат зоны отличается продолжительным, жарким и сухим летом, сравнительно мягкой и малоснежной зимой. Среднегодовая температура воздуха 8,6—9,9 °С, весенний период с температурой от 15 до 5 °С также засушливый —40—42 дня. Осадков выпадает от 300 до 600 мм, из них за вегетацию 60—62% годовой нормы. Испаряемость за вегетационный период в 2—2,5 раза превышает сумму осадков. Недостаток насыщения воздуха парами воды, дефицит насыщения среднесуточный за вегетацию 6 мм. Вегетационный период начинается в III декаде марта или I декаде апреля и заканчивается в I декаде ноября, его продолжительность 205—250 дней. Переход температур через 10 °С наблюдается весной во II—III декаде апреля, осенью в III декаде сентября — I декаде октября.

Рельеф юга Украинской степи представлен слегка волнистой равниной, имеющей небольшой уклон к морю и перерезанной долинами рек, впадающих в Черное море. Особое место занимает бесточная часть зоны, ограниченная реками Днепром и Молочной, которая изобилует подами — замкнутыми понижениями, не

Таблица 17

Характеристика почв Северного Кавказа

Почвенные разности	Горизонты А+В, см	Глубина грунтовых вод, м	Содержание гумуса, %	Азот, %	Фосфор, %	Максимальная гигроскопичность, %
Черноземы предкавказские слабо- и средневыщелоченные	90—125	3—5	4,1—6,3	0,17—0,32	0,1—0,16	8,2—10,4
Черноземы долинные солонцеватые	60—90	2—3	4,5—6,0	0,23	0,13	7,9—9,3
Лугово-черноземовидные солонцевато-солончаковатые	60—100	1,5—2	6,0—9,1	—	—	8,5—9,5
Солончаки	40—70	0,9—1,5	4,1—4,8	—	—	9,0—10,2
Каштановые	2—5	2—5	2,5—4,0	0,15—0,17	0,12—0,18	8,1—9,1

связанными с речными системами. Размеры таких подов бывают от 0,5 га до сотен гектаров. До орошения поды использовали как малопродуктивные, заболоченные кормовые угодья.

Существенными особенностями отличается также Приморская полоса степей, на которую оказывает большое влияние температурный режим моря. Осадков в этой полосе выпадает от 300 до 350 мм, причем больше половины приходится на ноябрь — март.

Грунтовые воды приурочены к известнякам и пескам неогена, а в долине реки Молочной к песчано-глинистым отложениям палеогена и мела. В зоне Причерноморской впадины грунтовые воды пресные, в нижней части Херсонской области имеют повышенную минерализацию. Наиболее высокая минерализация грунтовых вод отмечена в Присивашье — до 40—50 г/л.

Климат районов Северного Кавказа характеризуется континентальностью, малоснежными зимами, ветрами. На климат оказывают влияние три центра формирования воздушных масс: восточный, расположенный в районе Среднеазиатских республик, и западный — со стороны Атлантики, Черного и Азовского морей, а также северный — арктический (табл. 18).

В зимний период здесь попеременно действуют то сухие воздушные массы с востока, то влажные и прохладные с запада. Смена циклонов и антициклонов часто наблюдается зимой, они придают ей крайне неустойчивый характер. По всей территории Северного Кавказа зимой наблюдаются частые оттепели различной продолжительности и интенсивности. В весенний период, особенно в марте, наблюдаются сильные ветры со скоростью 25—40 м/с. Они вызывают при бесснежье пыльные бури, приносящие огромный ущерб сельскому хозяйству. Ураганные ветры сдувают плодородный слой почвы, вырывают плохо укоренившиеся растения, уносят наклюнувшиеся семена с поля, образуют наносы земли около лесных полос, засыпают оросительную сеть и гидротехнические сооружения. Особенно часто пыльные бури бывают в районе «Армавирского коридора» в Ставропольском крае, в пограничной зоне со Ставропольским краем и Ростовской областью, в южных районах Ростовской области и даже в Краснодарском крае.

Из погодных условий, отрицательно влияющих на растения в этой зоне, следует отметить поздневесенние,

Таблица 18

Основные показатели характеристики климата юга Украины и Северного Кавказа (без Дагестанской АССР)

Показатели	В среднем по зоне	Отклонения от среднего по подзонам
Фотосинтетически активная радиация (ФАР), млрд. ккал/га	3,7	VII V 3,2—4,2
Сумма активных температур, °С	3300	VI VII 2900—3600
Сумма температур, не использованная после уборки зерновых колосовых, °С	1550	V VII 1200—1900
Продолжительность периода (дней) с температурой:		
выше 10 °С	170	VII VII 150—190
выше 15 °С	135	VII VII 120—140
Осадки за год, мм	430	V VII 300—600
Испаряемость за год, мм	845	VI VII 750—1000
Гидротермический коэффициент (ГТК)	0,66	V VII 0,44—0,90
Показатель увлажнения *Md* по Д. И. Шашко	0,36	V VII 0,20—0,40
Континентальность климата:		
индекс	K_y	K_c—K_y
показатель по Иванову	160	VII V 140—170

иногда даже майские возвраты холодов. Именно они составляют основной предмет забот земледельца при решении вопроса о сроках посева сельскохозяйственных культур и мерах ухода за насаждениями и посевами.

Лето в этой зоне продолжительное и жаркое. Обилие тепла, света и устойчивый характер погоды летнего периода позволяют выращивать здесь не только раннеспелые зерновые культуры, но и среднеспелые сорта риса, среднепоздние сорта кукурузы, ценные овощные и бахчевые культуры, ряд теплолюбивых технических культур. При орошении здесь создаются благоприятные условия для возделывания пожнивных и поукосных культур,

то есть двух урожаев в год или трех урожаев за два года. Основные сведения о климате зоны составлены по материалам метеорологических станций — с выделением трех подзон: V — Одесса, Николаев, Херсон, Пролетарская, Моздок; VI — Луганск, Донецк, Ростов, Ставрополь; VII — Майкоп, Пятигорск.

Таким образом, почвенные и климатические условия зоны А благоприятны для развития интенсивного орошаемого земледелия, продуктивность основных возделываемых культур при орошении колеблется по районам: фактически достигнутая — от 150 до 300 баллов, а потенциальная — от 250 до 400 баллов.

ПОВОЛЖЬЕ И ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ ПРИКАСПИЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (ЗОНА Б)

Территория рассматриваемой зоны включает Ульяновскую, Куйбышевскую, Саратовскую, Волгоградскую и Астраханскую области, Калмыцкую АССР и Дагестанскую АССР.

В Поволжье и западной части Прикаспийской низменности имеется 50,1 млн. га сельскохозяйственных угодий, в том числе 30 млн. га пашни (табл. 19).

В зоне Б на одного сельского жителя приходится 5,8 га сельскохозяйственных угодий, или в 2,3 раза больше, чем в зоне юга Украины и Северного Кавказа. Удельный вес орошаемых земель в Поволжье еще не-

Таблица 19

Удельный вес орошаемых земель в общей площади сельскохозяйственных угодий по отдельным районам зоны Б

Показатели	Всего по зоне	В том числе	
		Поволжье	Дагестанская АССР
Сельскохозяйственные угодья (всего)	50,1	47,1	3,0
В том числе орошаемые:			
млн. га	1,22	0,95	0,27
%	2,44	2,02	9,00
Обрабатываемая пашня, млн. га	30,0	29,5	0,5
В том числе орошаемая:			
млн. га	0,90	0,71	0,19
%	3,00	2,40	38,00

Таблица 20

Площади орошаемых земель и их использование в сельскохозяйственном производстве в зоне Б

Показатели	1965 г.	1975 г.	Прирост	
			тыс. га	%
Орошаемые земли в пользовании хозяйств, тыс. га	533,5	1222,6	689,1	129,2
Используемые в сельскохозяйственном производстве, тыс. га	510,3	1104,4	594,1	116,4
Фактически политые земли:				
тыс. га	458,5	1033,8	575,3	125,5
%	85,9	84,6	—	—

значительный — 2% площади сельскохозяйственных угодий (табл. 20). В Дагестанской АССР орошаемые земли составляют 9% площади сельскохозяйственных угодий, а орошаемая пашня — 46% общей по республике. Это самый высокий показатель в европейской части страны.

Несмотря на увеличение валового сбора сельскохозяйственной продукции с орошаемых земель, достигнутый уровень производства еще не отражает фактических возможностей этой зоны. Орошение в Поволжье начало развиваться только после майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС. До 1965 г. здесь было только 99,3 тыс. га орошаемых земель, или 0,1% площади сельскохозяйственных угодий. Более 60% орошаемых земель было сосредоточено в Астраханской области в виде мелких примитивно устроенных участков для возделывания овощных и бахчевых культур.

В настоящее время строительство оросительных систем в Поволжье ведется высокими темпами. Только за 1975 г. введено в действие 196,3 тыс. га новых орошаемых земель.

В этой зоне строится крупный канал Волго-Урал, который подает воду в самые засушливые районы Поволжья и Казахстана, введен в действие Большой Саратовский канал, идет строительство крупных оросительных систем в Волгоградской области (Палласовская, Городищенская и др.), в Астраханской области возник новый район рисосеяния. В Поволжье и Дагестанской

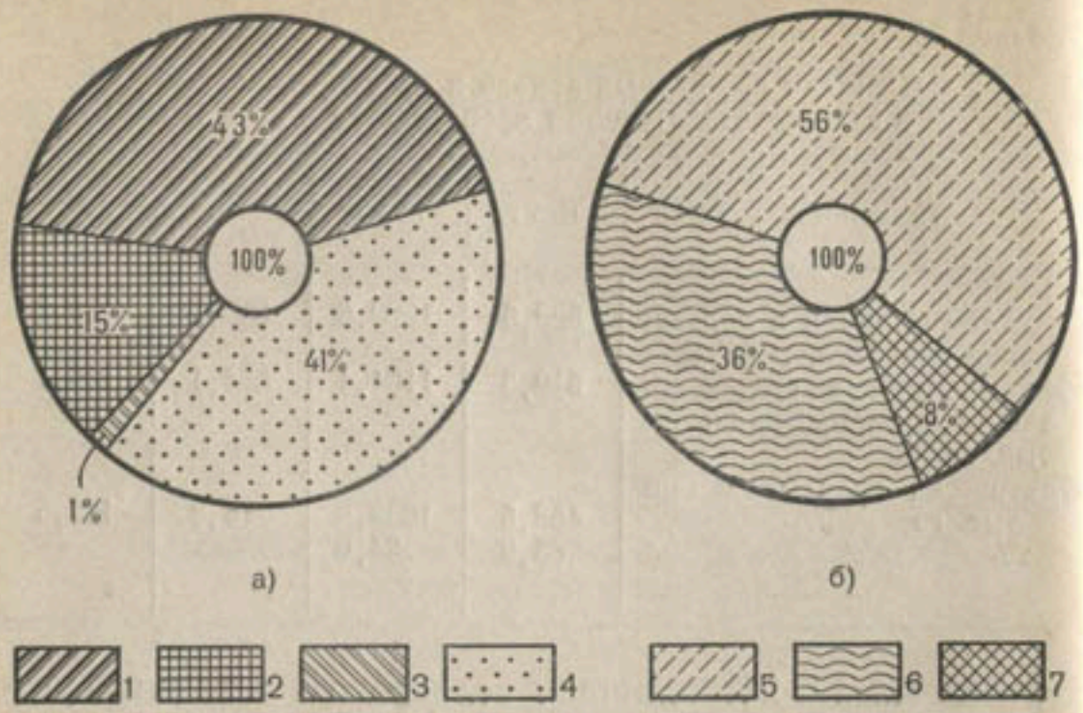


Рис. 3. Использование орошаемых земель в Поволжье и западной части Прикаспийской низменности:

а — удельный вес сельскохозяйственных культур (*1* — кормовые; *2* — овощебахчевые и картофель; *3* — технические; *4* — зерновые), *б* — поливы (*5* — дождевание; *6* — по бороздам и полосам; *7* — затопление чеков).

АССР построено и введено в действие 95 тыс. га орошаемых земель под рисовые севообороты. Посевная площадь риса в 1975 г. составила 69 тыс. га, из них 40 тыс. га в Астраханской области, 4,9 тыс. га рисовых систем в Калмыцкой АССР и 24,1 тыс. га в Дагестанской АССР. Вся посевная площадь в зоне достигла 639,4 тыс. га (табл. 22).

Из общей площади орошаемых земель 900,0 тыс. га, или 73,6%, занято пашней, 9,5% многолетними насаждениями, садами и виноградниками, 16,9% сенокосами, пастбищами и др. В 1975 г. с орошаемых земель было получено более 1 млн. т овощей, 243,6 тыс. т риса и валовой продукции на сумму 278,7 млн. руб. (табл. 21).

Ведущую роль в структуре посевных площадей играют кормовые и зерновые культуры. Под техническими культурами используется лишь 2% орошаемых земель. По данным научно-исследовательских учреждений, в этой зоне можно возделывать и сахарную свеклу.

В этой зоне еще очень низкая урожайность зерновых и кормовых культур (табл. 23). В последние годы наме-

Таблица 21

Валовой сбор сельскохозяйственной продукции с орошаемых земель в зоне Б, тыс. т

Продукция	1965 г.	1970 г.	1975 г.	Прирост (1975—1965 гг.)	
				тыс. т	%
Зерно (всего)	258,8	365,3	567,7	308,9	119,7
Рис	24,6	85,9	243,6	219,0	890,2
Кукуруза	34,6	21,0	16,6	—18,0	—
Овощи	504,9	739,3	1039,5	534,6	105,9
Сахарная свекла	5,3	8,9	51,2	45,9	866,0
Корма, корм. ед.	177,4	301,3	760,6	583,2	428,7
Валовая сельскохозяйственная продукция:					
млн. руб.	178,5	233,1	278,7	100,2	56,1
на 1 га, руб.	246	298	310	64,0	26,9

Таблица 22

Структура посевных площадей на фактически политых землях в зоне Б

Культуры	1965 г.		1975 г.		Прирост		Доля прироста, %
	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	
Посевная площадь (всего)	355,9	100	639,4	100	283,5	79,7	100
Зерновые	197,5	56	265,6	42	68,1	34,5	24
Технические	8,8	2	12,6	2	3,8	43,2	1
Картофель и овоще-бахчевые	61,3	17	89,0	14	27,7	45,2	10
Кормовые	88,3	25	272,2	42	183,9	208,3	65

тился постепенный рост урожаев за счет повышения культуры земледелия и освоения рекомендованных режимов орошения. В системе мер по повышению урожайности сельскохозяйственных культур большое внимание уделяется не только реконструкции оросительных систем, но и улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель.

Многие системы в Дагестанской АССР, а также мелкие оросительные системы в Астраханской области нуждаются в реконструкции. В настоящее время ведутся ра-

Таблица 23

Урожайность сельскохозяйственных культур на орошаемых землях в зоне Б, ц/га

Культуры	1965 г.	1966—1970 гг.	1971—1975 гг.	Прирост за девятую пятилетку	
				ц/га	%
Зерновые (всего)	13,2	16,5	20,0	3,5	21,2
Пшеница озимая	12,7	15,5	17,9	2,4	15,5
Пшеница яровая	9,5	17,3	15,4	—1,9	—
Кукуруза	12,6	12,4	12,4	—	—
Рис	22,4	28,4	32,8	4,4	15,5
Сахарная свекла (фабричная)	194,0	216,0	196,0	—20,0	—
Многолетние травы (на сено)	36,5	36,1	39,5	3,4	9,4
Овощи	138,0	160,0	158,0	20,0	14,5

Таблица 24

Способы водозабора на оросительных системах (в тыс. га) в зоне Б

Показатели	1965 г.	1975 г.	Прирост	
			тыс. га	%
Орошаемые земли в пользовании хозяйств (всего)	533,5	1222,6	689,1	129,2
Способы забора воды из источников:				
машинный водоподъем	122,4	831,0	708,6	578,9
самотечный	335,8	330,7	—5,1	—
Земли лиманного орошения	152,0	152,6	0,6	0,4
Политые неорошаемые земли (поля-спутники)	19,7	127,9	108,2	549,2

боты по их реконструкции, они будут закончены в десятой пятилетке (табл. 24).

Фактически политая площадь превышает 1 млн. га (табл. 25).

Полив дождеванием находит широкое применение в Поволжье. На его долю приходится 432,4 тыс. га, или 93,7% фактически политых площадей. В Дагестанской АССР с ее крайне напряженными климатическими условиями дождевание применяют на незначительной площади —3,1 тыс. га, или менее 1%.

Таблица 25

Способы полива сельскохозяйственных угодий в зоне Б

Способы полива	Площадь орошения, тыс. га		Прирост	
	1965 г.	1975 г.	тыс. га	%
Все способы	458,5	1033,8	575,3	125,5
Поверхностные (всего)	392,9	275,5	—117,4	—
В том числе:				
по бороздам	161,2	182,8	21,6	13,4
по чекам (рис и сопутствующие культуры)	11,0	95,0	84,0	763,6
Дождевание	65,6	758,3	692,7	1055,9
Из общей площади полито:				
влагозарядковыми поливами с последующими вегетационными	171,7	628,2	456,5	265,9
только влагозарядковыми поливами	76,7	86,3	9,6	12,5
Лиманное орошение (фактически залито земель)	63,6	68,5	4,9	7,7

Все площади лиманного орошения зоны Б сосредоточены в Поволжье.

Почвенный покров зоны Б весьма разнообразен: от тучных и обыкновенных черноземов на севере до светло-каштановых и бурых пустынно-степных почв, солонцов и солончаков на юге (табл. 26). Влияние орошения на солевой режим южных черноземов, основной почвенной разности Сыртового Заволжья, еще недостаточно изучено.

Черноземы обыкновенные и южные являются основными почвенными разностями Сыртового Заволжья и более северной лесостепной зоны. Это наиболее плодородные почвы в зоне Б. К югу черноземы сменяются темно-каштановыми почвами, затем светло-каштановыми в комплексе с солонцами. Самая южная часть зоны представлена бурыми пустынно-степными почвами.

Каштановые почвы Заволжья сформированы на суглинистой морской Хвалынской равнине, террасах и Приволжской гряде на слабозасоленных породах. Светло-каштановые разности приурочены к южной, более засушливой части; количество гумуса варьирует от 1,5 до 2,5%, содержание доступных форм по Мачигину низкое — 1,5—2,5 мг на 100 г почвы.

Таблица 26

Агрохимическая характеристика почв зоны Б

Почвенные разности	Содержание гумуса, %	Мощность гумусового горизонта, см	Содержание питательных веществ, мг на 100 г почвы	
			подвижного фосфора	обменного калия
Черноземы обыкновенные тяжелосуглинистые	4,0—6,5	45—80	4,0—5,5	15—25
Черноземы южные солонцеватые тяжелосуглинистые	3,5—5,2	35—60	4,1—5,0	18—30
Тяжелокаштановые солонцевато-солончаковатые глинистые почвы	2,5—4,1	30—45	3,0—4,8	30—36
Бурые пустынно-степные тяжелосуглинистые в комплексе с солонцами	1,5—2,5	15—25	2,5—3,5	30—38

По природным условиям и геоморфологическому строению в Поволжье выделяется несколько районов: Высокое Заволжье, Сыртовое Заволжье, Приволжская и Ергенинская возвышенности, Окско-Донская равнина, Прикаспийская низменность, Волго-Ахтубинская пойма.

Высокое Заволжье — платообразная возвышенность в пределах Ульяновской и северной части Куйбышевской области с сильно расчлененным рельефом, черноземными почвами, глубоким залеганием грунтовых вод. По условиям рельефа здесь возможно лишь выборочное орошение.

Сыртовое Заволжье — пологоволнистая равнина в пределах Куйбышевской и Саратовской областей. Севернее р. Бол. Иргиза распространены обыкновенные и южные черноземы средней мощности, южнее простираются темно-каштановые и каштановые почвы. В пределах Сыртов намечается широкое развитие орошения с применением искусственного дренажа.

К югу от Сыртов простирается обширная Прикаспийская низменность, которая подразделяется на несколько подрайонов.

Между Волгой и Уралом равнина с комплексным почвенным покровом из каштановых, светло-каштановых, лугово-каштановых почв и солонцов до 50%. Грунтовые воды соленые, залегают на глубине 8—10 м. Орошение возможно выборочное с обязательным устройством дренажа.

К югу, между реками Бол. Узенем и Кушумом, располагается область разливов бессточных рек. Почвы часто затопляемых лиманов представлены лугово-каштановыми осолоделыми и карбонатными, на нерегулярно затопляемых лиманах развиты засоленные луговые почвы, луговые солонцы и солончаки. Эта область сенокосно-пастбищного значения с возможным широким развитием лиманного орошения кормовых угодий.

На юге Астраханской области большое распространение имеют грядобугристые и барханистые пески.

Правобережная часть Прикаспийской низменности, включая Ногайские степи, Черные земли и Сарпинскую низменность, имеет почвенный покров комплексный, из светло-каштановых почв и солонцов. В понижениях расположены луговые почвы и солончаки.

В зоне Сарпинской низменности возможна организация рисоводства. Черные земли представляют собой слабоволнистую супесчаную равнину с бурыми пустынно-степными почвами. Район мало пригоден для орошения.

Ергенинская возвышенность имеет более благоприятные условия для орошения, здесь распространены каштановые и светло-каштановые почвы в комплексе с солонцами до 25%. Орошение возможно с применением дренажа и проведением мероприятий по борьбе с солонцеватостью почв.

Волго-Донское междуречье представлено Донской равниной с темно-каштановыми почвами и южными черноземами. Эта территория благоприятна для развития орошения.

Окско-Донская равнина с черноземными почвами, глубоким залеганием грунтовых вод представляет большую территорию, пригодную для развития орошения. Одновременно должны проводиться мероприятия по предупреждению образования верховодки и заболачивания почв.

В зоне Приволжской возвышенности рельеф сильно расчлененный, преобладают темно-серые лесные почвы в сочетании с черноземами и каштановыми почвами. Орошение возможно лишь выборочное.

Волго-Ахтубинская пойма и дельта Волги имеют почвенный покров из луговых пойменных почв, которые

весьма перспективны для развития орошения овощных и бахчевых культур и риса.

По климатическому районированию Д. И. Шашко (см. рис. 1) территория Поволжья подразделена на шесть подзон увлажнения, из них II и III подзоны отнесены к областям незначительного увлажнения с показателем увлажнения ГТК=0,12—0,33; IV, V, VI и VII — области недостаточного увлажнения с ГТК, равным соответственно 0,33—0,44; 0,44—0,55; 0,55—0,77 и 0,77—1,00 (табл. 27).

Таблица 27

Основные показатели климата Поволжья и Западного Прикаспия

Показатели	В среднем по зоне	Отклонения от среднего по подзонам
Фотосинтетически активная радиация (ФАР), млрд. ккал на 1 га	4,1	3,9—5,0
Сумма активных температур, °С	3350	V II 2650—4200
Сумма температур, не использованная после уборки зерновых колосовых, °С	1500	V II 1150—2000
Продолжительность периода (дней) с температурой:		
выше 10 °С	175	V II 130—200
выше 15 °С	140	V II 115—160
Осадки за год, мм	340	V II 166—400
Испаряемость за год, мм	950	V II 815—1350
Гидротермический коэффициент (ГТК)	0,33	0,12—0,55
Показатель увлажнения *Md* по Д. И. Шашко	0,16	0,05—0,22
Континентальность климата:		
индекс	K_c	K_c—$O_к$
показатель по Иванову	180	165—240

II подзона — Дагестанская АССР, южные районы Астраханской области и юго-восточные районы Калмыцкой АССР, метеостанции Астрахань, Яшкуль, Каспийский, Великий Баскунчак.

III подзона — южные и восточные районы Саратовской области, северные районы Волгоградской области, часть Дагестанской АССР и Калмыцкой АССР, метеостанции Камышин, Фролов, Дубовка, Котельниково, Элиста, Кизляр.

V подзона — южные районы Куйбышевской области и центр Саратовской области, метеостанции Безенчук и Энгельс.

VI подзона—центральные и северные районы Куйбышевской, южная часть Ульяновской и западные районы Саратовской области.

VII подзона — Пензенская и Ульяновская области.

Две последние подзоны автором не анализируются. Орошение здесь имеет ограниченное применение, главным образом для долголетних культурных пастбищ и овощных культур.

Обеспеченность осадками района изменяется от 150—170 мм на юге до 300—350 мм на севере. Высокие температуры и небольшая относительная влажность воздуха обусловливают высокое испарение — 650—1300 мм, которое в 3—4 раза превышает годовое количество осадков.

Климат Поволжья континентальный: продолжительное и жаркое лето, короткая, но суровая, иногда бесснежная зима. Температура наиболее теплого месяца 23,1—26,2 °С, наиболее холодного —16—20 °С, что и составляет серьезные трудности для возделывания озимых и многолетних культур, в том числе и для перезимовки посевов люцерны в севооборотах.

Продуктивность климата при естественном увлажнении оценивается баллами: 5—15 во II и III зонах, 55—80 в IV и V зонах, 75—85 в VI—VII зонах. Потенциальная продуктивность при естественном увлажнении более 100, а при искусственном орошении возрастает до 300—350.

ЮЖНЫЙ КАЗАХСТАН И РЕСПУБЛИКИ СРЕДНЕЙ АЗИИ (ЗОНА В)

Зона В включает южные области Казахской ССР, Узбекскую ССР, Таджикскую ССР, Туркменскую ССР и Киргизскую ССР.

В зоне орошается 7,0 млн. га земель, или 51,0% общей площади страны (табл. 28). Орошаемое земледелие — основа сельского хозяйства зоны. Основной технической культурой является хлопчатник, распространенный во всех республиках зоны, затем сахарная свекла, которую возделывают в Казахской ССР и Киргизской

Таблица 28

Удельный вес орошаемых земель в общей площади сельскохозяйственных угодий по отдельным республикам зоны В

Показатели	Всего по зоне	В том числе				
		Узбекская ССР	Казахская ССР	Киргизская ССР	Таджикская ССР	Туркменская ССР
Сельскохозяйственные угодья, млн. га	258,6	25,5	188,6	9,9	4,1	30,5
В том числе орошаемые:						
млн. га	7,0	3,0	1,6	0,9	0,6	0,9
%	2,7	11,7	0,9	9,1	13,9	2,8
Обрабатываемая пашня, млн. га	41,7	3,7	35,1	1,3	0,8	0,8
В том числе орошаемая:						
млн. га	6,1	2,7	1,4	0,8	0,4	0,8
%	14,6	73,0	4,0	61,5	50,0	100

ССР. Во всех республиках выращивают рис, кукурузу, овощные и бахчевые культуры, люцерну и другие кормовые культуры.

Наиболее высокий удельный вес орошаемой пашни в Туркменской ССР, где без орошения практически невозможно рентабельное растениеводство, а также в Узбекской ССР. В Казахской ССР, даже в южных областях, площадь орошаемой пашни еще незначительна по сравнению с другими республиками.

В соответствии с этим меняется по республикам и значение орошаемых земель в производстве сельскохозяйственной продукции. В целом по зоне стоимость валовой сельскохозяйственной продукции, получаемой с 1 га орошаемых земель, в 1975 г. составила 824,9 руб., а со всей орошаемой площади 5007 млн. руб. (табл. 29, рис. 4).

В этой зоне производят 95% хлопка-сырца, 30,4% риса, 38,4% всего зерна, 62% кукурузы, около 80% сахарной свеклы от общего производства на орошаемых землях страны.

В целом по зоне орошаемые земли используются главным образом под пашней —88,7%, под садами, ягодниками и виноградниками занято 6,2%, под приусадебными участками, сенокосами и пастбищами —5,1%.

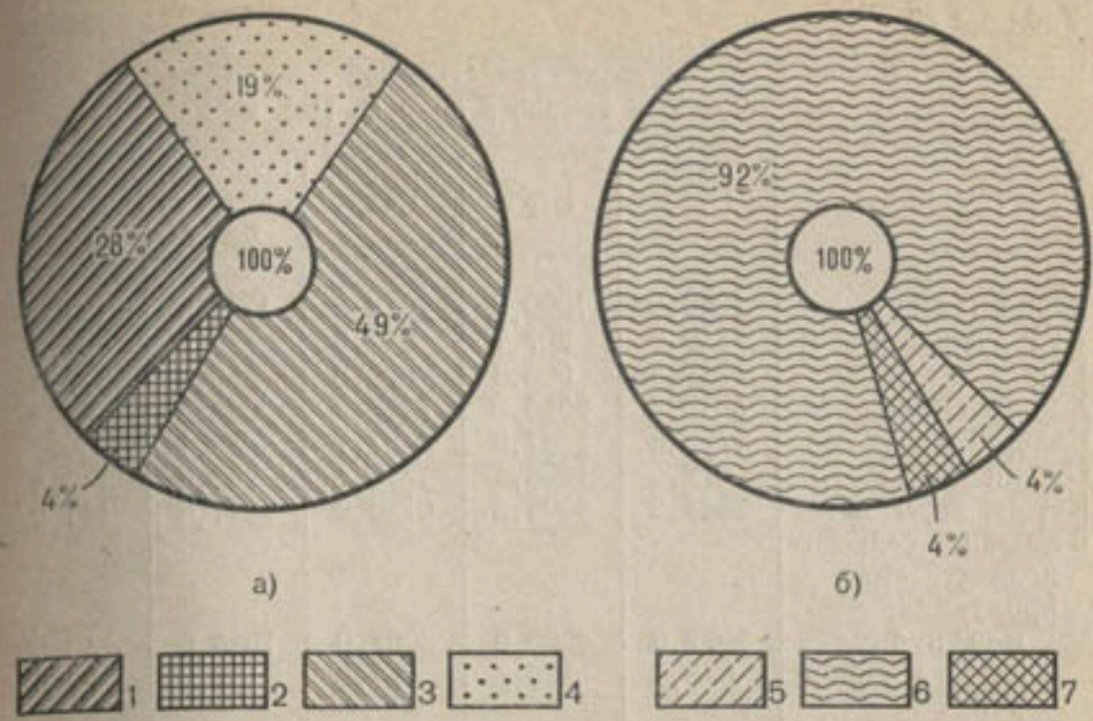


Рис. 4. Использование орошаемых земель на юге Казахстана и в Средней Азии :

а — удельный вес сельскохозяйственных культур (*1* — кормовые; *2* — овощебахчевые и картофель; *3* — технические; *4* — зерновые); *б* — поливы (*5* — дождевание; *6* — по бороздам и полосам; *7* — затопление чеков).

Под техническими культурами в зоне занято более 50% посевных площадей (табл. 30).

Значительных успехов добились работники орошаемого земледелия зоны в повышении урожайности возделываемых ведущих сельскохозяйственных культур (табл. 31).

Высоких показателей добились хлопкоробы зоны. Урожайность хлопчатника в среднем за пятилетие составила 27,7 ц/га, а в лучших хозяйствах—более 40 ц/га. По производству и урожайности хлопка наша страна занимает ведущее место в мире. Дальнейшее развитие хлопководства намечается по двум направлениям: во-первых, за счет повышения культуры земледелия, совершенствования технологии возделывания и освоения севооборотов в зонах старого хлопководства; во-вторых, за счет расширения его посевов на вновь вводимых в сельскохозяйственный оборот землях, преимущественно в полупустынных целинных районах Голодной и Каршинской степей, в зоне Каракумского канала и в других, где уже ведутся в большом объеме мелиоративные работы.

Таблица 29

Валовой сбор сельскохозяйственной продукции с орошаемых земель в зоне В, тыс. т

Продукция	1965 г.	1970 г.	1975 г.	Прирост (1965—1975 гг.)	
				тыс. т	%
Зерно (всего)	1036,0	1890,6	2819,3	1782,4	171,9
Кукуруза	159,0	207,7	942,6	783,6	492,8
Рис	219,5	505,8	608,9	389,4	177,4
Хлопок-сырец	5319,3	6555,0	7412,8	2093,5	39,4
Сахарная свекла	3762,8	3921,8	3727,7	—35,1	—
Овощи	872,5	1285,1	1835,1	962,6	110,3
Корма, корм. ед.	2544,2	4003,5	6136,0	3591,8	141,2
Валовая сельскохозяйственная продукция:					
млн. руб.	3072,0	4890,0	5007,0	1935,0	63,0
на 1 га пашни, руб.	673,3	725,4	824,9	151,6	22,5

Таблица 30

Изменение структуры посевных площадей на орошаемых землях в зоне В

Сельскохозяйственные культуры	1965 г.		1975 г.		Прирост		Доля прироста
	тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%	
Посевная площадь (всего)	4513,4	100,0	6096,1	100,0	1582,7	35,1	100,0
Зерновые	900,2	20,0	1177,2	19,3	277,0	30,8	17,5
Технические	2387,5	52,0	2891,8	47,5	504,3	21,1	31,8
Картофель и овоще-бахчевые	186,8	4,0	263,6	4,3	76,8	41,1	4,9
Кормовые	1038,9	23,0	1763,5	28,9	724,6	69,7	45,8

В настоящее время строят новые оросительные системы в бассейнах Амударьи и Сырдарьи. Ежегодно вводится в действие 150—200 тыс. га новых орошаемых земель. На 1 ноября 1975 г. их площадь составила 6,94 млн. га (табл. 32).

В этой зоне большой удельный вес занимают системы древнего орошения, реконструкция которых будет завершена в десятой пятилетке.

Наиболее распространенный тип водного режима почвы при орошении — регулируемый в течение всего веге-

Таблица 31

Урожайность сельскохозяйственных культур на орошаемых землях в зоне В

Культуры	1965 г.	1966—1970 гг.	1971—1975 гг.	Прирост	
				ц/га	%
Зерновые (всего)	11,0	17,1	23,7	6,6	38,6
Пшеница озимая	10,3	16,5	23,1	6,6	40,0
Пшеница яровая	7,2	10,9	11,5	0,6	5,5
Кукуруза	20,9	27,4	40,4	13,0	47,4
Рис	20,5	28,0	35,1	7,1	25,4
Хлопчатник	24,0	24,9	27,7	2,8	11,2
Сахарная свекла	312,3	337,2	322,1	—15,1	—
Многолетние травы (на сено)	40,0	45,9	57,2	11,3	24,6
Овощные	115,6	130,0	146,8	16,8	12,9

Таблица 32

Способы водозабора на оросительных системах (в тыс. га) в зоне В

Показатели	1965 г.	1975 г.	Прирост	
			тыс. га	%
Орошаемые земли в пользовании хозяйств (всего)	5586,2	6941,4	1355,2	24,3
Способы забора воды из источников:				
машинный водоподъем	539,6	1641,0	1101,4	204,0
самотечный	4734,0	5246,0	512,0	10,8
Земли лиманного орошения	877,6	905,0	27,4	3,1
Политые неорошаемые земли (поля-спутники)	57,4	147,4	90,0	156,8

тационного периода. Только при таком типе водного режима растения способны в напряженных метеорологических условиях сформировать высокие урожаи. Достаточно отметить, что испаряемость в отдельных районах хлопководства Туркмении достигает 1600 мм, или в 12 раз превышает сумму выпадающих осадков. Именно большая напряженность метеорологических условий и определяет выбор способа орошения.

Дождевание с его большой зависимостью от таких факторов, как ветер, в этой зоне находится в стадии

Таблица 33

Способы полива сельскохозяйственных угодий в зоне В

Способ полива	Площадь орошения, тыс. га		Прирост	
	1965 г.	1975 г.	тыс. га	%
Все способы	5204,	6739,6	1535,4	29,5
Поверхностные (всего)	5195,0	6371,3	1176,3	22,6
В том числе:				
по бороздам	2390,1	4250,6	1860,5	77,8
по чекам (рис и сопутствующие культуры)	140,0	266,0	126,0	90,0
Дождевание	13,5	368,3	354,8	2628,1
Из общей площади полито:				
влагозарядковыми поливами с последующими вегетационными	1525,4	3169,1	1643,7	107,8
только влагозарядковыми	80,8	193,1	112,3	139,0
Лиманное орошение (фактически залито земель)	454,5	351,4	—103,1	—

изучения. Наиболее распространены поверхностные способы полива по бороздам, проверенные многовековой практикой хлопкоробов (табл. 33).

В районах с засоленными почвами хорошие результаты обеспечивают капитальные промывки на основе дренажа, а также периодические промывные поливы в осенне-зимний период (Егоров, 1972; Ковда, 1947; Легостаев, 1967; Решеткина, 1953, и др.).

На землях, где применяют один влагозарядковый полив или один-два вегетационных, не получают устойчивые урожаи; такие земли относят к условно поливным.

Перспективными районами рисосеяния являются: в бассейне реки Сырдарьи — ее низовья и Кзыл-Кумский массив; в бассейне реки Амударьи отдельные районы Каракалпакской АССР. Особое положение занимает Прибалхашье, где ведутся производственные исследования по выявлению площадей, пригодных для развития рисосеяния.

Наиболее распространенными почвами в зоне орошения являются сероземы и такыровые, в большинстве случаев в той или иной степени засоленные.

По механическому составу в зоне орошения преобладают почвы глинистого и тяжелосуглинистого состава (более 70%), среднесуглинистых почв более 20%, легких — около 7% (С. Н. Рыжов).

Минерализация органического вещества активно протекает во всех почвах этой зоны и особенно быстро в такыровых. Наиболее характерной особенностью почв зоны является малое содержание азота и быстрое обеднение им при непрерывном возделывании сельскохозяйственных культур без внесения удобрений (табл. 34).

Таблица 34

Запасы и подвижность фосфора и азота в сероземных почвах

Почва	Глубина взятия образца, м	Азот общий, %	C : N	Фосфор (P_2O_5), мг на 100 г почвы		
				валовой, %	в углеаммонийной вытяжке	в углекислой вытяжке
Серозем светлый (Голодная степь)	0—22	0,08	6,4	0,19	2,5	7,9
	22—40	0,06	5,4	0,18	0,7	6,3
Серозем типичный (зона Арысь-Туркестанского канала — АТК)	0—22	0,11	7,1	0,17	2,0	1,4
	22—42	0,08	7,4	0,16	0,8	1,3
	70—80	0,04	7,3	0,14	0,8	0
Луговая аллювиальная почва (Голодная степь)	0—22	0,09	8,0	0,16	1,5	1,3
	22—42	0,04	5,1	0,14	0,6	1,1

Во всех рассмотренных почвах содержится очень мало подвижного фосфора, причем только в пахотном горизонте, а в подпахотном обнаруживаются лишь следы этого элемента. Невелико содержание в этих почвах и азота (Кудрин, 1949). В связи с этим исходное плодородие сероземных почв небольшое. Высокие урожаи на таких почвах можно получать при внесении высоких норм азотных и фосфорных удобрений.

В пределах этой обширной территории, отнесенной к области незначительного увлажнения, где испаряемость в 3—4 раза и более превышает осадки, земледелие возможно только при искусственном орошении. По карте увлажнения Д. И. Шашко здесь выделено три зоны: СП — полусухая (полупустынная на светло-каштановых почвах и сероземах) с показателями увлажне-

Таблица 35

Водно-физические свойства почв зоны орошения в республиках Средней Азии и Казахской ССР

Почвы	Пункты	Слой почвы, см	Плотность, г/см³	Наименьшая влагоемкость, %	Максимальная гигроскопичность, %	Влажность завядания, %
Типичные сероземы	г. Самарканд	0—100	1,27	21,1	3,8	9,7
Темные сероземы	г. Самарканд	0—100	1,34	23,9	4,3	10,7
Светлые сероземы	Голодная степь	0—100	1,24	21,3	4,10	10,6
Такыровые	Каракум	0—100	1,34	25,1	7,6	13,8
Такыровидные	Низовья р. Или	0—100	1,36	24,6	7,1	14,2
Луговые аллювиальные	г. Андижан	0—100	1,46	23,2	6,4	13,3

ния Md=0,15—0,10 и ГТК 0,33—0,22; С — сухая (пустыня) с Md=0,10—0,05 и ГТК=0,22—0,12 и, наконец, $С_о$ — очень сухая (пустыня) с Md<0,05 и ГТК<0,12.

Учитывая специфические особенности Средней Азии и большой опыт, накопленный местными научно-исследовательскими и проектными организациями по почвенно-климатическому районированию, характеристика климатических и почвенных условий и районирование этой территории дается по материалам разработок Средазгипроводхлопка. Эта характеристика в значительной мере учитывает принципы агроклиматического районирования по Д. И. Шашко.

Территория Южного Казахстана и Средней Азии практически приурочена к бассейнам рек Сырдарьи и Амударьи (табл. 36).

Таблица 36

Почвенно-климатические зоны и пояса

Зона	Пояс	Тип почвообразования (автоморфный ряд)
Пустыни	А	Пустынный
	$А_1$	Переходный к поясу сероземов
Эфемеровые степи	Б	Сероземный — светлый серозем
	В	Сероземный — типичные сероземы
Разнотравные степи	Г	Сероземный — темные сероземы

В пределах климатических зон и поясов выделяются почвенно-мелиоративные области, районы и подрайоны.

Вся рассматриваемая территория в мелиоративном отношении разделена на девять гидромодульных районов, по которым определены средние значения оросительных и поливных норм для основных сельскохозяйственных культур.

В связи с многообразием почвенно-климатических условий на рассматриваемой территории их характеристика дается раздельно по новым массивам хлопководства и рисоводства (табл. 37, 38).

Таблица 37

Основные показатели характеристики климата отдельных массивов хлопководства

Показатели	Узбекская ССР			Казахская ССР—зона АТК	Туркменская ССР—зона Каракумского канала
	Голодная степь	Каршинская степь	Ширабадская степь		
Фотосинтетически активная радиация (ФАР), млрд. ккал/га	5,5	6,1	6,3	4,9	6,5
Сумма климатических температур, °С	4200	4900	5200	4100	5200
Сумма эффективных температур, °С	2118	2419	3146	2068	3150
Продолжительность периода (дней) с температурой:					
выше 10 °С	160	174	187	170	190
выше 15 °С	145	156	165	150	170
Сумма осадков за год, мм	331	229	170	240	135
Испаряемость за год, мм	1100	1300	1350	1100	1400
Гидротермический коэффициент (ГТК)	0,30	0,18	0,13	0,22	0,13
Показатель увлажнения Md	0,10	0,05	0,05	0,10	0,05
Континентальность климата:					
индекс	K_0	K_0	K_0	K_0	K_0
показатель	227	233	248	225	248

Таблица 38

Климатическая характеристика основных массивов рисосеяния Средней Азии и Казахстана

Показатели	Бассейн р. Сырдарьи		Прибалхашье	Низовья Амударьи
	низовья	Кзыл-Кумы		
Фотосинтетически активная радиация, млрд. ккал/га	3,8	5,8	3,2	5,0
Сумма климатических температур Σt, °С	3550	4400	3400	3850
Сумма эффективных температур, °С	2200	2900	1800	2400
Продолжительность периода (дней) с температурой:				
выше 10 °С	160	180	150	185
выше 15 °С	130	155	120	156
Годовая сумма осадков, мм	120	170	130	90
Испаряемость, мм	1000	1100	900	1000
Гидротермический коэффициент (ГТК)	0,11	0,17	0,15	0,10
Показатель увлажнения *Md*	0,05	0,05	0,05	0,05
Континентальность климата:				
индекс	K_0	K_0	K_0	K_0
показатель	237	230	228	232

Биологическая продуктивность почвенно-климатических условий по Д. И. Шашко при естественном увлажнении очень низкая: фактическая от 5 до 20 баллов, в зависимости от районов, а при орошении очень высокая. По многим культурам в передовых хозяйствах фактическая урожайность эквивалентна 300—400 баллам и более.

Таким образом, климатические и почвенные условия рассмотренных зон весьма разнообразны — от типичных пустынь и полупустынь республик Средней Азии до лесостепи северо-западных районов Украины. Во всех зонах из факторов, ограничивающих высоту урожая сельскохозяйственных культур, на первом месте стоит влага. В те или иные периоды вегетации растения испытывают дефицит во влаге. От степени его проявления зависит уровень урожайности сельскохозяйственных культур на богарных землях. Во всех зонах эффективно орошение, которое придает стабильность сельскохозяйственному производству, позволяет вводить в интенсивный оборот новые земли и получать высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур.

II

ГЛАВА

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

ПОЧВЕННАЯ ВЛАГА. ФОРМЫ ЕЕ ОБРАЗОВАНИЯ, УСЛОВИЯ ДОСТУПНОСТИ РАСТЕНИЯМ

Большой вклад в развитие научных представлений о почвенной влаге и ее подвижности внесли советские ученые. Работы А. Ф. Лебедева еще в довоенные годы получили высокую оценку в нашей стране и за рубежом. До настоящего времени не утратила своей ценности созданная А. Ф. Лебедевым классификация форм почвенной влаги, согласно которой вода в почве находится в парообразной, гигроскопической, пленочной, капиллярной и гравитационной формах (рис. 5).

Парообразная влага движется, как газ, из мест с большей упругостью пара к местам с меньшей упругостью и способна переходить в другие формы. Непосредственно в форме пара вода недоступна корневой системе растений.

Гигроскопическая влага образуется за счет поглощения почвой из воздуха паров воды. По физическим свойствам гигроскопическая влага отличается от обычной воды. Она не может передвигаться в почве, не является растворителем, диэлектрическая характеристика ее ближе к 7, что свойственно льду, а не к 82, характерным для воды. Максимальная гигроскопичность зависит от механического состава почв. У легких почв она меньше, чем у тяжелых, и изменяется от 2—3 до 11—13% к сухой навеске. Гигроскопическая влага недоступна растениям. Они способны использовать влагу, превышающую примерно в 1,5—2 раза максимальную гигроскопичность. Именно такому количеству почвенной влаги соответствует влажность завядания.

Пленочная влага облекает почвенные частицы тонким слоем поверх гигроскопической влаги и удерживается молекулярными силами. Толщина этой пленки различна, наибольшая соответствует максимальной молекулярной влагоемкости. Общее содержание пленочной воды на песчаных почвах составляет 2—3%, а на глинистых достигает 30—40% массы сухой почвы. Пленочная вода может передвигаться, как жидкость, из слоев более мощных к менее мощным. Эта влага удерживается почвой с большой силой и недоступна корням растений.

Капиллярная влага передвигается в любом направлении — вверх, вниз и в стороны от мест с более высоким увлажнением к местам с меньшей влажностью под действием сил поверхностного натяжения, не подчиняясь силам гравитации. Остальные ее физические свойства такие же, как у свободной воды.

Свойства капиллярной влаги зависят от агрегатного и механического состава почв и определяются на основе прямых исследований. Особый практический интерес представляют данные о величине капиллярного подъема воды над уровнем грунтовых вод.

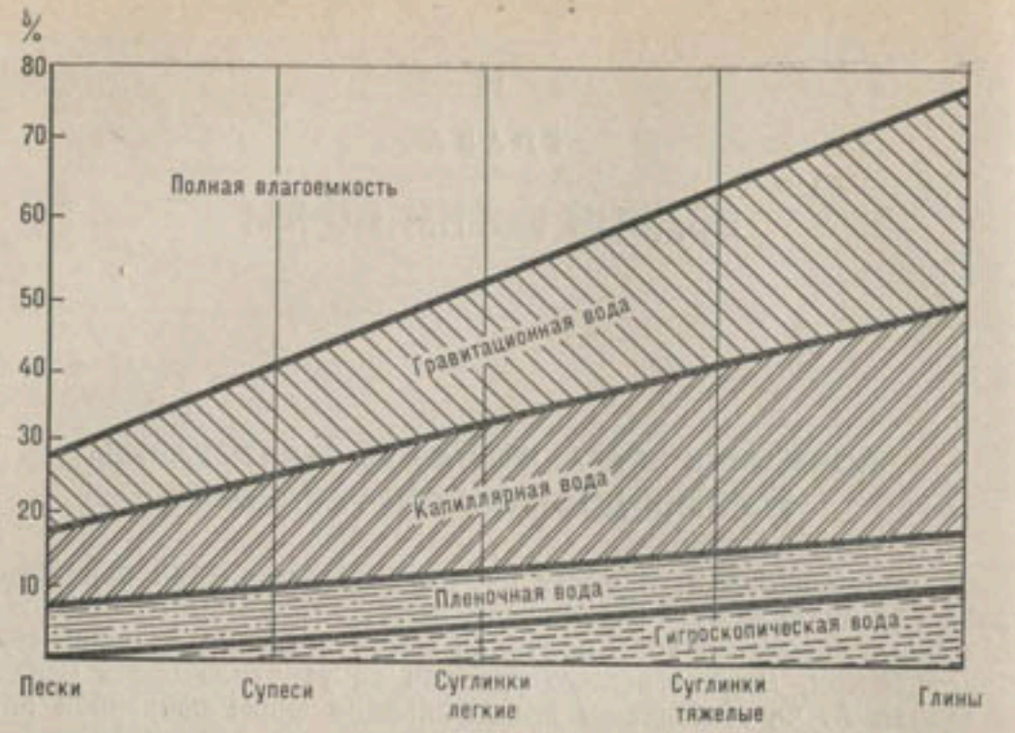


Рис. 5. Виды воды в почве (по А. Ф. Лебедеву).

Капиллярная влага доступна растениям, за исключением той ее части, которая заключена в самых тонких капиллярах и удерживается мощными силами. В составе доступной капиллярной влаги принято выделять легко- и труднодоступную формы. При легкодоступной капиллярной влаге в почве растения хорошо растут, развиваются и обильно плодоносят. Если же содержание ее снизится до порога труднодоступной, растения приостанавливают рост, у них проявляются признаки временного завядания. Когда же содержание влаги достигает границы недоступной влажности, растения погибают.

Гравитационная влага заполняет в почве крупные поры, она подчиняется силам гравитации. В почвах степного типа она носит временный характер. Гравитационная влага содержится обычно в отдельных верхних горизонтах почвы сразу после полива или дождя. Затем она просачивается в более глубокие слои, задерживаясь в почвенных капиллярах и переходя в форму капиллярной воды. Но гравитационная влага может выйти и за пределы корнеобитаемой зоны почвы.

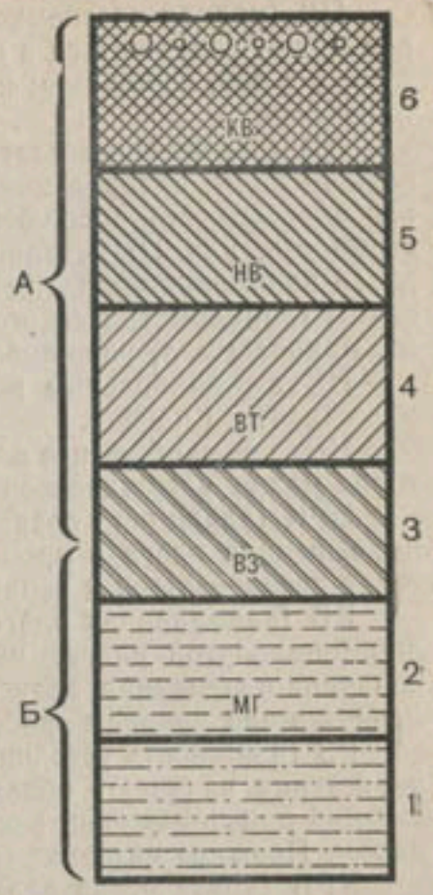
Для корневой системы гравитационная влага доступна, но растениями она используется в меньшей мере из-за быстрого перемещения вглубь или перехода в состояние капиллярной влаги. Кроме того, наличие в почве гравитационной влаги обычно вызывает недостаток почвенного воздуха, необходимого для жизнедеятельности корневой системы растений.

Таким образом, по А. Ф. Лебедеву, парообразная, гигроскопическая, пленочная и частично капиллярная влага недоступна корням растений, к доступным формам относятся капиллярная и гравитационная (рис. 6).

Схема А. Ф. Лебедева подчеркивает зависимость форм почвенной влаги от механического состава почвы. На рисунке 6 дана биологическая оценка различных степеней увлажнения почвы, выполненная С. И. Долговым.

Рис. 6. Виды доступной и недоступной воды в почве (по С. И. Долгову):

А — доступная влага; Б — недоступная влага; *1* — недоступная влага; *2* — недоступная, трудно доступная; *3* — заниженная (влага доступная, но заниженной продуктивности); *4* — нормальная влага доступная, нормальной продуктивности; *5* — высокая (влага легкодоступная); *6* — избыточная влага (воздух менее 15%); *7* — защемленный воздух; КВ — капиллярная влага; НВ — наименьшая влагоемкость; ВТ — влажность торможения; ВЗ — влажность завядания; МГ — максимальная гигроскопичность.



Дальнейшее развитие и углубление знаний о формах почвенной влаги и ее подвижности, а также о силах, определяющих передвижение влаги, были даны в работах С. И. Долгова (1948), С. В. Астапова (1958), С. А. Вериго и Л. А. Разумовой (1973), Н. А. Качинского (1930), И. И. Колосова (1956), А. А. Роде (1952, 1963, 1968, 1969) и др. Работами А. А. Роде как бы завершается один из этапов развития науки о почвенной влаге.

В основе современных представлений о почвенной влаге, ее формах, подвижности и доступности для растений, а также о силах, определяющих водный режим почвогрунтов, лежат закономерности, открытые советскими и зарубежными учеными. Весьма характерной особенностью новых открытий является непосредственная связь с работами А. Ф. Лебедева. Так, А. А. Роде подчеркивает, что современное учение о почвенной влаге базируется на учении А. Ф. Лебедева.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом наиболее часто применяется новая терминология форм почвенной влаги, которая будет использована и в данной работе. Перечень сокращенных названий форм почвенной влаги и краткое содержание терминов приведены по А. А. Роде.

МГ (максимальная гигроскопичность) — наибольшее количество влаги, которое почва может сорбировать (поглотить) из воздуха, почти насыщенного водяным паром. Чаще всего определяется над 10%-ным раствором серной кислоты при относительной упругости водяного пара 94%.

ММВ (максимальная молекулярная влагоемкость) — наибольшее количество воды, которое может быть удержано в почве силами молекулярного притяжения (определяется центрифугированием и методом колонн). Понятие максимальной молекулярной влагоемкости введено А. Ф. Лебедевым.

МАВ (максимальная адсорбционная влагоемкость) — наибольшее количество прочно связанной воды, которое может содержаться в почве, удерживаясь силами адсорбции. В теоретическом смысле является синонимом ММВ, но определяется иными методами, значительно лучше обеспечивающими соответствие определяемой величины теоретическому понятию.

ПВ (полная влагоемкость) — наибольшее количество влаги, которое может содержаться в почве при условии полного заполнения всех пустот и пор. Синонимы: полная водовместимость и наибольшая влагоемкость.

НВ (наименьшая влагоемкость) — наибольшее количество подвешенной воды, которое может содержаться в почве. Синонимы: полевая влагоемкость, абсолютная влагоемкость, предельная полевая влагоемкость, или ППВ, капиллярная влагоемкость, соответствующая влаге капиллярно-подвешенной (по Н. А. Качинскому). В зависимости от гранулометрического состава почвы или грунта, а следовательно, природы сил, удерживающих подвешенную влагу, различают:

НВст — наибольшее количество стыковой влаги, которое может удерживаться почвой.

НВпп — наибольшее количество пленочно-подвешенной влаги, которое может удерживаться в почве.

ВРК (влажность разрыва капилляров) — влажность, при которой подвешенная влага в процессе испарения теряет сплошность и перестает передвигаться к испаряющей поверхности.

КВ (капиллярная влагоемкость) — наибольшее количество капиллярно-подпертой влаги, которое может содержаться в почве. Эта величина переменная, зависит от высоты слоя, для которого она определяется над уровнем свободной воды.

ВЗ (влажность устойчивого завядания) — влажность, при которой у растения начинают обнаруживаться признаки завядания, не исчезающие при помещении растений в атмосферу, насыщенную водяным паром. Прежнее название — коэффициент завядания.

КРВ (критическая влажность) — влажность почвы, при переходе через которую от более высокой к более низкой влажности резко ухудшается снабжение растений влагой. Определяется по прекращению «плача» растений и соответствует величине ВРК. Критическую влажность можно также назвать влажностью замедления роста растений.

ВУС (водоудерживающая способность) — наибольшее количество воды, которое почва может удерживать в себе при данных условиях независимо от того, к какой категории относится удерживаемая влага: стыковой, пленочно-подвешенной или капиллярно-подпертой. Синонимы: полевая влагоемкость (Долгов, 1948), влагоемкость общая (Качинский, 1965), предельная влагоемкость (Розов, 1956).

Каждую из перечисленных форм влажности можно выразить любым из следующих способов:

а) в процентах от массы сухой почвы

$$r = \frac{a-b}{b}100,$$

где r — влажность, % к сухой навеске; a, b — масса влажной и сухой почвы;

б) в процентах от скважности

$$\beta = \frac{r\alpha}{A}100,$$

где β — влажность, % от скважности; r — влажность почвы, % к сухой навеске; α — средняя плотность, г/см³; A — скважность, %;

в) в виде объемного запаса

$$W = HA\beta = H\alpha r.$$

Относительно парообразной, гигроскопической и максимальной молекулярной влагоемкости почвы и соответствующих форм почвенной влаги, выделяемых А. Ф. Лебедевым, до сих пор принципиально новых положений, изменяющих существо установленных им понятий, нет. Имеются отдельные уточнения в деталях, которые для настоящей работы не имеют большого значения. Наиболее существенные уточнения, внесенные работами С. И. Долгова (1948), С. В. Астапова (1958), А. А. Роде (1963), касаются понятия влажности завядания, пленочной влажности и других форм.

В ряде работ указывается, что количество доступной растениям влаги надо характеризовать не только коэффициентом завядания, который отвечает началу завядания растений, но и мертвым запасом влаги, то есть влаги совершенно недоступной корневой системе. Именно такую трактовку дает Л. А. Разумова (1951). Она считает, что влажность завядания может характеризовать прекращение нарастания урожая, а гибель растений наступает при влажности, соответствующей максимальной гигроскопичности данной почвы.

По данным А. А. Роде (1952), отношение влажности завядания к максимальной гигроскопичности почвы непостоянно, оно зависит от типа почв и вида растений и меняется для каждого горизонта почв.

С. И. Долгов (1948) дает новую трактовку отдельным формам почвенной влаги, в частности максимальной адсорбционной влагоемкости почвы — влажности торможения роста, влажности завядания и др.

В результате взаимодействия почвы и жидкой воды часть воды в почве обособляется. Для этой воды характерны специфические свойства: называется она прочносвязанной или, по С. И. Долгову, максимальной адсорбционной влагоемкостью почвы (МАВ). Адсорбционно-связанная вода не способна растворять растворимые в обычной воде вещества (соли, сахара и т. д.), лишена электропроводности, при ее взаимодействии с твердой частью сухой почвы выделяется теплота, плотность ее выше единицы, а теплоемкость приближается к теплоемкости льда, равной 0,5, не замерзает при охлаждении до 78 °С, диэлектрическая постоянная ее равна 2,2.

Все это подтверждает сходство свойств МАВ с гигроскопической влагой (по А. Ф. Лебедеву) с той лишь разницей, что вода гигроскопическая появляется в почве в результате связывания (адсорбции) влаги из паров последней, а максимальная адсорбционная влагоемкость образуется в результате соприкосновения с почвенными частицами жидкой воды.

Связывание влаги происходит за счет электрических свойств, присущих, с одной стороны, поверхностям почвенных частиц, а с другой — дипольным молекулам воды. Кроме влаги, прочно связанной, обнаруживается еще рыхлосвязанная. В отличие от обычной она имеет пониженную способность растворять в себе различные растворимые вещества и замерзает при температуре несколько ниже нуля, хотя последнее проявляется нечетко. В незасоленных почвах условно минимальное содержание рыхлосвязанной влаги составляет двух—четырехкратную величину максимальной гигроскопичности. Рыхлосвязанная вода удерживается главным образом поверхностными силами частиц и силами внутренних слоев связанной воды. Только в

незначительной мере она удерживается и силами, исходящими от обменных катионов.

С помощью указанных форм почвенной влаги и биологической оценки различных степеней увлажнения почвы дается исчерпывающая характеристика складывающегося водного режима почвы за вегетационный период или за любое другое время.

ТИПЫ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ УВЛАЖНЕНИИ

Впервые классификация типов водного режима почвы была предложена Г. Н. Высоцким в начале 30-х годов. В ее основу положены следующие признаки: наличие или отсутствие вечномерзлого слоя в почвенно-грунтовой толще; охват годовым влагооборотом только почвенного слоя или всей почвенно-грунтовой толщи до грунтовых вод; преобладание в годовом или многолетнем цикле восходящего или нисходящего передвижения влаги в почвенно-грунтовой толще.

Пользуясь этой схемой, несколько развив и дополнив ее, А. А. Роде (1963) выделял шесть типов водного режима почв: мерзлотный, промывной, периодически промывной, непромывной, десуктивно-выпотной, выпотной.

Первый тип относится к несельскохозяйственному поясу.

Промывной тип характерен для областей с годовой суммой осадков выше испаряемости. Почвенно-грунтовая толща ежегодно подвергается сквозному промачиванию до грунтовых вод.

Периодически промывной тип водного режима возникает в областях, где средняя многолетняя сумма осадков примерно равна среднемноголетней испаряемости. Но в отдельные годы или периоды продолжительностью в несколько лет сумма осадков может превысить испаряемость. В такие годы или периоды водный режим складывается по типу промывного, а в остальные — по типу непромывного. Годовым влагооборотом в сухие периоды охватывается только почвенная толща, а во влажные — вся почвенно-грунтовая толща до грунтовых вод. Грунтовые воды обычно залегают глубоко за пределами корнеобитаемого слоя.

Непромывной тип характерен для тех областей, где сумма осадков всегда существенно меньше испаряемости. В почве к осени всегда создается значительный дефицит влажности (то есть разность между запасом влаги, соответствующим наименьшей влагоемкости, и фактически имеющимся запасом), который не может быть покрыт осенне-зимне-весенними осадками. В силу этого почва промачивается лишь на некоторую глубину, причем под промоченным слоем постоянно сохраняется слой, влажность которого обычно близка к влажности завядания. Существование такого сухого слоя впервые было установлено Г. Н. Высоцким, который назвал его мертвым слоем иссушения или диспульсивным горизонтом. При этом типе водного режима вся инфильтровавшаяся в почву влага целиком возвращается в атмосферу в результате физического испарения и транспирации. Годовым влагооборотом охватывается только почвенная толща, в которой, однако, преобладает нисходящее передвижение влаги, так как возврат ее в атмосферу совершается через корни и надземные органы растений. Грунтовые воды при непромывном типе, как правило, глубокие.

Десуктивно-выпотной тип характерен для областей, в которых сумма осадков значительно меньше испаряемости. Такое соотношение создает потенциальную возможность испарения не только осадков, но и дополнительного количества влаги. Если при непромывном типе никакого дополнительного поступления влаги нет, то при десуктивно-выпотном влага поступает из неглубоко залегающих грунтовых вод, когда верхняя часть капиллярной каймы входит в слой активного водопотребления растений. Почвенно-грунтовые воды в этом случае имеют дополнительное грунтовое питание. Корни растений отсасывают влагу из зоны капиллярной каймы, после чего влага уходит путем транспирации в атмосферу, то есть грунтовые воды как бы выпотевают через растения в атмосферу.

Годовым влагооборотом охватывается вся почвенно-грунтовая толща с преобладанием восходящего передвижения влаги. Корни поглощают с водой лишь часть солей, так как процессы поглощения влаги и солей в значительной мере независимы один от другого. Другая часть солей, причем очень значительная, остается в почвенном слое, из которого происходит поглощение влаги. В результате этого в пределах слоя активного водопотребления образуется солонцовый горизонт.

Выпотной тип создается в условиях, аналогичных десуктивно-выпотному, но при более близком залегании

почвенно-грунтовых вод, часто входящих в почвенную толщу. Верхняя граница капиллярной каймы достигает дневной поверхности. Испарение происходит главным образом с поверхности почвы, в связи с чем происходит вынос солей на поверхность. Годовой влагооборот охватывает всю толщу, преобладает восходящее передвижение влаги.

Отмеченные типы водного режима выделяются по тем явлениям, которые преобладают в годовом или многолетнем цикле. Это значит, что в промывном типе в отдельные периоды года, скажем летом, могут происходить и восходящие токи воды, но с преобладанием за год нисходящих. Смена нисходящих и восходящих типов миграции влаги в течение года наблюдается неоднократно. Периоды нисходящего передвижения влаги во всей почвенной толще могут быть очень редкими, например один во время весеннего снеготаяния. Но и в этом случае общая влага, которая насквозь просачивается через почвенную толщу в течение года, всегда будет превышать то количество, которое передвигается в обратном направлении.

Подразделение типов водных режимов на более мелкие единицы зависит от вида, то есть источника, увлажнения почвы и степени ее увлажнения.

В зависимости от источников увлажнение почв бывает асмосферное, грунтово-атмосферное, атмосферное с дополнительным поверхностным, грунтово-атмосферное с дополнительным поверхностным, атмосферное с дополнительным паводковым, грунтово-атмосферное с дополнительным паводковым.

Степень влажности почв как классификационный признак характеризует количественную сторону. С его помощью фиксируют появление в почве тех или иных категорий и форм почвенной влаги. Для этого А. А. Роде рекомендует пользоваться следующими качественными градациями почвенно-гидрологических горизонтов (табл. 39).

Для каждого вида почвы можно установить некоторые пределы, в которых может происходить взаимная смена различных почвенно-гидрологических горизонтов в течение года. Этим пределам соответствуют определенные режимы влажности почв.

С. А. Вериго и Л. А. Разумова (1973) выделяют четыре типа водного режима:

Таблица 39

Почвенные гидрологические горизонты и их характеристика

Горизонт	Индекс	Формы почвенной влажности	Интервалы влажности
Горизонт полной насыщенности	ГПН*	Свободная гравитационная влага водоносных горизонтов	ПВ
Горизонт капиллярной насыщенности	ГКН*	Свободная гравитационная подпертая или подвешенная капиллярная влага	ПВ—НВ
Горизонт наименьшей насыщенности	ГНН	Подвешенная рыхлосвязанная влага с изолированными микроскоплениями свободной влаги	НВ
Горизонт интенсивного иссушения	ГИИ	Рыхлосвязанная влага	ВРК—ВЗ
Горизонт физического иссушения	ГФИ	Преимущественно прочносвязанная влага. Относительная влажность почвенного воздуха ниже 100%	ВЗ
Горизонт полного биологического иссушения	ГПБИ	Рыхло- и прочносвязанная влага	ВЗ

* Для первых двух почвенно-гидрологических горизонтов А. А. Роде приводит формы влаги в почвенной толще.

обводнение — свойственно районам с высоким стоянием грунтовых вод, в момент максимального насыщения зеркало грунтовых вод может выходить на дневную поверхность, средний годовой запас продуктивной влаги в метровой толще около 3000 м³/га, нередко наблюдается превышение полной влагоемкости почвы, весной после оттаивания бывает сброс поверхностных вод, во всем метровом слое запас влаги не опускается ниже 1500 м³/га;

капиллярное увлажнение — наблюдается там, где грунтовые воды достигают корнеобитаемого слоя почвы в период наивысшего стояния, а верхняя граница капиллярной каймы залегает в корнеобитаемом слое, причем только в отдельные моменты выходит на дневную поверхность, в теплый период запасы продуктивной влаги соответствуют 1500—2000 м³/га — превышают наи-

меньшую влагоемкость почв, передвижение влаги в жидком состоянии происходит почти в течение всего года, за исключением самого жаркого периода — обычно не более двух с половиной месяцев;

полное весеннее промачивание — свойственно районам глубокого залегания грунтовых вод; верхняя граница капиллярной каймы не достигает корнеобитаемого слоя почвы, максимальные запасы продуктивной влаги наблюдаются весной и составляют в метровом слое 170—180 мм, а на мощных черноземах достигают 200 мм, минимальные запасы продуктивной влаги бывают в конце вегетации и равняются 50—100 мм в метровом слое, в отдельные годы запасы продуктивной влаги снижаются до нуля;

слабое весеннее промачивание — характерно для засушливых районов с глубоким залеганием грунтовых вод, весной в корнеобитаемом слое содержится максимальный объем продуктивной влаги, но даже в это время он меньше, чем свойственная мертвому слою величина наименьшей влагоемкости. В наиболее засушливых районах он составляет всего 50—70 мм. Глубина промачивания почвы в отдельные годы не превышает 50 см.

Максимальные запасы влаги бывают осенью, часто снижаются до нуля. Только во время снеготаяния имеется подвижная влага.

В остальное время передвижение влаги по почвенному профилю происходит в основном путем гравитации и в парообразном виде. В зимнее время в условиях устойчивого промерзания внутрипочвенное передвижение влаги происходит в небольших размерах.

Подразделение вышеупомянутых горизонтов имеет не только научно-теоретическое, но и большое прикладное значение. Дело в том, что в естественных условиях под влиянием тех или иных факторов происходит смена почвенно-гидрологических горизонтов и сопряженных с ней изменений строения почвенных гидрологических профилей.

В работах советских исследователей А. И. Беляго, С. И. Долгова (1948, 1957), Н. А. Качинского (1930), А. Р. Константинова (1968), В. С. Мезенцева (1960), Ц. Е. Мирцхулава (1972), Б. Н. Мичурина (1959), А. А. Роде (1952), Ф. К. Родионовского (1963) и др. рассмотрены особенности формирования запасов почвенной влаги и особенности ее расхода в разных условиях,

дана принципиальная схема увлажнения и иссушения почвогрунта по профилю. Смена гидрологических горизонтов происходит под влиянием осадков, пополняющих запасы почвенной влаги, либо испарения и транспирации, иссушающих почву.

При иссушении смена почвенных гидрологических горизонтов происходит постепенно и последовательно от более влажных к более сухим. Увлажнение вызывает несколько особый порядок смены горизонтов.

Сухая почва почти никогда не увлажняется сразу равномерно на более или менее значительную глубину. Влажность любого неповерхностного слоя будет повышаться, пока влажность вышележащего слоя не достигнет предельного значения. После этого увлажненный слой почвы не сможет уже удерживать дополнительные порции воды и она будет просачиваться вглубь. Такая предельная влажность соответствует НВ. Поэтому в слоях, лежащих на глубине более 30—40 см от поверхности, смена почвенных гидрологических горизонтов происходит не постепенно, а так, что горизонт любой степени иссушения почвы сразу замещается горизонтом КВ.

Переходный слой между двумя горизонтами с большим по вертикали градиентом влажности оказывается незначительным по мощности. Во всяком случае, он настолько незначителен, что не представляется возможным выделить его в самостоятельный горизонт, если влажность определяется через каждые 10 см и если сменными горизонтами являются, например, горизонты наименьшей насыщенности и горизонт полного биологического иссушения. Однако в верхнем 30—40-сантиметровом слое процесс смены гидрологических горизонтов идет несколько иначе. Это вызывается тем, что для достижения в самом поверхностном слое (5—10 см) влажности, соответствующей НВ, общая глубина промачивания должна достичь некоторой минимальной величины, что, очевидно, связано с набуханием поверхностных слоев и некоторым уменьшением плотности.

Вышеупомянутые работы в значительной мере устранили имевшиеся проблемы в трактовке вопроса о водных режимах почвы и их классификации. Тем не менее многие стороны ее остаются нерешенными до сих пор, в частности еще нет достаточно полной классификации водных режимов почвы в условиях орошения. Сошлемся в данном случае на высказывания А. А. Роде (1963):

«Все вышеуказанное относится к почвам под естественной или культурной растительностью, водный режим которых никакому мелиоративному воздействию не подвергается. Мелиоративные водные режимы должны быть выделены в особую группу. Их классификация пока еще не разработана»*.

Разработка научно обоснованной классификации водных режимов на мелиорированных землях, очевидно, возможна на базе или с учетом характерных особенностей этих режимов на немелиорированных землях, в связи с тем что сами мелиоративные работы проводятся при сложившемся в данных условиях типе. Иногда задают вопрос: нужна ли вообще классификация водных режимов? Обоснованный ответ на него, видимо, можно дать после ознакомления с существующей классификацией водного режима почв в естественном состоянии и с теми практическими задачами, которые с ее помощью могут быть решены.

Несомненно, что классификация водных режимов почвы с выделением их типов и почвенно-гидрологических горизонтов, в особенности установленные закономерности смены почвенно-гидрологических горизонтов, имеет важное научно-теоретическое значение. Вместе с тем она имеет большое значение в практической деятельности земледельцев, позволяет с достаточной достоверностью определить характер происходящих в почве изменений влажности от направления процессов, происходящих под влиянием прихода или расхода влаги на данную территорию. Без этого невозможно ни научное прогнозирование, ни проектирование сложных мелиоративных объектов.

Основные закономерности формирования запасов влаги в почве при орошении освещены в классических трудах А. Н. Костякова (1951), который разработал принципиальную схему увлажнения почвы при разных способах полива. А. Н. Костяковым были предложены методы расчета основных элементов техники полива и его продолжительности, теория полива по полосам, бороздам и затоплением, даны расчеты систем дождевания и подпочвенного орошения. Эти положения получили развитие в трудах ведущих ученых страны (Черкасов, 1958; Шаров, 1959; Шумаков, 1957, 1967, и др.), широко используются в практике проектирования оросительных систем и их эксплуатации не только в нашей стране, но и за рубежом.

* Роде А. А. Водный режим почвы и его регулирование. М., 1963, с. 71.

В условиях орошения складываются принципиально отличные типы водных режимов, зависящие от поливного режима, техники полива и способов орошения. Вместе с тем они зависят от почвенно-гидрологических условий, мощности и механического состава почвенно-грунтовой толщи, глубины залегания грунтовых вод. Закономерности смены почвенно-гидрологических горизонтов, видимо, и при орошении должны сохраняться, по крайней мере в части основных характерных черт. Здесь не исключена и возможность влияния дополнительных факторов, таких, как уплотнение, то есть увеличение плотности почвы, которое в условиях искусственного орошения происходит более интенсивно под влиянием самой оросительной воды и в связи с переносом мелких частиц по почвенному профилю нисходящими токами воды.

Такая классификация необходима для обобщения и эффективного использования накопленного опыта орошения, научно обоснованного решения вопросов регулирования водного режима почвы в работах по программированию урожаев и др.

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПОЛИВА НА ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

Разновидности водного режима почвы рассматриваемой классификации выделены в зависимости от способов полива. В связи с этим рассмотрим краткую характеристику способов полива.

Все способы полива в первую очередь должны обеспечить равномерное распределение воды по полю, затем эта вода в форме запасов почвенной влаги должна быть размещена в слое активного водопотребления. Распределение воды может решаться либо активно — техническими средствами, например дождевальными машинами, либо пассивно — напуском, путем дробления потока на постепенно уменьшающиеся струи, которые покрывают лишь часть поверхности поля при поливе по бороздам либо всю поверхность при поливе по полосам и чекам. Поглощение воды почвой и превращение ее в элемент почвенного плодородия и глубина увлажнения

почвогрунта зависят от водно-физических свойств почвы: механического состава, капиллярных и адсорбционных сил, а также от качества самой воды. При любом способе полива независимо от принципа распределения воды по полю процессы впитывания и формирования запасов почвенной влаги определяются свойствами данной почвы.

До тех пор пока оросительная вода не превратится в состояние почвенной влажности, она практически недоступна растениям.

Полив сельскохозяйственных культур проводят дождеванием, поверхностными способами и подпочвенно (внутрипочвенно). По масштабам применения на первом месте стоят поверхностные способы полива, на втором — дождевание, темпы развития которого стали опережать остальные способы.

Подпочвенное орошение, по существу, находится в стадии разработки и производственного внедрения, большое внимание уделяется исследованиям капельного орошения, а также синхронно-импульсного дождевания.

К поверхностным способам относятся поливы по бороздам, полосам и поливы затоплением чеков.

Поливы по бороздам, в свою очередь, подразделяются на поливы по глубоким или тупым бороздам и поливы по проточным бороздам и бороздам-щелям.

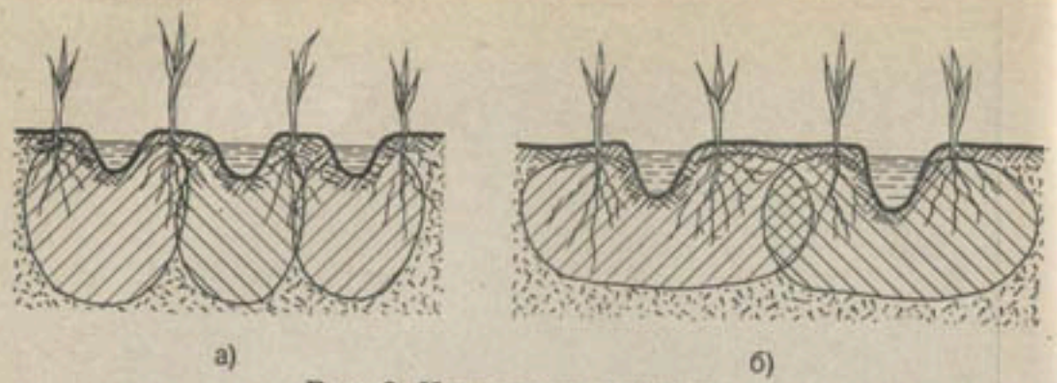
При любом бороздковом способе полива на поле создается гофрированная поверхность из чередующихся борозд и гребней. Вода, заполняя борозды от $^1/_4$ до $^2/_3$ их глубины, впитывается в дно и откосы, капиллярными силами поднимается к гребням и увлажняет межбороздное пространство. Расстояние между бороздами обычно связывают с биологическими требованиями и технологией возделывания культуры (рис. 7). Вместе с тем оно зависит от водно-физических свойств почвы. На разных почвах наблюдается различное соотношение фильтрационных и инфильтрационных свойств. Под первыми понимается скорость впитывания вертикальная, то есть нисходящая, под вторым — горизонтальная, боковая. При поливе по бороздам в зависимости от типа почвы контуры увлажнения могут иметь различную форму (рис. 8). В зависимости от этого возникает требование к ширине межбороздного пространства, которая на легких почвах должна быть меньше, чем на тяжелых.



Рис. 7. Поливы по бороздам: распределение воды по бороздам с помощью сифонов.

Инфильтрационные свойства сероземных почв новых районов хлопководства выражены достаточно хорошо, и в отдельных хозяйствах поливают через междурядье, правда, в несколько измененном виде, чем это изображено на рисунке 8. Борозды нарезают обычно в каждом междурядье, а воду подают через одну борозду, причем применяется чередование политых междурядий, при котором за два полива вода подается во все борозды. В связи с внедрением широких междурядий, например для хлопчатника 90 см, полив проводят только с подачей воды в каждое междурядье. Качество полива в этом случае улучшается еще и за счет того, что борозды нарезают более глубокие, при которых в меньшей мере проявляются переливы и плесы.

Длина борозд бывает от 60—100 до 250—400 м, в зависимости от уклона, водопроницаемости почвы, величины бороздной струи, рельефных условий поля. На выровненных полях с хорошо выраженным уклоном, на почвах маловодопроницаемых применяют более длинные борозды, чем на неспланированных полях или на



а) б)

Рис. 8. Контуры увлажнения:
а — на легких и *б* — на тяжелых почвах.

супесчаных почвах. Время полива по бороздам зависит от поливной нормы, водопроницаемости почвы и величины бороздной струи. В целях повышения производительности труда поливальщика и улучшения качества полива применяют полив по бороздам-щелям. Этот способ имеет большие преимущества по сравнению с поливом по обычным проточным бороздам, если их приходится применять на участках с недостаточно ровной поверхностью или на почвах со слабой водопроницаемостью.

Борозды-щели имеют больший смоченный периметр, благодаря чему ускоряется процесс увлажнения почвогрунта. При поливе по бороздам-щелям увеличивается бороздная струя в 2—3 раза по сравнению с обычными бороздами, возрастает производительность труда поливальщика в 1,5—2 раза.

Распределение оросительной воды в борозды во время полива осуществляется либо с помощью простейшей поливной арматуры (сифоны, поливные трубки), либо с помощью прокопов дамбочек выводной борозды. В отдельных случаях для распределения воды по бороздам применяют однобортные выводные борозды.

Существуют и более совершенные способы подачи воды в поливные борозды: с помощью гибких шлангов из капроновой ткани, разборных трубопроводов, армированных регулируемыми водовыпусками, из закрытых трубопроводов, заложенных в почве на глубине более 40 см (метод И. А. Шарова и Г. Ю. Шейнкина), а также с помощью поливных машин.

При поливе по бороздам достигается хорошее насыщение почвогрунта, причем только меньшая часть поверхности поля покрывается слоем воды, что отмечено



Рис. 9. Полив кукурузы: распределение воды с помощью однобортной горизонтальной выводной борозды.

непосредственно в самих бороздах, а на большей части межбороздного пространства увлажнение ведется за счет боковой инфильтрации. Такое достоинство ставит бороздной полив вне конкуренции с другими поверхностными способами. Хорошее качество полива по бороздам зависит от ряда условий: тщательного определения элементов техники полива для каждого поля, то есть глубины борозд, их длины, межбороздного расстояния, хорошей планировки поверхности и самое главное — от квалификации поливальщиков. В производственных условиях достаточная равномерность увлажнения активного слоя почвы на поле достигается лишь при сравнительно высокой поливной норме — не менее 600—700 м³/га, а при поливе по длинным бороздам этот минимум превышает 1000 м³/га. Эти факторы также определяют производительность труда поливальщика, маневренность работ на поливе и в итоге особенность формирования водного режима почвы (рис. 9).

Полив по полосам наиболее подходит для культур сплошного сева, например зерновых колосовых. Хоро-

шие условия для его применения создаются при уклонах поверхности 0,002—0,01. Длина поливных полос изменяется от 70 до 300 м. Ширина их чаще всего совпадает с шириной захвата сеялки, и сама операция по разделке поверхности под полив по полосам совмещается с посевом культуры, что удается сделать за счет комплектования агрегата, состоящего из валикоделателя роджерного типа, сеялки и трактора. Автор проверял посев яровой пшеницы по полосам двух типоразмеров: с шириной 3,6 и 1,8 м. Преимущества по комплексу показателей сохранились за полосами шириной 3,6 м, хотя у полос шириной 1,8 м были свои достоинства — более равномерный полив при наличии боковых уклонов на поле.

Увлажнение почвы при этом способе происходит во время продвижения слоя воды по полю.

В целях равномерности увлажнения почвы подача воды в каждую полосу или борозду должна изменяться во времени от высоких значений, например от 6—8 л на полосу в начале пуска, до 1,0—1,5 л/с после увлажнения $^2/_3$ длины полосы. Этот прием получил название полива с переменной струей. Он разработан на основе использования закономерностей впитывания воды во времени.

При поливе переменной струей решаются сразу две задачи: равномерное увлажнение почвы и избавление от непроизводительного сброса.

В практике находят применение также полосы шириной 20—30 м. Подача воды в такие полосы осуществляется расходом по 100 л/с и более с помощью передвижных сифонных установок.

Таким образом, при поливе по бороздам ведущая роль в увлажнении почвы, особенно межбороздного пространства, принадлежит боковой инфильтрации. При поливе по полосам такую же роль выполняет вертикальная фильтрация, гравитационные силы.

Полив затоплением чеков применяют при выращивании культуры риса. Чек — участок обрабатываемого поля, преимущественно прямоугольной формы, огражденный земляными валиками, площадью от долей гектара до 2—5 га. На современной рисовой системе на каждом чеке имеется не менее двух гидротехнических сооружений: водозаборное и водосбросное. Забор воды ведется из оросителя, который принято называть картовым.

Несколько чеков, имеющих питание из одного картового оросителя и из которых вода отводится в один сбросной канал, называется картой. Площадь ее 10—25 га. На одном рисовом севооборотном поле имеется от 2—3 до 5—6 карт.

Полив по чекам заключается в наполнении водой чеков до определенной глубины. Затем поливальщик закрывает водозабор на залитом чеке и заливает следующие чеки. Распределение воды по поверхности чека идет автоматически без затрат труда поливальщика. Полив затоплением чеков проводят круглосуточно.

В последние годы В. Б. Зайцевым (1975) совместно с проектировщиками на основе высказанных в свое время предложений П. А. Витте (1930) разработана новая схема регулирования водного режима при возделывании риса. Ее отличительная особенность — укрупнение чеков до размеров, свойственных в настоящее время карте. Это оказалось возможным при совмещении в одном канале функций водоподачи и водосбора. Такой канал сопрягается с участковым распределителем и участковым сбросом-коллектором.

Площадь таких карт-чеков достигает 5—8 га и более. В этом случае длинная сторона чека располагается вдоль горизонталей, то есть безуклонно. Преимущества таких крупных чеков с широким фронтом залива, осуществляемого за счет перелива воды через оба борта оросителя-сброса, у которого отметки бортов совпадают с отметками средней плоскости чека с допуском ±5 см, весьма существенны, в особенности для механизации производственных процессов (рис. 10).

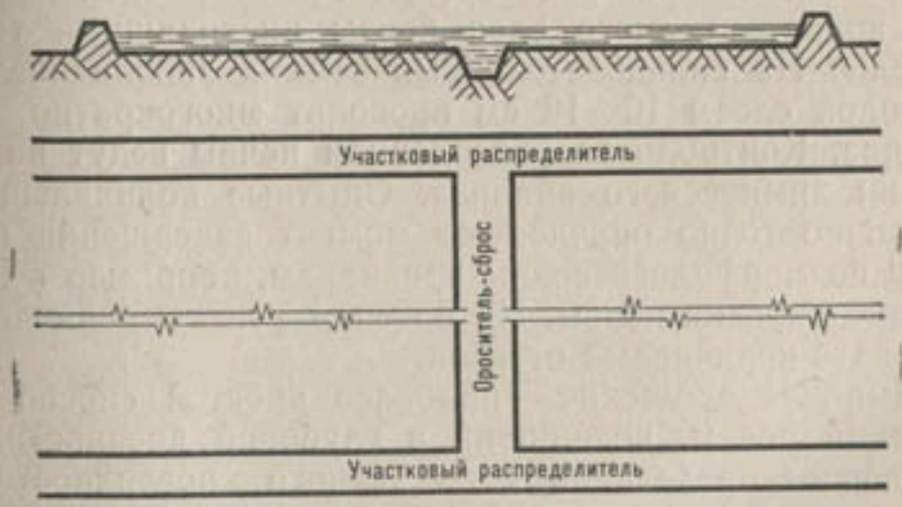


Рис. 10. Схема карты-чека широкого фронта залива.

При возделывании риса поддержание слоя воды на поле приводит к полному насыщению почвы влагой. На таком поле устанавливается постоянный нисходящий ток воды, параметры которого характеризуются свойствами грунтов, наличием водоупоров и других гидрологических особенностей.

С точки зрения регулирования водного режима почвы наибольшие трудности возникают в начальный период, определяющий условия получения дружных всходов риса и очистки его посевов от сорняков, а также в конце вегетации, когда на первый план выдвигается ускорение подсушки почвы, чтобы приступить к уборке с помощью комбайнов. Процесс подсушки почвы зависит от работоспособности коллекторно-дренажной или коллекторно-сбросной сети, свойств почвогрунта и погодных условий.

Полив затоплением чеков применяют также для промывки засоленных почв. В республиках Средней Азии, например в Хорезме, промывные поливы проводят ежегодно в осенне-зимний и ранневесенний периоды. С этой целью на поле нарезают чеки с помощью палоделателей или каналокопателей. Непременное условие для проведения промывки — наличие коллекторно-дренажной сети. На полях с редко нарезанной коллекторно-дренажной сетью нарезают временную мелкую сбросную сеть. Чеки нарезают меньших размеров в виде цепочки без специальных сооружений. Заполнение их водой ведут через прокопы в дамбах временных оросителей или в земляных валиках из смежного чека. Глубина слоя воды в чеке создается из расчета выдачи определенной нормы, рассчитанной на растворение и вымыв солей за пределы корнеобитаемого слоя почвы нисходящими токами воды. На сильнозасоленных землях заполнение чеков водой слоем 10—12 см проводят многократно — до 6—7 раз. Контроль за рассолением почвы ведут на основании химического анализа. Опытные поливальщики достаточно точно определяют момент завершения промывки по морфологическим признакам, например по изменению окраски почвы. На промытой почве появляется желтовато-коричневый оттенок.

Лиманное орошение — наиболее простой способ увлажнения почвы, возникший в глубокой древности, за счет перераспределения естественного поверхностного стока и задержания его в бессточных понижениях блюд-

цеобразной формы. Широко распространен на Прикаспийской низменности, в районах Западной Сибири, Казахстана и Северного Кавказа.

В условиях сухих степей и полупустынь в замкнутых понижениях, то есть лиманах, весной накапливается паводковая вода, которая держится в них в течение 2—8 недель и более и промачивает почву на глубину 1,5—2,0 м. На таких лиманах обычно развивается хороший травостой, формируется высокий урожай сена. Лиманы делятся на две группы: естественные и искусственные.

Естественные лиманы имеют спокойный рельеф с очень слабым уклоном к центру (0,0002—0,0004). Почвы на лиманах лугово-солонцеватые, осолоделые, уплотненные, с низкой водопроницаемостью. По глубине затопления лиманы подразделяются на мелководные со средней глубиной наполнения 20—40 см и глубоководные — более 40 см. В первых вода задерживается на поверхности в течение 10—15 дней и увлажняет почву до 1,5 м. На глубоководных лиманах она стоит более продолжительное время. Растительный покров лиманов представлен стойкими к затоплению лугово-степными злаками: пыреем, кострами, мятликами, бекманией. По выносливости к затоплению первое место из злаков занимает костер безостый (до 60 дней). Затем идут пырей, житняк, лядвенец и др. В отдельных областях Поволжья — Саратовской, Волгоградской — значительные площади лиманов распаханы и отведены под зерновые, кормовые, бахчевые и зернобобовые культуры.

В связи с различной устойчивостью культур к затоплению очень важно подобрать сортовой состав с учетом тех условий, которые свойственны лиманам.

Искусственные лиманы представляют более совершенный тип лиманного орошения, на которых глубина слоя затопления и продолжительность стояния воды на поле регулируются с помощью земляных валов (и перепускных сооружений), разбивающих общую площадь лимана на ярусы. Такие многоярусные лиманы более равномерно распределяют сток и позволяют получать высокие урожаи кормовых культур. Мелководные лиманы устраивают на степных склонах и широких лощинах, глубоководные — на пойменных и надпойменных террасах степных рек (рис. 11).

К недостаткам лиманного орошения относятся в первую очередь неустойчивость стока и его отсутствие в от-

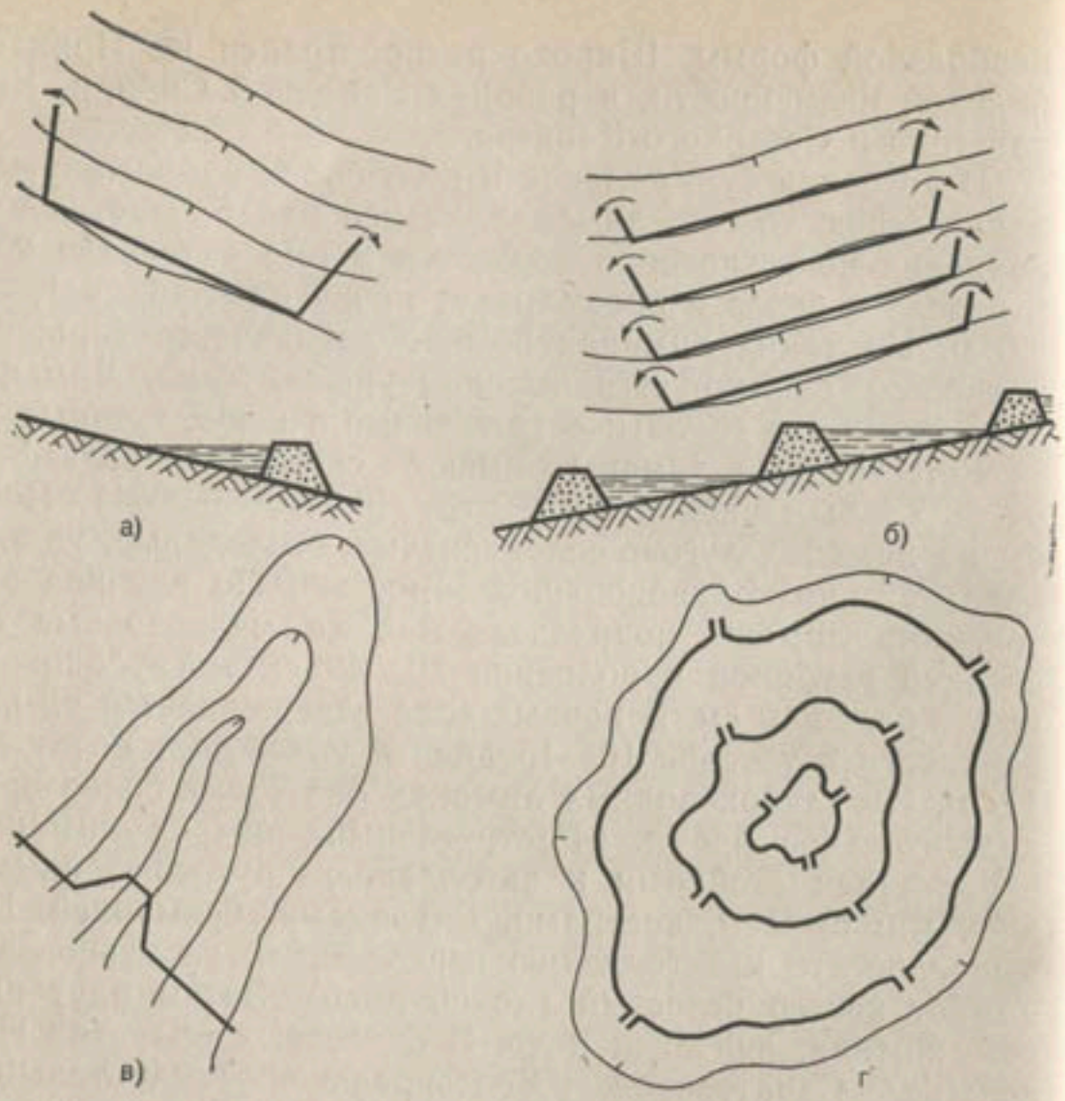


Рис. 11. Схемы лиманов:
а, б — ярусные при наличии уклона; *в* — глубокого затопления; *г* — на замкнутых понижениях.

дельные малоснежные годы. В связи с этим в последние годы стали проектировать лиманы, для затопления которых строят оросительные каналы с регулирующими и водосбросными гидротехническими сооружениями. С помощью таких каналов вода забирается из надежных водных источников, и в этом случае затопление лиманов обеспечивается ежегодно.

Лиманное орошение играет большую роль в увеличении производства кормов в животноводческих зонах Заволжья, где имеются большие площади естественных кормовых угодий на солонцовых почвенных комплексах, отличающихся крайне низкой продуктивностью без орошения. Лиманы позволяют добиться улучшения почвен-

ных процессов. Ещё в 1906 г. П. А. Витте доказал возможность улучшения глубокостолбчатых солонцов с помощью лиманов мелкого затопления.

Подпочвенное (внутрипочвенное) орошение основано на особом принципе увлажнения слоя активного водопотребления. Оросительная вода распределяется по полю с помощью подпочвенных увлажнителей или кротовин, устроенных в подпахотном слое на глубине 40—70 см от поверхности, затем с помощью почвенных капилляров происходит увлажнение верхнего слоя почвы. Подпочвенное орошение с давних пор высоко оценивается. Его достоинства заключаются прежде всего в отсутствии на поле сложной оросительной и поливной сети, обычно препятствующей проведению технологических операций по возделыванию сельскохозяйственных культур. Не менее ценным является устранение прямого воздействия оросительной воды на поверхность почвы, исключающее опасность разрушения ее структуры и образования почвенной корки.

Действующие экспериментальные системы внутрипочвенного орошения на Крымской опытно-мелиоративной станции и в других пунктах показали возможность автоматического управления водным режимом почвы в интервале влажности, соответствующей физиологической потребности растений. Многие сельскохозяйственные культуры при внутрипочвенном орошении отличаются высокой урожайностью.

Технология возделывания сельскохозяйственных культур при этом способе регулирования водного режима почвы может совершенствоваться без каких-либо ограничений и препятствий, свойственных другим способам. Однако конструкция закрытых систем внутрипочвенного орошения до сих пор недостаточно разработана, стоимость таких систем очень высока.

В последние годы велись разработки машин для внесения воды с минеральными удобрениями в почву на глубину 25—30 см по принципу культиваторов-растениепитателей. Эти машины также проходят период испытания.

В отличие от поверхностных способов при подпочвенном орошении увлажнение слоя активного водопотребления обеспечивается только за счет боковой инфильтрации и капиллярных сил.

Рассмотренные способы полива неравноценны по многим показателям: качеству увлажнения почвы, увяз-

ке с требованиями сельскохозяйственных культур, то есть с технологией их возделывания, производительности труда и др. Однако это не означает, что можно выбрать какой-либо один способ, который окажется лучшим во всех отношениях. Такого универсального способа для многогранного сельскохозяйственного производства быть не может.

Очень важную роль в выборе способа полива играют водно-физические свойства почвы и рельеф полей. Для полива по чекам требуется территория с ровным рельефом, лучше безуклонные массивы или с уклоном не более 0,002; полив по полосам и проточным бороздам лучше всего проводить на полях с уклоном 0,003—0,005. Кроме того, приходится учитывать, что культуры сплошного сева, например зерновые, лучше поливать по полосам, а широкорядные — хлопчатник, кукурузу — по бороздам.

Учитывая, что в севообороте участвует несколько культур различных биологических групп, в одном и том же хозяйстве следует применять несколько способов поверхностного полива.

Чередование культур в севообороте и необходимое в связи с этим чередование способов полива имеют огромное положительное значение. Чередование способов полива позволяет направить ход отдельных почвенных процессов в желаемом направлении. При поливе напуском по полосам и по чекам на поверхности почвы создается слой воды, который держится некоторое время и тем самым предотвращает доступ воздуха в почву. Воздухообмен в затопленной почве восстанавливается очень медленно, и часто для его формирования требуются специальные меры по обработке почвы в виде культиваций, боронования и др. Процессы нормальной аэрации восстанавливаются далеко не сразу. Слой воды отрицательно действует и на структуру верхних горизонтов почвы, что еще в большей мере ухудшает аэрацию, а это, в свою очередь, угнетает деятельность корневой системы культурных растений. В почве развиваются нежелательные восстановительные процессы, могут накапливаться ядовитые продукты (сероводород, метан), отдельные жирные кислоты, затухает деятельность микрофлоры и связанный с ней процесс нитрификации. Именно с этим связано резкое падение урожаев риса при возделывании его на одном и том же поле несколько лет

подряд. Эти процессы должны учитываться и при разработке мер по регулированию питательного режима почвы. В анаэробных условиях резко падает эффективность удобрений, содержащих питательные вещества в окисленной форме. Именно этим объясняется пониженная эффективность селитры при внесении ее под рис. В анаэробных условиях затопленного поля происходят значительные потери азота. Кроме того, с нисходящими токами из верхних горизонтов почвы уносятся растворимые питательные вещества.

При поливах по бороздам не вся поверхность почвы покрывается водой. Поэтому здесь в меньшей мере проявляются анаэробные процессы даже во время самого полива. В меньшей мере разрушается и структура почвы, что благоприятно сказывается на воздушном режиме рыхления междурядий после полива. Однако и при поливе по бороздам обнаруживается другое нежелательное явление — накопление солей на гребнях в результате испарения с их поверхности влаги, поступающей по капиллярам. Следовательно, чередование (по годам) бороздковых поливов с поливами напуском по полосам или с затоплением чеков обеспечивает регулирование почвенных процессов в желательном направлении и способствует постепенному увеличению урожаев всех сельскохозяйственных культур севооборота. Отсюда вытекает и второе условие, что в составе севооборота следует иметь не менее двух групп культур: пропашных, поливаемых по бороздам, и культур сплошного сева, поливаемых напуском по полосам.

Полив дождеванием в наибольшей степени приближается к природному процессу увлажнения почвы. Распределением воды по поверхности поля можно полностью управлять.

В настоящее время дождевание применяется для орошения почти всех культивируемых растений в полеводстве, а также на лугах и пастбищах, в садах, на виноградниках и ягодниках, в качестве освежительных, удобрительных, предпосадочных, посадочных и противозаморозковых поливов.

Сама жизнь, практическая деятельность колхозов и совхозов новой зоны орошения поставили дождевание на одно из первых мест среди всех способов полива. Очень важную роль в этом сыграли неоспоримые достоинства, свойственные дождеванию:

малопроизводительный ручной труд поливальщика заменился высококвалифицированным трудом механизатора, это позволило привлечь молодые растущие кадры, вооруженные необходимыми знаниями по технологии современного производства; на поле не надо нарезать мелкую оросительную и поливную сеть — поливные борозды, полосы, выводные борозды; не требуется командного положения каналов над поливаемой площадью; значительно сокращается объем планировочных работ, а во многих случаях они вообще не нужны; достигается полная механизация возделывания и уборки сельскохозяйственных культур; повышается производительность труда на поливе;

увлажняются не только почва, но и растения, приземный слой воздуха, повышается его влажность, улучшаются температурные условия;

создаются благоприятные условия для развития многих процессов: почвенных, например нитрификации, физиологических — интенсивности ассимиляции (Максимов, 1952), восстановления тургора листьев;

сокращаются затраты оросительной воды на единицу полученной продукции, возможно совмещение полива с внесением минеральных удобрений в виде подкормок, в частности внекорневых, а также обработки посевов химикатами для защиты растений от вредителей и болезней, и, наконец, на массивах с просадочными грунтами на маломощных почвах, подстилаемых галечниками, на землях со сложным рельефом и в других районах со специфическими природными условиями дождевание является единственным доступным способом для организации орошения. Именно этому способу свойственны возможность наиболее точного нормирования подачи воды, выдача поливных норм в строгом соответствии с расчетными величинами. Дождевание позволяет равномерно распределить по площади поливную норму в 40—50 м³/га, а при импульсном орошении цитрусовых еще меньшую, чего не может обеспечить любой другой способ.

В настоящее время пока нет оснований считать дождевание безупречным способом полива. Во-первых, еще не созданы дождевальные машины, в полной мере отвечающие требованиям производства по производительности работ, интенсивности дождя и другим показателям; во-вторых, далеко не полностью удовлетворяется потребность колхозов и совхозов в существующих типах дождевальных агрегатов ДДА-100М, особенно высокопроизводительных машин «Фрегат» и «Волжанка». Еще нет полной увязки проведения полива некоторыми машинами с технологией возделывания сельскохозяйственных культур.

Нельзя не упомянуть об отдельных сложностях, связанных с внедрением дождевания в зоне древнего орошения в республиках Средней Азии и Закавказья, где дождевание до сих пор практически не применяют. К первостепенным причинам, ограничивающим использование этого способа в вышеуказанной зоне, относятся ограниченные возможности дождевания в увлажнении глубоких слоев почвогрунта — до 100—120 см. Поливы малыми нормами в этой зоне, с ее крайне напряженной метеорологической обстановкой, оказываются неэффективными или, по крайней мере, менее эффективными, чем поливы поверхностными способами. Кроме того, работами научно-исследовательских учреждений СоюзНИХИ, Средазгипроводхлопок и других установлена эффективность в этой зоне так называемого промывного режима увлажнения почвы, при котором за счет подачи воды увеличенной нормой создаются нисходящие токи воды, промывающие активный слой почвы и отжимающие засоленную грунтовую воду в более глубокие горизонты грунта за пределы корнеобитаемого слоя почвы. Эти положения получили полное подтверждение в практике колхозов и совхозов.

В европейской части страны, в частности в Поволжье, дождевание менее эффективно, чем поверхностные поливы (Серебряков, Белянский, 1972). Но в этой зоне, как свидетельствуют данные ВолжНИИГиМ и других научно-исследовательских учреждений, есть возможность значительно повысить эффективность дождевания, если проводить его на основе предварительной влагозарядки почвы.

III
ГЛАВА

ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ ПРИ ОРОШЕНИИ

Многочисленные исследования научно-исследовательских учреждений по режиму орошения сельскохозяйственных культур представляют несомненный интерес и должны быть использованы в практической деятельности проектных организаций, колхозов и совхозов при разработке и осуществлении мероприятий, обеспечивающих получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственной продукции.

Однако использование этих данных при проектировании мелиоративных объектов и планировании работ по развитию мелиорации земель крайне затруднено в связи с многообразием применяемых режимов орошения и пестротой природно-климатических условий, различным уровнем водообеспеченности и оснащения оросительных систем и др. Давно назрела потребность в общеметодических разработках для оценки накопленного опыта орошения сельскохозяйственных культур, чтобы более продуктивно использовать его в самом широком масштабе.

Необходимость разработки классификации типов водного режима почвы обусловлена тем, что в настоящее время в литературе встречается более тридцати названий самого орошения: влагозарядковое (Лысенко, 1952; Мажаров, 1952; Петров, Грамматикати, 1958); импульсное (Лебедев, 1968); капельное (De Remer, 1972); орошение капиллярным насыщением почвы за счет регулирования глубины залегания грунтовых вод (Гарюгин, 1966; Гарин, 1965), прибрежное (Минводхоз СССР), орошение с помощью передвижного поливного оборудования (В. Я. Чичасов, З. И. Метельский); лиманное (Шумаков Б. А., Шумаков Б. Б., 1963; Ларионов, 1964); орошение на местном стоке, или малое орошение (Собко, 1968); комбинированное, то есть сочетание поверхностных способов полива с дождеванием (Коваль, Шульга, 1965); самотечное и водоподъемное, или машинное (Величко, 1969); орошение инфильтрацией (Кондрашев, 1948); поля орошения и орошение сточными водами; кротовое орошение, древнее, новое, правильное, защитное, подкормочное, горное и др.

Таким образом, не только многообразие режимов орошения, но и множество самих способов орошения и техники полива заставляют искать научно обоснованные методы анализа накопленных данных.

Основным методом оценки достоинств орошения может служить водный режим почвы, складывающийся или создаваемый при том или ином поливном режиме, при том или ином способе полива.

Влага, как один из главных и незаменимых факторов жизни растений, практически добывается ими только из почвы. Поэтому наличие почвенной влаги, ее подвижность и доступность, является основным показателем, характеризующим тип водного режима почвы. Кроме того, под типом водного режима почвы при орошении понимают условия формирования и накопления запасов почвенной влаги, когда в дополнение к естественным источникам на данную территорию подается вода с помощью искусственного орошения и расходуется на выращивание сельскохозяйственных культур. В этом случае хотя и имеются потери воды на физическое испарение с поверхности почвы и на глубинную фильтрацию за пределы слоя активного водопотребления, однако на технически совершенных оросительных системах при хорошей технологии возделывания сельскохозяйственных культур и получении высоких урожаев эффективность использования почвенной влаги повышается, а ее расход на единицу выращенного урожая сокращается.

По степени удовлетворения потребностей растений во влаге на протяжении всего периода вегетации или отдельных его отрезков, обычно увязанных с критическими периодами развития растений, автором выделено три крупных типа водного режима почвы: полностью регулируемый, частично регулируемый и водный режим почвы со слоем воды на поле.

Более мелкие единицы классификации (подтипы) выделяются на основе учета глубины залегания грунтовых вод, их влияния на корнеобитаемую толщу почвогрунта,

наличия дренажа и особенностей его работы, а также способов полива, их периодичности и эффективности.

В составе полностью регулируемого водного режима почвы выделены подтипы: автономный (А), промывной (Б) и подпертый (В); во втором, частично регулируемом типе: влагозарядковый (А), лиманный (Б) и укороченный (В); в третьем типе со слоем воды на поле: постоянное затопление (А), укороченное затопление (Б) и прерывистое затопление (В).

В каждом подтипе, в свою очередь, выделяются разновидности в зависимости от способов полива, водообеспеченности источников и регулярности орошения.

Очень важную роль для любого типа водного режима играет глубина слоя почвы, в котором создаются и поддерживаются запасы влаги в течение вегетации. Это вытекает из зависимости:

$$W = HA\beta,$$

где W — запас почвенной влаги (или объем воды, потребленной из почвы), м³; H — глубина рассматриваемого слоя, м; A — скважность почвы этого слоя, %; β — влажность (%) скважности.

Учитывая, что скважность данного типа почвы изменяется в небольших пределах, да и то только в пахотном горизонте, становится очевидной тесная связь влагозапасов почвы с глубиной слоя, в котором они размещены.

Прямой пропорциональной зависимости между H и W не существует не только из-за влияния переменных A и β, но и из-за неодинаковой ценности и доступности для корневой системы запасов влаги в разных слоях почвогрунта. В вышерассмотренной формуле это не учитывается. В то же время именно так этот вопрос очень часто решается в экспериментах по режиму орошения. Как правило, в таких исследованиях глубина расчетного слоя почвы принимается равной 1 м с незначительными отклонениями в ту или иную сторону.

По-иному следует подходить к расчету запасов почвенной влаги и суммарного водопотребления в специальных исследованиях, например с более глубоким промачиванием почвы при влагозарядках или, наоборот, когда поливы проводят дождеванием и увлажняется значительно меньший слой почвы. Такие экстремальные случаи могут получить правильное трактование только при внесении соответствующих поправок, характеризую-

щих особенности десукции влаги из рассматриваемых горизонтов почвы. В формулу необходимо ввести поправочный коэффициент K.

Коэффициент десукции K изменяется в пределах от 1,0 до 0,5, причем для слоя 0—60 см он равен 1,0—0,9, для слоя 100—150 см —0,8—0,7. Еще более существенные поправки необходимо вносить при расчетах водопотребления из слоев почвогрунта, расположенных глубже 150 см, в особенности для культур с коротким периодом вегетации, например для пшениц.

Характеристику типов водного режима почвы очень важно представить не только применительно ко всему слою активного водопотребления почвы, но и к отдельным его горизонтам. Слой активного водопотребления почвы находится в зависимости от вида растений и фазы развития. Он увязывается с глубиной распространения основной деятельности части корней.

Развитие корневой системы при орошении. Влагу из почвы растения добывают с помощью корневой системы. В связи с этим большой интерес представляют работы, раскрывающие закономерности поглощения воды из почвы корнями. Этот процесс в литературе (Роде, 1963, и др.) называется специальным термином — десукцией.

Поглощаемая корнями вода используется растениями на построение тканей и на транспирацию. Следовательно, десукция (D) равна суммарному расходу влаги на транспирацию (T) и построение растительных тканей, или конституционную воду (K): $D = T + K$.

В связи с тем что конституционная влага составляет незначительную долю по сравнению с транспирируемой, иногда принимается, что десукция равна транспирации.

Во время вегетации растений параллельно с транспирацией происходит испарение влаги с поверхности почвы, называемое физическим испарением. Суммарный расход почвенной влаги на транспирацию (T) и физическое испарение (E) принято называть суммарным водопотреблением (S): $S = T + E$.

Методы определения суммарного водопотребления с каждым годом совершенствуются.

Принципиальная схема поступления питательных веществ в корневую систему растений в увязке с влажностью почвы разрабатывалась и уточнялась еще Ю. Л. Ли-

бихом и Ж. Б. Бусенго, затем этот вопрос изучали К. А. Тимирязев (1949), Д. Н. Прянишников (1953), К. К. Гедройц (1955), В. А. Ротмистров (1939), Д. Ф. Сатклифф (1962), а также И. И. Колосов (1956), А. Л. Курсанов (1955), А. В. Петербургский (1965), Д. А. Сабинин (1963), А. В. Соколов (1957) и др.

На всех этапах разработки этого вопроса первостепенная роль отводилась содержанию влаги в почве. Поступление питательных веществ в виде солей или ионов осмотическим путем или путем более сложных процессов метаболизма в самой основе немыслимо без воды. В природе нередки случаи, когда почва по содержанию питательных веществ относится к высокоплодородным, но из-за недостатка влаги эти питательные вещества остаются малодоступными растениям. Из концентрированного почвенного раствора растения также не могут поглощать минеральную пищу; в природе такие случаи бывают на солончаках. Именно по этой причине минеральные удобрения в сухостепной и полупустынной зонах не дают эффекта, и, наоборот, в тех же зонах при орошении обеспечивается самая высокая их эффективность.

По данным А. С. Кружилина (1936), А. В. Соколова (1957) и др., из верхнего 0—20-сантиметрового слоя почвы поглощается более 80% всего количества минеральных питательных веществ.

А. С. Кружилин в 1936 г. провел опыт с монолитами почвы, переставлял в них горизонты почвы и выращивал на них растения. Оказалось, что в верхнем горизонте, где бы он ни находился в монолите, всегда была лучше развита корневая система. Совершенно по-другому корневая система реагирует на нижний горизонт, отличающийся меньшим плодородием. В нем, даже при размещении в верхней части монолита, корневая система была развита слабее, чем в других горизонтах.

Наилучшие условия для усвоения питательных веществ из почвы создаются при оптимальной ее влажности, которая для разных типов почвы и различных растений неодинакова. Однако на всех почвенных разностях проявляется строгая зависимость скорости поглощения питательных веществ корнями от влажности почвы или концентрации почвенного раствора. Во время подсушки верхнего слоя почвы или избыточного увлажнения во время полива поступление питательных веществ в клетки корня прекращается.

Вот почему очень важно для уменьшения силы отрицательного воздействия на жизнедеятельность растений недостаточной или избыточной влажности почвы с помощью искусственных поливов регулировать влагосодержание в нужном диапазоне. Именно возможностью регулирования влажности почвы определяется качество самого орошения. Это подтверждает целесообразность более углубленного изучения режима влажности почвы при орошении, определения оптимальных пределов его регулирования.

При изучении этого вопроса необходимо учитывать и вторую сторону — пластичность корневой системы растений. С помощью поливов оказалось возможным управлять развитием корневой системы. А. С. Кружилиным было установлено, что частые поливы малой нормой приводят к развитию поверхностных корней пшеницы, а поливы грузной нормой способствуют развитию более глубокой корневой системы. В варианте с поливом число вторичных корней и глубина их распространения значительно больше, чем в контроле.

По данным И. В. Красовской (1955), приближение содержания влаги в почве к влажности завядания вызывает резкое прекращение образования узловых корней и замедляет их рост, что, в свою очередь, отражается на развитии надземной массы растений. Особенно отрицательно такое снижение влажности сказывается в фазу кущение—выход в трубку. Кроме того, И. В. Красовская установила предельную влажность, при которой прекращается развитие узловых корней. У разных растений она различна: у овса и пшеницы равна двойной максимальной гигроскопичности, у проса — полуторной, а у сорго узловые корни продолжают развиваться даже при понижении влажности почвы меньше максимальной гигроскопичности. Рост узловых корней усиливается во всем интервале влажности от малых ее значений до 60% полной влагоемкости.

По данным О. Г. Граммматикати (1961), в условиях влагозарядкового орошения всю глубину почвенного профиля по характеру развития корней озимой пшеницы и других культур и их роли в поглощении воды можно разделить на три зоны.

К первой зоне относится поверхностный слой почвы глубиной 0—3 см, который почти лишен корней, сильно иссушается и прогревается до высоких температур. Ко

второй зоне отнесен нижележащий слой почвогрунта до глубины 70—80 см, который отличается наибольшим насыщением корневой системы и называется зоной суммарного испарения, так как вода расходуется из него как за счет физического испарения, так и вследствие физиологической деятельности корневой системы. Наконец, к третьей зоне отнесены слои почвогрунта глубже 70—80 см. Глубина распространения зоны зависит от биологических особенностей растений и может достигать 260—280 см. Вода из этой зоны поглощается главным образом корневой системой растений, поэтому она называется зоной биологического иссушения.

В условиях влагозарядкового орошения озимая пшеница и другие зерновые культуры развивают более глубокую корневую систему (А. С. Кружилин, Н. С. Петинов, Г. К. Льгов, М. А. Козин и др.). Однако за пределы 1 м уходят лишь отдельные корни, основная же часть корневой системы располагается в верхнем полуметровом слое.

Для анализа водопотребления большое значение имеют данные о характере самой корневой системы, так как не все корни с одинаковой интенсивностью поглощают воду из почвы.

В этом процессе ведущая роль принадлежит молодым растущим корням, которые в достаточной мере обеспечены корневыми волосками. Плотность корневых волосков нередко составляет 300—400 шт. на 1 мм² поверхности корня и зависит от водного режима и уровня минерального питания. У сахарной свеклы на высоком агрофоне корневые волоски увеличивали поглотительную поверхность корня в 10 раз, а на удобренном — в 40 раз (Вахмистров, Листова, 1968).

Продолжительность жизни корневых волосков определяется рядом условий. На корнях, вышележащие зоны которых выполняют транспортные функции, корневые волоски быстро отмирают, а на коротких всасывающих корешках, даже в умеренно благоприятных условиях они функционируют, пока не наступит иссушение почвы.

По данным Н. З. Станкова (1964), при удовлетворительном водном режиме у пшеницы, ячменя и ржи корневые волоски обнаруживаются не только на молодых растущих корнях, но и на старых их участках, вплоть до самого основания корней, причем и у проростков, и у растений, достигших фазы цветения.

Общая мощность корневой системы сильно варьирует и зависит от условий произрастания растений. Еще Диттмером было установлено, что одиночные растения пшеницы и ржи при оптимальной влажности развивают корневую систему общей протяженностью в десятки километров, а в сплошном посеве — в 10—12 раз меньшую.

В ряде случаев всасывающая поверхность корней оказывается намного меньше испаряющей поверхности листьев (Згуровская, Цельникер, 1955), в результате резко нарушается водоснабжение растений и условия их жизнедеятельности.

Познания закономерностей поглощения растениями воды и минеральной пищи будут углубляться по мере накопления фактических данных об активной поглощающей поверхности корневых систем, величина которой зависит от многих внешних и внутренних факторов (Бабушкин, 1971; Петинов, 1959; Грамматикати, 1961; Шатилов, Сафонова, 1973, и др.).

И. С. Шатилов и А. Ф. Сафонова исследовали поглощение азота, фосфора и калия корневой системой озимой пшеницы из различных слоев почвы на протяжении вегетационного периода в учхозе «Михайловское» Московской области в двух вариантах: без удобрений (контроль) и с расчетными дозами удобрений на получение урожая 35 ц/га.

Авторами было установлено, что значение поглощающего потенциала на удобренных делянках во всех слоях почвы было больше, чем на неудобренных. Общее количество поглощенных в течение вегетации элементов питания составило: из пахотного слоя — 80—85%; из слоя 20—40 см — 15—19%, а из слоев глубже 60 см — совсем незначительную часть. Таким образом, поглощающий потенциал создается в основном корнями, расположенными в пахотном слое. Эти результаты получены в иной климатической зоне и без орошения, для данной же работы представляют интерес лишь в методическом отношении.

Развитие корневой системы яровой пшеницы в условиях Ростовской области на остаточно-солончаковатом черноземе изучалось автором путем определения массы корней по горизонтам в почвенном монолите площадью 442 см и глубиной до 1 м в фазу начала восковой спелости. Почвенные монолиты отрывали на поливных и контрольных делянках полевого опыта. Кроме того,

определили массу корней яровой пшеницы, выращенной в лизиметрах, используемых для изучения транспирации и физического испарения с поверхности почвы. Площадь почвенного монолита в лизиметрах была тоже равна 442 см², так как при зарядке сосудов использовался один и тот же струг. Сравнение полученных результатов в сосудах и в полевых опытах показало их существенное различие. В сосудах масса корней по горизонтам различалась в меньшей мере, чем в условиях полевого опыта. В дальнейшем будем пользоваться только данными полевого опыта.

В таблице 40 приведены данные о развитии корневой системы в расчете на монолит площадью 442 см² и объемом 8840 или 17 680 см³, в зависимости от глубины горизонта.

Таблица 40

Масса корневой системы яровой пшеницы в фазу восковой спелости по горизонтам почвы монолита, г

Горизонты почвы, см	Контроль (без орошения)	Полив при 80% ППВ	Отношение контроля к варианту с поливом
0—20	3,58	6,75	0,53
20—60	2,30	5,44	0,42
60—100	0,66	0,93	0,71
0—100	6,54	13,12	0,50

Масса корней пшеницы в метровом слое почвы при орошении оказалась в 2 раза больше, чем в контроле. Наибольшее превышение было в слое 20—60 см, равное 140%, в слое 0—20 см —90% и наименьшее в слое 60—100 см —40%. Эти данные свидетельствуют о большой роли слоя 0—60 см, на который приходится 90—93% массы корней.

Наиболее мощную корневую систему при орошении развивают озимая пшеница, кукуруза и другие культуры (Грамматикати, 1966; Шатилов, Сафонова, 1973; Кружилин, 1944; Моисеев, 1966).

В таблице 41 приведены данные о глубине распространения корней основных культур при орошении.

Глубина проникновения корневой системы зависит от почвенных условий и индивидуальных особенностей ра-

Таблица 41

Глубина распространения корней основных культур

Культуры	Глубина, м	Автор
Рис	0,3—0,4	П. С. Ерыгин (1950)
Хлопчатник	1,5—2,0	И. В. Красовская (1955), А. И. Шлейхер (1967) и др.
Пшеница озимая и яровая	2,0—2,2	А. П. Модестов (1932)
Кукуруза	2,4—2,6	А. С. Кружилин (1947) и др.
Сахарная свекла	2,7—2,8	А. С. Кружилин (1947) и др.
Люцерна	5,0	Д. Н. Прянишников (1953) и др.

стений. В естественных условиях решающее значение в реализации этих особенностей имеют свойства почвы, ее плотность, условия питания и влажности, а также фитоценологическая обстановка. При плотности почвы 1,4—1,5 г/см³ рост корней многих культурных растений резко замедляется или вовсе приостанавливается.

Для степной зоны А. А. Роде была разработана схема подразделения почвенных горизонтов в зависимости от мощности распространения корневой системы растений. Первый слой мощностью 0—20 см максимально насыщен корнями, а на долю слоя 0—50 см в черноземных почвах их приходится 80—85%.

Раскрытие закономерностей поступления питательных веществ в растение, как отмечалось выше, связано с более глубоким изучением сопряженных режимов — питательного и влажности почвы. Этот вопрос приобретает также и общебиологическое значение, так как объясняет природу образования и деятельность вторичной и придаточной корневой системы растений, появляющейся на более позднем этапе их развития.

Можно предположить, что одна из главных причин появления этих корней — значительные колебания влажности в верхнем слое почвы, при которых длительное время произрастали растения.

В естественных условиях увлажнения в этом слое даже за короткую жизнь одного эфемерного растения может неоднократно изменяться влажность — от характеризующей полное влагонасыщение до влажности завядания. В процессе эволюции злаковые растения при-

способились получать воду из верхнего переменно увлажненного слоя с помощью вторичных корней, а из более глубоких слоев — с помощью первичной корневой системы. Вторичные, или узловые, корни у злаков развиваются позже первичных зародышевых корешков и отличаются от последних большей толщиной, обилием корневых волосков, лучшей способностью усвоения влаги из верхних слоев почвы. Это свойство злаков позволяет им более полно усваивать влагу из глубоких слоев почвы с помощью первичных и колеоптильных корней, а из верхних переменно увлажненных во время вегетации слоев — с помощью вторичных корней. Верхний слой почвы с его максимальным содержанием доступных питательных веществ постоянно сохранял свою большую роль. В этом слое самая высокая плотность деятельной корневой системы, способной даже в условиях переменного увлажнения получить потребное количество питательных веществ.

Учитывая особенности развития корневой системы сельскохозяйственных культур при орошении и зависимости этих процессов от способов полива, типов почв и других условий, анализ материалов по типам водного режима почвы проводится дифференцированно по трем основным горизонтам и по всему слою активного водопотребления.

В слое активного водопотребления почвы выделяется верхний 20-сантиметровый горизонт, режим влажности которого в значительной мере отличается от более глубоких горизонтов своей резкой изменчивостью. Вместе с тем 20-сантиметровый слой играет важную роль в динамике питательного режима почвы. Именно из этого слоя растения получают основные питательные вещества, которые либо вносятся в него в виде минеральных удобрений, либо создаются в нем в результате химических превращений и почвенных процессов.

Расположенный глубже второй горизонт почвы (20—60 см) обычно содержит более устойчивые запасы почвенной влаги, потребление которых корневой системой растений начинается несколько позднее, чем из первого слоя, и продолжается в течение более длительного периода вегетации.

Третий горизонт почвы, также мощностью 40 см, начинается с глубины 60 см и завершается на глубине 100 см, содержит наиболее устойчивые запасы почвен-

ной влаги, потребление которых относится обычно ко второму периоду вегетации, когда растения имеют хорошо развитую вегетативную массу и мощную корневую систему.

Наконец, четвертый слой обычно выделяется в специальных исследованиях с влагозарядковыми поливами, его мощность равна 100 см, а начинается он с глубины 1 м.

Что касается еще более глубоких слоев почвогрунта, то их роль несколько отличается от вышеупомянутых. Анализ водного режима глубинных слоев почвы проводится только применительно к тем видам орошения, при которых достигается глубинное увлажнение почвогрунта, например к лиманному.

Наиболее полное регулирование режима влажности почвы с помощью поливов достигается на землях с глубоким залеганием грунтовых вод, когда исключено их смыкание с оросительной водой.

Глубина увлажнения h_1 за счет оросительной воды и осадков и высота капиллярного подъема грунтовых вод h_2 в сумме оказываются меньше глубины H, измеряемой от дневной поверхности почвы до горизонта грунтовых вод $H > h_1 + h_2$. Между h_1 и h_2 остается прослойка h_3 сухого почвогрунта толщиной, равно меняющейся как в течение одного года, так и в многолетнем плане.

Запасы влаги в активном слое почвы в течение вегетации колеблются от максимальных величин, создающихся сразу после полива, до минимальных в конце межполивного периода. По значению этих колебаний можно судить о качестве применяемого способа полива, полагая, что более совершенным является тот способ, при котором можно полностью удовлетворить потребность растений в воде, не ставя их в условия избыточного или недостаточного увлажнения почвы. В производственных условиях на больших площадях этому требованию наиболее полно отвечает полив с помощью дождевальных машин. В зоне древнего орошения благодаря высокой квалификации поливальщиков достигается хорошее управление водным режимом почвы с помощью поверхностных поливов по бороздам или полосам.

При изложении экспериментальной части в целях более точного анализа условий и описания методики опытов материал сгруппирован по культурам. Такая схема

позволила дать более детальный анализ водного режима почвы и его влияния на рост, развитие и водопотребление сельскохозяйственных культур.

I ТИП ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ — ПОЛНОСТЬЮ РЕГУЛИРУЕМЫЙ В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД

Полностью регулируемый тип водного режима почвы характерен для технически совершенных оросительных систем. Непременным условием является также применение достаточно гибкого режима орошения и совершенной высокопроизводительной техники полива, допускающей маневрирование поливами во времени, осуществление полной увязки поливов с погодными условиями и меняющимися в онтогенезе требованиями сельскохозяйственных культур.

Наиболее важная особенность регулируемого водного режима — это создание оптимальных запасов влаги в активном слое почвы и поддержание их в период всей вегетации. Этому требованию отвечают такие режимы орошения, которые обеспечивают за любой отрезок вегетации следующее соотношение суммарного водопотребления данной культуры и запасов почвенной влаги:

$$S \leqslant W,$$

где W — запасы почвенной влаги, м³/га; S — суммарное водопотребление культуры, соответствующее оптимальному уровню в данных условиях, м³/га.

Только в том случае можно рассчитывать на максимальный урожай, если в течение вегетации фактические запасы влаги в почве будут соответствовать водопотреблению на протяжении каждого этапа органогенеза.

Конечно, надо всегда иметь в виду условность применяемых терминов точности регулирования. Даже при самых совершенных способах орошения, например в лабораторных условиях, действующих в автоматическом режиме, приходится создавать резервные запасы влаги, как бы предупреждающие проявление водного дефицита. В производственных условиях обычно проявляется и другая крайность — излишнее истощение запасов почвенной влаги перед очередным поливом. Кроме того, сами растения потребляют влагу по очень сложному графику. Достаточно указать лишь на цикличные изменения в течение суток, их нарастание по периодам вегетации и умножение изменений в жизни каждого растения.

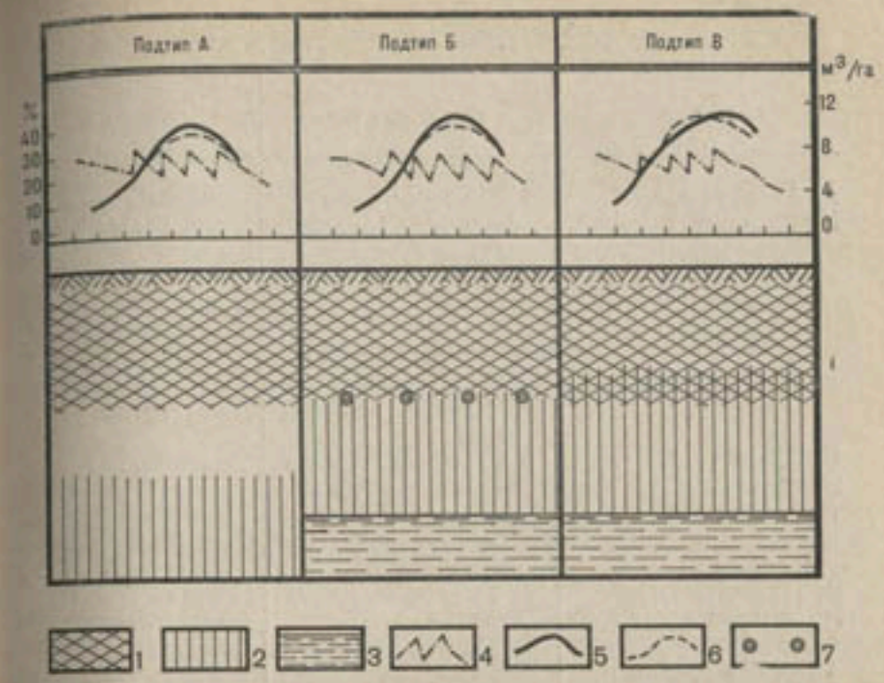


Рис. 12. I тип водного режима почвы:

1 — зона увлажнения осадками и поливами; *2* — зона увлажнения грунтовыми водами; *3* — грунтовые воды; *4* — влажность почвы; *5, 6* — суммарное водопотребление фактическое и расчетное; *7* — дрены.

В составе полностью регулируемого водного режима почвы выделены следующие подтипы и разновидности (табл. 42, рис. 12).

В приведенной схеме полностью регулируемого типа водного режима почвы при орошении даны лишь основные контуры классификационных единиц. Особенности поливного режима отдельных культур рассмотрены в аналитической части работы, на конкретных примерах.

Подтип I-А-01 автономный с глубоким промачиванием почвогрунта наиболее характерен для новых орошаемых земель Поволжья (сыртовая часть), предгорий Северного Кавказа, южных областей Украины. Почвенный покров здесь представлен черноземными и каштановыми почвами.

При этом подтипе источником водообеспечения корневой системы растений являются осадки и поливы. Подпитывание корнеобитаемого горизонта из нижних слоев грунта капиллярным путем исключено.

Таблица 42

Полностью регулируемый водный режим почвы — тип I

Подтип	Разновидности	Способы полива
А. Автономный. На землях с глубоким уровнем грунтовых вод (без влияния капиллярной каймы)	01. Глубокое промачивание грузными нормами	Поверхностные — по бороздам и полосам
	02. Умеренное промачивание	То же
		Поверхностные дождевание
	03. Комбинированное промачивание	То же
	04. Мелкое промачивание	Дождевание
Б. Промывной. На землях с близким уровнем грунтовых вод при наличии дренажа	05. Глубокое промачивание грузными нормами	Поверхностные
	06. Комбинированное промачивание	Поверхностные дождевание
В. Подпертый. На землях с близким уровнем грунтовых вод без дренажа	07. Умеренное промачивание	Поверхностные дождевание
	08. Мелкое промачивание	Дождевание
Г. Точное регулирование	09. Увлажнение, адекватное суммарному испарению в каждый период вегетации	Капельное и подпочвенное орошение, импульсное дождевание

Автономный режим формируется и в республиках Средней Азии на сероземах, чаще всего на вновь осваиваемых массивах в первые три-четыре года или в течение более продолжительного времени, зависящего от гидрогеологических особенностей и четкости выполнения организационно-технических мероприятий. Его можно, в свою очередь, подразделить на неустановившийся, или переходный, и устойчивый автономный. Через какое-то время этот подтип может перейти в подтип I-Б или I-В.

На отдельных массивах, где почвенный покров подстилается мощной толщей галечника и хорошо дренирован, например в предгорной зоне Северного Кавказа (Алханчуртская, Мало-Кабардинская и Лабинская оросительные системы), автономный тип I-А является устойчивым. Вполне понятно, что комплекс организационно-технических мероприятий по первичному освоению

и сельскохозяйственному использованию земель с переходным и устойчивым режимом грунтовых вод имеет свои особенности.

Эффективность мероприятий по формированию водного режима почвы подтипа I-А с неустановившимся режимом грунтовых вод зависит от ряда факторов, заслуживающих тщательного изучения. В качестве примера можно сослаться на опыт освоения земель Голодной степи. В первых совхозах Юго-Восточного массива построенная в лотках оросительная сеть оказалась неспособной обеспечить подачу оросительной воды в количестве, потребном для освоения вводимых в действие новых площадей.

Целинные земли в первые годы обладают совершенно иной характеристикой водно-физических «констант», чем получаемые на основании лабораторных анализов. Наибольшие расхождения касаются водопроницаемости и влагоемкости почвогрунтов, плотности и коэффициентов фильтрации, то есть тех показателей, на основании которых строится гидравлический расчет каналов, устанавливается режим орошения и др. Как правило, в период первичного освоения целинных земель требуются повышенные поливные нормы, иногда в 1,5—2 раза больше расчетных. Если это не учтено в проекте, то, как правило, в первые два-три года хозяйства вынуждены устраивать дополнительные оросительные каналы в земляных руслах, нарезаемых параллельно с рядом расположенными лотковыми водоводами. Помимо дополнительных затрат труда и средств, это нередко приводило к порче лотков в связи с просадками грунта и к другим нежелательным явлениям. Без устройства же таких оросителей оставались неполитыми значительные площади посевов хлопчатника. В последующем эти особенности были учтены проектировщиками, и в настоящее время оросительную сеть строят с расчетом форсированной подачи воды в первые три года освоения новых земель.

Аналогичная картина с освоением новых земель складывалась и в европейской части страны. Она характерна для всех ранее не орошаемых земель с непромывным типом водного режима (А. А. Роде). Подача большого объема воды на поле приводит к увеличению потерь на фильтрацию за пределы корнеобитаемого слоя почвогрунта, подъему грунтовых вод, для предотвраще-

ния которого требуются дополнительные дорогостоящие мероприятия.

На массивах с возможным подъемом грунтовых вод необходимо осуществлять мероприятия по предупреждению этого процесса, в первую очередь организационно-технические: упорядочить все работы на поливе, шире применять дождевальные многоопорные машины.

Автономный подтип с устойчиво глубоким уровнем грунтовых вод на массивах с хорошим естественным дренажем не требует дорогостоящих мероприятий по отводу оросительной воды, профильтровавшейся за пределы корнеобитаемого слоя почвы. Но на таких массивах возрастает опасность чрезмерных потерь воды при грузных нормах и вымывания из почвогрунта подвижных питательных веществ. Вместе с тем при строгом соблюдении разработанных рекомендаций по режиму орошения и питательного режима почвы на землях с автономным подтипом можно получать высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур.

Особенно благоприятны такие земли для выращивания технических, зерновых, многолетних плодовых насаждений и других ценных культур. Эти почвы, как правило, не засолены и хорошо отзываются на орошение достаточно высокими нормами.

Поливы грузными нормами позволяют несколько сгладить трудонапряженность в весенне-летний период в связи с тем, что сокращают число поливов за вегетацию при практически одинаковой оросительной норме. Большое значение имеет также сокращение потерь воды на испарение с поверхности почвы. При частых поливах поверхность почвы в течение длительного времени бывает переувлажненной, сильнее нарушается ее структура. А в таком состоянии потери почвенной влаги на физическое испарение резко возрастают (Аверьянов, Айдаров, 1972; Морозов, Попов, 1971, и др.).

Глубокое промачивание почвы грузными нормами оказывается эффективным не только в зоне хлопководства. Оно получило высокую оценку и в европейской части страны, на Северном Кавказе и в Поволжье. Преимущества поливов грузными нормами особенно четко проявляются при орошении кукурузы, люцерны и других культур, имеющих очень мощную корневую систему и отличающихся высоким водопотреблением в период полного развития вегетативной массы.

Поливы грузной нормой имеют неоспоримое преимущество, когда требуется создать в почве запас воды на длительный период впрок, например при осенней влагозарядке.

Величина поливных норм зависит не только от требований культуры и желания поливальщика, но и от способа полива, от водно-физических свойств почвы. Поверхностные поливы по бороздам и полосам обеспечивают равномерное увлажнение почвы на поле при норме 800—1000 м³/га. При таких способах невозможно равномерно увлажнить поле нормой 300 м³/га. Поэтому выбор способа полива и параметров поливной сети — глубины и длины борозд и полос как бы предопределяет диапазон колебания поливных норм, что должно заранее учитываться по технологии возделывания данной культуры.

Подтип I-А-02 автономный с умеренно глубоким промачиванием почвы до 0,8 м наиболее распространен во всех зонах орошения. Такой режим отвечает требованиям овощных и зерновых, многих кормовых и технических культур. Поливы проводят по полосам и бороздам, а также дождеванием. Наиболее надежно сроки полива при этом подтипе определяют по снижению влажности почвы до порога 70 или 80% полевой влагоемкости.

При орошении пропашных культур обязательны послеполивные рыхления. Они снижают потери воды на физическое испарение и предупреждают образование почвенной корки, угнетающей рост и жизнедеятельность корневой системы растений. Поля, занятые зерновыми колосовыми и кормовыми сплошного сева, после поливов до фазы кущения, то есть в начале вегетации, полезно обработать легкими боронами или ротационными мотыгами.

При проведении поливов очень важно обеспечить равномерное увлажнение почвы. Общая оценка данного подтипа режима почвенной влаги самая высокая. Соблюдение поливного режима этого типа и агротехнических приемов обеспечивает получение самых высоких урожаев сельскохозяйственных культур и повышение плодородия почвы. Подтип I-А-02 можно отнести к наиболее желательным. При режиме этого подтипа создается наименьшая опасность проявления вторичного засоления.

Подтип I-А-03 с комбинированным увлажнением почвы с помощью поверхностных поливов, обеспечивающих

глубокое промачивание почвы, и вегетационных поливов дождеванием. В последние годы довольно широко применяется в европейской части при возделывании озимых культур. Осеннюю влагозарядку проводят по бороздам или полосам большой нормой. По мере поспевания почвы поливную сеть заравнивают и проводят предпосевную обработку, а затем и посев. В весенне-летний период вегетации поливы проводят дождеванием с промачиванием верхнего слоя активного водопотребления меньшими нормами.

Достоинства такого подтипа водного режима почвы состоят в следующем. Во-первых, глубинное увлажнение позволяет подстраховать или гарантировать минимально необходимое водообеспечение растений в осенний и ранневесенний периоды вегетации озимых культур. Во-вторых, на фоне глубинных запасов создаются условия для проведения вегетационных поливов меньшей нормой по мере иссушения верхнего слоя почвы. И, наконец, на поле отсутствует поливная и мельчайшая оросительная сеть, все работы по уходу за посевами и уборка урожая могут быть механизированы.

Подтип А-04 автономный формируется с помощью полива дождеванием. В связи с внедрением новых дождевальных машин «Фрегат», «Волжанка» и других создалась возможность полностью перейти на поливы дождеванием без поверхностных поливов. Еще до появления этих машин дождевание стало широко применяться в Молдавской ССР, на юге Украины и во многих областях Северного Кавказа. В производственных условиях этот способ получил высокую оценку.

Вместе с тем в отдельных хозяйствах при возделывании кукурузы и других культур, отличающихся повышенной требовательностью к воде во второй половине вегетации, когда развивается мощная вегетативная масса, допускались подсушки.

Эта культура отличается особенно высоким стеблестоем, и не все дождевальные агрегаты обеспечивают требуемое увлажнение почвы на необходимую глубину. Чаще всего это происходит из-за отсутствия контроля за качеством полива, когда не соблюдается необходимое число проходов ДДА-100М, допускается недополив.

Подтип I-Б-05 промывной формируется с помощью поливов грузными нормами. Нашел широкое применение в хлопкосеющих хозяйствах Средней Азии. Одно

из главных условий его обеспечения — наличие дренажа, способного отводить из активного слоя почвы сильно минерализованные грунтовые воды. В этом случае в общем виде складывается следующая обстановка. Начиная с осенне-зимнего и ранневесеннего периода на специально подготовленном поле проводят промывку. За несколько тактов поданная на поле пресная вода как бы выжимает минерализованную воду в более глубокие слои почвогрунта, а в верхнем слое образуется «подушка» пресной воды. Она-то и является основным источником обеспечения влагой корневой системы растений. В период вегетации с помощью поливов грузными нормами постоянно пополняется и поддерживается запас пресной воды в активном слое почвы.

Подтип I-Б-06 с умеренным или комбинированным промачиванием—вторая разновидность промывного подтипа. В этом случае водный режим почвы складывается за счет поливов грузными и обычными нормами. В допосевной период поливы проводят грузной нормой — так называемые запасные, а в вегетационный — умеренными нормами.

На почвах с высоким уровнем стояния грунтовых вод, когда капиллярная кайма достигает корнеобитаемого слоя почвы и выходит на дневную поверхность или смыкается с оросительной водой, динамика влажности почвы характеризуется особенностями, отраженными на рисунке 12.

На засоленных и склонных к вторичному засолению землях наиболее эффективным оказался промывной режим орошения и устройство горизонтального дренажа. Вертикальный дренаж хотя и применяется в Голодной степи, но лишь на ограниченных площадях.

В литературе часто употребляются термины «глубокий» и «мелкий» горизонтальный дренаж. Принципиальное различие между ними заключается в способности дренажа поддерживать уровень грунтовых вод на той или иной глубине. Глубоким называется такой дренаж, при котором можно поддерживать уровень грунтовых вод на абсолютной критической глубине, при которой даже предельно сильная минерализация вод не может вызвать засоления активного слоя почвы независимо от погодных условий, растительного покрова и качества обработки почвы. Для суглинистых грунтов эта глубина составляет 5—6 м.

Под критической глубиной залегания грунтовых вод, по Н. Н. Антипову-Каратаеву (1955), понимается такая их глубина, при которой вторичное засоление только начинает проявляться даже при правильном орошении.

Дренаж, работающий при глубинах грунтовых вод выше критической, считается мелким. Именно к таким и относится большая часть дренажных систем, в том числе и голодностепских, как в новой зоне (3,0—3,4 м), так и в старой, где он заложен еще мельче — на глубине 2,0—2,5 м.

Мелкий дренаж эффективно работает в сочетании с промывным поливным режимом. Работа глубокого дренажа не увязывается с поливным режимом, считается, что при любом поливном режиме этот дренаж предотвращает процессы засоления. Конечно, имеется в виду правильное орошение, при котором соблюдаются основные технические требования.

При промывном режиме орошения оросительная вода подается на поля в избыточном количестве. Благодаря избыточному объему пресной воды засоленные грунтовые воды будут как бы отжаты в дренажную сеть. В этом случае происходит опреснение верхних горизонтов почвы за счет создания нисходящего тока воды определенной интенсивности, при котором подавляются восходящие токи солей.

По проработкам С. Ф. Аверьянова (1972), чтобы в активном слое почвы не происходило накопления солей, должно быть выполнено следующее условие: дренажный сток (D) должен равняться 10÷30% оросительной нормы, то есть $D/M.100 = 10 \div 30\%$.

Очень важную роль в предотвращении засоления играет поливной режим, согласованный с динамикой минерализованных грунтовых вод. В межполивной период происходят изменения минерализации почвенной влаги: уменьшение ее минерализации (опреснение) под воздействием пресной оросительной воды, поступающей с поверхности почвы, и засоление под воздействием минерализованных грунтовых вод.

По данным исследований, при промывном поливном режиме еще до сработки всего слоя пресной воды необходимо провести дополнительное увлажнение. С другой стороны, сработка грунтовых вод недопустима ниже критического уровня минерализованных грунтовых вод, ибо в этот момент прослойка пресной воды в верхних

горизонтах отсутствует, и опреснительный эффект сводится на нет.

По данным А. Н. Морозова и Г. Н. Попова (1971), глубина стояния грунтовых вод в период вегетации хлопчатника должна обеспечиваться в пределах от 2,1 до 2,8 м от поверхности. Более высокий уровень нежелателен, так как увеличивается испарение и снижается урожайность хлопчатника. В совхозе № 1 Голодной степи опытным путем было определено, что снижение грунтовых вод глубже 2,8 м также приводило к падению урожая. Исследованиями было установлено, что поливную норму можно вычислить из допустимого предела иссушения метрового слоя почвы. При наименьшей влагоемкости в метровом слое содержится влаги 3000 м³/га, что соответствует глубине грунтовых вод 2,1 м, а влажности 75% наименьшей влагоемкости соответствует глубина грунтовых вод 2,8 м. На этом основании подсчитана оптимальная глубина залегания грунтовых вод. Для условий Голодной степи она равна в среднем 2,45 м (от 2,1 до 2,8 м). Именно эта глубина принимается для новой зоны орошения в качестве критической.

Несколько иную трактовку получает поливная норма, рациональная для земель с высоким стоянием грунтовых вод при промывном режиме орошения. Она определяется из условий регулирования уровня грунтовых вод в интервале от 2,1 до 2,8 м и наименьших потерь на испарение. Этим условиям отвечает норма около 2500 м³/га. При ее уменьшении возрастает общегодовая оросительная норма, так как приходится давать большое число поливов и увеличиваются потери на испарение.

Вышеприведенные данные по увязке поливного режима с регулированием уровня грунтовых вод за счет дренажного сброса и являются наиболее характерной особенностью регулируемого типа динамики влажности почвы на землях с высокими грунтовыми водами, обеспеченных коллекторно-дренажной сетью. В данном случае необходимо особое внимание уделять анализу влажности глубоких горизонтов почвогрунта.

Подтипы I-В-07 и I-В-08 подпертые формируются при орошении на землях с близким уровнем грунтовых вод, когда на массиве нет дренажной сети. Это в наибольшей мере относится к старым системам, где не закончена реконструкция. Аналогичная обстановка может быть соз-

дана и на новых системах малого орошения, которые строят, как правило, без дренажа. Характерен он для значительной площади орошаемых земель в зоне донских оросительных систем (Азовская, Нижне-Донская, Багаевско-Садковская), юга Украины (Ингулецкая и Краснознаменская), для Поволжья (Генераловская и Варваровская оросительные системы).

Запасы почвенной влаги при этом подтипе создаются за счет осадков и поливов, поступающих через дневную поверхность почвы, а также путем подпитывания из грунтовых вод. В этом случае особо важное значение приобретает характер почвогрунтов, их засоление и минерализация грунтовых вод, условия водооттока. Нередки случаи, когда из-за неблагоприятных гидрогеологических условий на замкнутых блюдцеобразных понижениях, называемых на юге Украины подами, а в Поволжье и на Северном Кавказе лиманами, выступившая на поверхности почвы вода длительное время задерживается в виде плесов. Организация правильного орошения с регулируемым типом водного режима почвы на таких землях возможна только после проведения специальных мероприятий по дренированию территории с помощью горизонтального или вертикального дренажа.

В случае близкого залегания грунтовых вод на незасоленных почвах поливы грузными нормами нежелательны, даже осенние предпосевные поливы под озимые культуры проводят нормой 500—600 м³/га с помощью поверхностных поливов или дождеванием. В сильно засушливую осень иногда потребуется несколько поливов дождеванием до посева и по всходам. В этом одно из главных преимуществ поливов дождеванием. Такие повсходовые поливы показали высокую эффективность (Козин, 1970).

При соблюдении разработанных рекомендаций по режимам орошения, свойственным регулируемому типу влажности почвы, можно получать высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Этот подтип по шкале балльных оценок потенциальной урожайности занимает высокое место. Однако нередки случаи резкого падения урожаев у культур, чувствительных к избыточному увлажнению и слабой аэрации почвы, например у картофеля, люцерны, зерновых и др.

В зоне крупных оросительных систем с подпертым режимом увлажнения в настоящее время ведутся специ-

альные мелиоративные работы по строительству дренажной и сбросной сети.

Подтип I-Г-09 точно регулируется (программируется) и поддерживается в заданном режиме с помощью капельного и подпочвенного орошения, импульсного дождевания и др.

В последнее время усилился поиск новых способов орошения, позволяющих подать воду непосредственно в зону распространения корневой системы, чтобы полностью удовлетворить в ней потребности растений и вместе с тем свести к минимуму потери оросительной воды. При поливе многоопорными машинами типа «Фрегат» или «Волжанка» значительная часть поданного к полю объема воды теряется на испарение во время полета капель дождя в приземном слое воздуха, не меньший объем влаги расходуется на испарение с поверхности почвы, и суммарные потери во многих случаях превышают объем полезно используемой влаги.

При подпочвенном орошении достигается значительное сокращение потерь влаги на испарение с поверхности почвы, ибо самый верхний слой остается почти сухим и выполняет роль естественного мульчэкрана. Однако при подпочвенном орошении возрастают потери на глубинную фильтрацию. Именно по этой причине в ряде случаев, например на легких почвогрунтах, такое орошение неэффективно.

Оригинально решается подача оросительной воды к растениям и достигается сокращение ее потерь на испарение с поверхности почвы при капельном орошении.

Вода подается на ограниченные площадки (точнее в одну или несколько точек), непосредственно связанные с зоной развития корневой системы растений. Увлажненная часть поля обычно хорошо затеняется кроной растений, потери влаги на физическое испарение здесь значительно меньше, чем в открытых междурядьях. Большая часть поля, представленная междурядьями, сохраняет естественную влажность и остается очень сухой, физическое испарение сохраняется в таких же размерах, как и на неорошаемых полях. Наконец, третий путь сокращения потерь на испарение достигается за счет того, что вода распределяется по полю по трубкам малого диаметра, никакой открытой оросительной сети здесь нет.

При капельном орошении одновременно с водой обычно вносят и минеральные удобрения в растворенном виде.

Общая экономия затрат оросительной воды при капельном орошении составляет 50—60% по сравнению с дождеванием. Кроме того, капельное орошение поддается полной автоматизации, оно применимо в условиях холмистого рельефа без капитальных планировок, не вызывает образования на поверхности поля солевых корок, не стимулирует развития сорной растительности, позволяет беспрепятственно механизировать обработку почвы, защитные опрыскивания растений ядохимикатами и уборку урожая.

Капельное орошение применяется преимущественно в садах и на виноградниках, на плантациях бахчевых, отдельных овощных и технических культур.

Стоимость строительства систем капельного орошения еще велика: в США —1—3 тыс. долл/га, в Израиле на овощных плантациях —1,3—2,4 тыс. долл/га, в плодовом саду — 1—1,3 тыс. долл/га. Эффективность таких систем высокая благодаря повышению урожайности, сокращению затрат оросительной воды и резкому уменьшению эксплуатационных затрат на поливе.

II ТИП ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ — ЧАСТИЧНО РЕГУЛИРУЕМЫЙ

Частично регулируемый тип водного режима почвы создается при влагозарядковом орошении с глубоким разовым промачиванием почвогрунта без применения вегетационных поливов и, кроме того, на землях лиманного орошения или в зоне оросительных систем с недостаточно обеспеченными водными источниками. Второй тип имеет следующие подтипы и разновидности (табл. 43).

Частично регулируемый водный режим почвы подразделяется на три обособленных подтипа: влагозарядковый (А), лиманный (Б) и укороченный (В), сами названия которых предопределяют специфику орошения и создаваемого при этом характера водообеспечения растений. Некоторого пояснения требуют соображения, по которым выделены в самостоятельный подтип В такие емкие по своему объему разновидности, как орошение из малых водоемов, орошение полей-спутников и услов-

Таблица 43

Частично регулируемый водный режим почвы — тип II

Подтипы	Разновидности	Способы полива и особенности орошения
А. Влагозарядковый	01. Осенняя влагозарядка грузными нормами	Поверхностные способы
Однократные поливы грузными нормами	02. Весенние разовые влагозарядковые поливы (предпосевные)	То же
Б. Лиманный	03. Затопление естественных лиманов	Затопление
	04. Затопление искусственных лиманов	»
В. Укороченный	05. Орошение из малых водоемов	С помощью передвижного поливного оборудования
	06. Орошение полей-спутников	Дождевание и поверхностные способы
	07. Условно орошаемые земли Средней Азии	Поверхностные способы

но орошаемые земли. Действительно, каждая из этих разновидностей заслуживает быть выделенной в самостоятельный подтип, однако их объединяет один общий признак — неполное регулирование водного режима почвы. На том или ином этапе органогенеза растения оказываются не обеспеченными влагой. По этой причине урожай возделываемых при укороченном орошении культур колеблется в значительном интервале: от величин, свойственных богарному земледелию, до высоких урожаев, характерных для регулируемого типа. Поэтому можно считать правомерным отнесение их к разновидностям укороченного подтипа частично регулируемого водного режима почвы (рис. 13).

Подтипы II-А-01 и II-А-02 влагозарядковые включают две разновидности, устанавливаемые по времени проведения полива. С этим связаны различия в характере водного режима почвы и протекающих в ней процессов, а также в условиях проведения послеполивных обработок и других агротехнических приемов.

Осенняя влагозарядка II-А-01 под яровые культуры отделена от начала вегетационного периода на 6—7 месяцев. Весенняя влагозарядка II-А-02 под яровые культуры и осенняя под озимые проводится за сравнительно

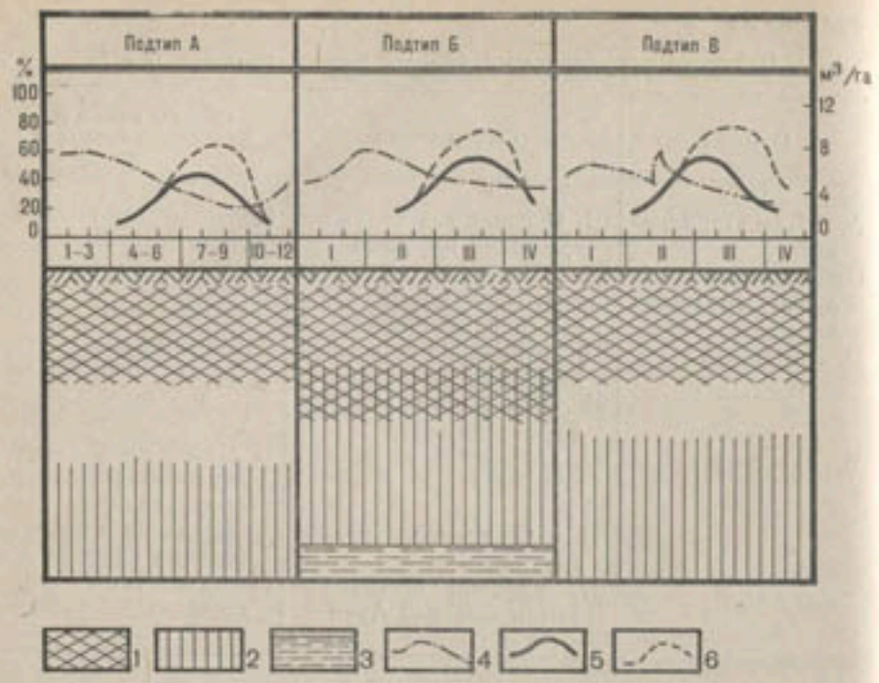


Рис. 13. I тип водного режима почвы:
1 — зона увлажнения осадками и поливами; *2* — зона увлажнения грунтовыми водами; *3* — грунтовые воды; *4* — влажность почвы; *5, 6* — суммарное водопотребление фактическое и расчетное.

короткое время до начала вегетации растений. Особенности использования запасов почвенной влаги в первом и во втором случаях существенно различаются, с чем приходится считаться при выращивании орошаемых культур.

Земли влагозарядкового орошения (ВЗО) в большинстве случаев используют для возделывания кормовых культур: кукурузы на силос, однолетних трав. К сожалению, на полях ВЗО плохо чувствует себя такая ценная кормовая культура, как люцерна. Ее посевы быстро изреживаются, не выдерживают полива затоплением, который здесь является основным. А однолетние травы или зерновые колосовые, высеваемые на кормовые цели, на таких полях дают невысокие урожаи при значительных издержках производства.

В настоящее время в стране насчитывается около 12 тыс. га земель ВЗО, из них в зоне Поволжья более 60%. В европейской части страны применяют главным

образом осеннюю влагозарядку, при которой создается частично регулируемый водный режим почвы — II-А-01. Агромелиоративная оценка этого подтипа частично регулируемого режима может даваться в увязке с видом возделываемых культур. Наиболее высокую прибавку урожая при водном режиме подтипа II-А-01 дают озимые зерновые культуры, значительно ниже она у яровых культур, которые в достаточной мере реагируют на осеннюю влагозарядку. В порядке убывающей эффективности возделывания при влагозарядке основные культуры можно представить в виде следующего ряда: озимая пшеница, люцерна, сахарная свекла, хлопчатник, кукуруза, яровая пшеница, однолетние травы. Оценка дана на основании анализа продуктивности посевов на полях ВЗО в производственных условиях и данных научно-исследовательских учреждений.

О запасах общей и продуктивной влаги в метровом слое различных почв при разных пределах увлажнения можно судить по данным таблицы 44.

Таблица 44

Запасы общей и доступной влаги в метровом слое почв

Почва	Запасы влаги, м³/га		
	общие при наименьшей влагоемкости НВ	в том числе доступная	из них легкодоступная
Чернозем южный	3000	1140	875
Чернозем предкавказский	3150	1600	780
Чернозем обыкновенный	3850	1850	785
Темно-каштановая	3400	1500	800
Светло-каштановая	3120	1220	835
Комплексы солонцово-солончаковые	3500	1300	770
Сероземы обыкновенные	3200	1400	785
Сероземы светлые	3000	1400	785

Если учесть, что суммарная потребность растений во влаге колеблется для раннеспелых зерновых культур от 3000 до 5500 м³/га, для позднеспелых технических и кормовых культур от 5500 до 12 000 м³, то становится очевидным, что ни в одном типе почвы невозможно создать в метровом слое и даже в двухметровом запасов доступной влаги в количестве, достаточном для удовле-

творения полной потребности растений. В лучшем случае раннеспелые зерновые культуры могут быть обеспечены за счет запасов почвенной влаги лишь на 55—60%. В связи с этим при одной влагозарядке сохраняется зависимость урожая от количества выпадающих осадков и продолжительности бездождных периодов. А как известно, ни то, ни другое не зависит от воли земледельца, и только правильное орошение с применением вегетационных поливов позволяет решить поставленную задачу в полном объеме.

Таким образом, сущность влагозарядкового орошения заключается в создании запасов влаги в мощном слое почвогрунта заблаговременно, до начала вегетации растений, в объеме, достаточном на весь вегетационный период для формирования сравнительно высокого урожая. Успех этого способа зависит от способности растений усваивать влагу из глубоких слоев почвы.

Исследованиями О. Г. Грамматикати (1961, 1966), Е. Г. Петрова, О. Г. Грамматикати (1958), А. С. Кружилина (1936, 1954) и других установлено, что зерновые и многие другие культуры способны создавать глубокую корневую систему, с помощью которой они забирают влагу из нижних слоев почвогрунта. Это позволило более уверенно подойти к практическому использованию возможностей влагозарядкового орошения.

Эффективность влагозарядок зависит также от способности почвы впитывать и удерживать длительное время значительное количество влаги. При этом предполагалось, что влага, запасенная впрок, может быть полностью или частично использована корневой системой, проникающей в толщу почвогрунта. Некоторая часть почвенной влаги может быть подтянута из глубоких слоев и также потреблена корнями.

Подтип II-А-02 (весенние и летние влагозарядки) в системе правильного орошения находят применение под пожнивные посевы во всех зонах страны, а под урожай яровых культур, например под хлопчатник, — преимущественно в республиках Средней Азии и Закавказья. В этой зоне влагозарядку или запасные поливы проводят в осенне-зимний или ранневесенний периоды. Часто роль влагозарядки выполняют промывные поливы. С момента проведения ранневесенней влагозарядки и до посева хлопчатника проходит примерно 20—30 дней. За этот период почва успевает поспеть для предпосевных

обработок и посева в установленные агротехнические сроки. Иные условия складываются в европейской части страны, где весна наступает значительно позднее и весенние влагозарядки вызывают значительные задержки в поспевании почвы, отодвигают сроки посева культур, что в итоге приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

С внедрением многоопорных высокопроизводительных дождевальных машин типа «Фрегат» значительно повысится маневренность поливов с последующими обработками почвы, что позволит расширить проведение ранневесенних поливов по крайней мере под поздние культуры, например под кукурузу.

Уровень урожайности сельскохозяйственных культур при частично регулируемом режиме II-А-01 и II-А-02 колеблется по годам даже по одной и той же культуре.

Подтип II-Б-03 лиманный характерен для наиболее древнего и самого простого способа орошения, сложившегося в степной зоне с ее особыми рельефными условиями. На замкнутые, блюдцеобразные понижения — лиманы — весной с примыкающих территорий поступают талые воды. Затем по мере оттаивания почвы происходит насыщение грунта скопившейся в лимане водой. Глубина промачивания почвогрунта на естественных лиманах колеблется по годам от незначительных величин, измеряемых 10—15 см в малоснежные годы, до 1,5—2 м и более в годы с обильными паводками.

Эффективность лиманного орошения в связи с вышеизложенным изменяется по годам также в больших пределах. Поэтому основным способом использования таких угодий является производство кормов, главным образом сена улучшенных естественных сенокосов, или стравливание кормов путем выпаса животных. Издержки производства при выращивании кормов на естественных лиманах бывают незначительными, в несколько раз меньше стоимости полученной продукции. Видимо, наиболее рациональным способом использования естественных лиманов и на перспективу останется производство сена и других кормов. К сожалению, во многих хозяйствах работы по качественному улучшению естественных лиманов, по их залужению и уходу за травостоем проводятся неудовлетворительно.

Естественные лиманы могут служить хорошим подспорьем в организации устойчивой кормовой базы в ма-

лонаселенных животноводческих районах Казахстана и Поволжья (Б. А. Шумаков, Б. Б. Шумаков, 1963; Ларионов, 1964; Шумаков, 1975).

Вместе с тем естественные лиманы имеют и существенные недостатки: неравномерную глубину затопления, прямую зависимость от водности года и др. Как правило, в самые засушливые годы такие лиманы не дают эффекта. Все это заставило разработать специальные мелиоративные и гидротехнические приемы по регулированию глубины затопления путем распределения воды на большой территории. Б. А. Шумаковым разработана система регулирования стока с помощью земляных валов, устраиваемых по горизонталям местности с простейшими перепусками воды, что позволяет автоматизировать процесс затопления лиманов и добиться достаточно равномерного увлажнения почвы на большой площади. Такие лиманы получили название ярусных с мелким слоем затопления (рис. 11). Система ярусного распределения стока использована как метод совершенствования лиманного орошения. В настоящее время разработаны рекомендации и технические указания по созданию искусственных лиманов с регулируемым затоплением, на которых можно организовать стабильное производство кормов не только в виде сена естественных сенокосов, но и путем возделывания кормовых культур, люцерны, кукурузы и др.

Наиболее характерная черта водного режима при лиманном орошении — большая глубина промачивания почвогрунта на 1,5—2,0 м и более. Из такой толщи продуктивно использовать влагу могут растения с мощной корневой системой, например многолетние травы, способные к повторному отрастанию. На лиманах формируются свои фитоценозы, отличающиеся высокими кормовыми достоинствами.

Лиманное орошение оказывает положительное влияние на почвообразовательные процессы, приводит к опреснению верхнего слоя почвы, накоплению в нем органических веществ и гумуса, в конечном счете к повышению плодородия почвы (Е. Н. Будько, П. А. Витте, Б. Б. Шумаков). Урожай сельскохозяйственных культур при лиманном подтипе водного режима почвы обычно бывает на 25—50% выше, чем на богарных землях. В опытах научно-исследовательских учреждений получены более высокие прибавки, причем и урожайность более высокая: кукуруза на зеленый корм — до 300 ц/га, кукуруза на зерно — до 60, люцерна (сено) — 60—70 ц/га.

Подтип II-В-05 — орошение из малых водоемов недостаточной водообеспеченности. Дефицит в воде может возникнуть практически в любой период вегетации, поэтому степень отрицательного воздействия на урожай орошаемых культур сильно колеблется по годам. Урожай сельскохозяйственных культур зависит от характера сочетания водного дефицита с фазами роста растений. Ко всему этому кругу вопросов прибавляются неувязки организационного плана, которые также неизбежны из-за непредвиденных перебоев с водоподачей. Все это и сказывается на эффективности орошения на малых системах из недостаточно обеспеченных водоисточников. По данным статистической отчетности прослеживается тесная корреляционная связь урожаев сельскохозяйственных культур в хозяйствах с площадью орошаемых земель в них. Наиболее высокие и устойчивые урожаи зерновых, хлопчатника, риса получают в хозяйствах с большой площадью орошаемых земель. Конечно, во многих случаях на это влияют и факторы субъективного плана, например уменьшение внимания вопросам орошения земель, если их удельный вес незначителен по сравнению с общим объемом производства. Есть основание выделить и противоположные суждения, когда орошаемым землям уделяется особое внимание, если даже они занимают небольшой удельный вес. В среднем же уровень продуктивности использования орошаемых земель на небольших массивах оценивается меньшими баллами, чем на крупных.

Техника полива при орошении из малых водоемов может быть самой разнообразной. В европейской части наиболее распространен полив дождеванием.

Орошение полей-спутников II-В-06 применяют в хозяйствах, стремящихся увеличить эффективность использования оросительных систем.

Поля-спутники орошают из той же оросительной сети, к которой подключены постоянные площади. В этом случае на рядом расположенных богарных полях нарезают временную оросительную сеть, в которую вода подается из оросительной сети существующих систем. Поля-спутники поливают с помощью дождевальных агрегатов. В Крымской и Херсонской областях чаще всего

такой полив проводится на посевах озимой пшеницы или кормовых культур в мае, когда ордината графика поливов основных площадей не достигла максимальных размеров и имеется возможность подать воду на соседние поля. Один полив в критический период обеспечивает высокую прибавку урожая. Большего числа поливов провести обычно не удается, в противном случае неизбежны сильные нарушения поливного режима на полях постоянного орошения.

Характер изменения водного режима почвы под влиянием однократного полива зависит от времени его проведения. Наибольший эффект достигается, если полив дается перед суховеем. В такие годы посевы на богарных землях резко снижают урожай, а на полях-спутниках получается высокая прибавка урожая.

Водный режим почвы на условно орошаемых землях II-В-07 характерен для хлопкосеющей зоны, где зерновые культуры с давних пор возделывают на орошаемых землях, но поливают их нерегулярно.

Во-первых, участки с зерновыми культурами часто размещают на запольных участках, куда вода подается из малообеспеченных источников неежегодно. В этом случае в маловодные годы посевы зерновых получают недостаточное число поливов или совсем не поливаются и резко снижают урожай.

Второй случай, когда зерновые культуры хотя и высеваются на орошаемых землях хлопкового севооборота, но сам севооборотный участок в маловодные годы не обеспечивается потребным количеством воды. Возникает необходимость выключения части посевов из орошения.

В первую очередь исключают из орошения посевы зерновых культур. Такое положение было во многих хозяйствах Узбекской ССР и Туркменской ССР, в которых имелось много мелких оросительных систем, питающихся из маловодных рек: Теджена, Зеравшана, Мургаба.

В настоящее время многие реки подпитываются с помощью оросительных каналов. Мероприятия по повышению водообеспеченности проводят по специальной программе за счет государственных капитальных вложений. Правда, такие земли сразу отводят под посев хлопчатника и других ценных культур.

К условно орошаемым землям, видимо, можно отнести и земли отдельных мелких оросительных систем в

европейской части страны, например в Поволжье. Водным источником на таких системах были степные пересыхающие речки или небольшие запруды. Только в Саратовской области по состоянию на 1 января 1972 г. таких земель было более 20 тыс. га. В сильно засушливые годы, каким был 1972 г., на таких системах хозяйства провели один полив, да и то не на всех площадях. Аналогичная обстановка и в Волгоградской области, где имеется 10 тыс. га условно орошаемых земель.

Поливной режим на таких землях весьма изменчив по годам.

Урожаи сельскохозяйственных культур невысокие, причем сильно колеблются по годам в зависимости от их засушливости. Тем не менее такое условное орошение длительное время существовало во многих районах. Та дополнительная продукция, которую хозяйства получали с этих земель, оправдывала затраты, связанные с орошением.

III ТИП ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ — СО СЛОЕМ ВОДЫ НА ПОЛЕ В ПЕРИОД ВЕГЕТАЦИИ

К этому типу относится водный режим почвы, свойственный культуре товарного риса, возделываемого со слоем воды, культуре риса, применяемой для мелиоративных целей, то есть для промывки засоленных почв, а также режим, создаваемый при промывке засоленных почв по чекам без культуры риса.

Для создания и регулирования этого типа водного режима предъявляются особые требования к почвогрунтам.

Они должны быть преимущественно тяжелого механического состава и отличаться слабой фильтрационной способностью. На определенной глубине желательно иметь водоупор или близкое стояние пресных грунтовых вод. Кроме того, предъявляются высокие требования к условиям обеспеченности систем оросительной водой. Водоснабжение должно быть беспрерывным и устойчивым. Таким жестким требованиям в наибольшей степени отвечают пойменные земли.

Очень важное значение при этом приобретают условия отвода воды за пределы орошаемого массива. Нельзя допускать отрицательного воздействия оросительной и дренажной воды на смежные поля, их подтопления, заболачивания и засоления. Это условие выполнимо при

устройстве хорошей коллекторно-дренажной сети на массиве и при обязательном его оконтуривании глубокими отсечными дренами и коллекторами. Эффективно применение биологического дренажа.

Создание равномерного слоя воды на чеках возможно в том случае, если их поверхность будет представлять собой горизонтальную плоскость, что достигается с помощью тщательной планировки.

На затопленном оросительной водой рисовом поле развивается болотный тип почвообразовательных процессов, образуются вредные закисные соединения железа, происходит вымывание легкоподвижных соединений нитратов, хлоридов, а также изменение водно-физических свойств почвы: разрушение структурных агрегатов, уменьшение водопроницаемости. Все это губительно сказывается на произрастании обычных растений полевой культуры. В таких условиях выживает и хорошо развивается только рис да сопутствующие ему сорняки-влаголюбы, включая и типичные болотные.

Постоянный слой воды на рисовых чеках приводит к насыщению до полной влагоемкости мощной толщи почвогрунта. На рисовых массивах обычно происходит быстрый подъем грунтовых вод, и они смыкаются с оросительной водой. Однако встречаются случаи, когда смыкания оросительных и грунтовых вод не происходит до конца оросительного периода. Это относится к почвам, которые подстилаются плотными, слитными грунтами; через них не передается гидростатическое давление. В работах З. Ф. Туляковой (1971), В. Б. Зайцева (1975), В. Н. Лаптева (1967), Б. И. Лактионова (1964), И. С. Жовтонога (1966) даны развернутые схемы взаимодействия оросительной воды с грунтовой в разных почвенно-гидрологических условиях.

Особого внимания заслуживает вопрос о влиянии рисового поля на смежные земли и предохранение их от заболачивания и засоления.

Третий тип водного режима почвы со слоем воды на поле имеет следующие подтипы и разновидности (табл. 45, рис. 14).

В практике мирового рисосеяния применяется большое разнообразие способов орошения риса, создающих тот или иной характер водного режима почвы. Во-первых, на это влияют различные глубины затопления чеков, а они варьируют от 0,2 до 2,5 м. В дельте р. Нигер

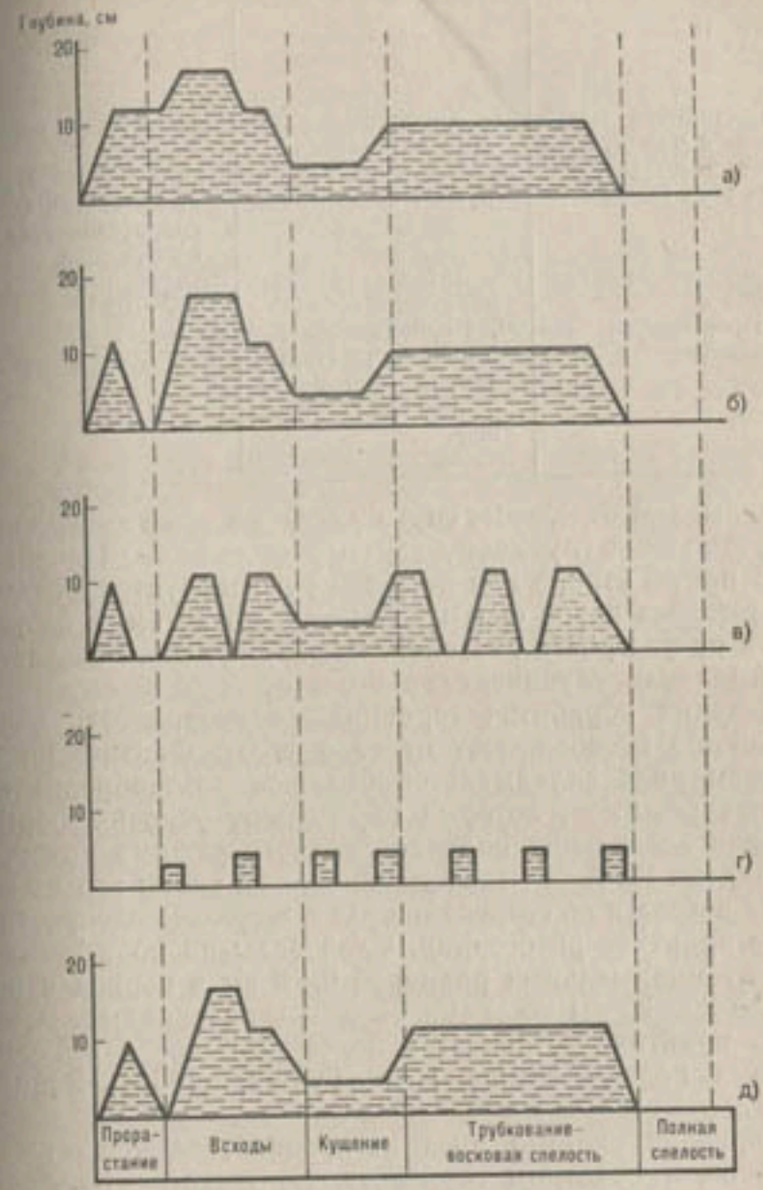


Рис. 14. III тип водного режима почвы:

а, б, в — постоянное, укороченное и прерывистое затопление; *г* — периодические поливы; *д* — фактический режим в совхозе им. Ильича (1973 г).

Таблица 45

Водный режим почвы со слоем воды на поле — тип III

Подтип	Разновидности	Способы полива
А. Постоянное затопление с момента посева и до созревания риса	01. Управляемый режим затопления	Инженерные рисовые системы
	02. Частично регулируемое затопление	Примитивно устроенные системы без гидротехнических сооружений
Б. Укороченное затопление	03. Затопление после получения всходов	Инженерные рисовые системы
В. Прерывистое затопление	04. Периодически 2—3 раза за вегетацию замена минерализованной воды пресной	То же

возделывают отдельные сорта риса, которые выдерживают затопление глубиной до 2,5 м в течение 3—4 дней.

В нашей стране для всех зон рекомендуется затопление рисовых чеков слоем воды от 5 до 20 см, в зависимости от фаз роста растений. В фазу кущения создается минимальная глубина слоя воды от 0 до 5 см, а для проведения обработок гербицидами поверхность чеков полностью освобождают от слоя воды. Фактически на рисовом поле складывается большое разнообразие поливных режимов, которые определяют условия формирования следующих подтипов водного режима почвы.

Подтип III-А-01 — затопление чеков слоем воды с момента посева и до созревания риса, наиболее распространен в практике рисосеяния. Слой воды на поле изменяется от минимальных размеров 0—5 см в период кущения до 20—25 см во время борьбы с просянками. В мировой практике встречается более глубокое затопление рисовых полей — свыше 1 м (Гущин, 1938; Зайцев, 1975).

Корневая система риса неглубокая, размещается в основном в пахотном горизонте. Ее жизнедеятельность в наилучшей мере обеспечивается при наличии в почве химически связанного кислорода (Величко, 1969).

Основные закономерности питательного и солевого режимов почвы при возделывании риса широко освещены в литературе (Алешин, Сметанин, 1965; Ежов, 1966;

Кириченко, 1962; Шумакова, 1958; Скрипчинская, 1962; Тулякова, 1971; Берко, 1965; Бобков, 1969; Щупаковский, 1958; Коваленко, 1967; Паненко, 1971, и др.).

Наиболее характерная черта водного режима почвы подтипа III-А-01 — возможность четкого управления затоплением. Чеки обеспечиваются специальными водозаборными и водосбросными сооружениями. При этом режиме достигается наилучшее удовлетворение потребностей риса во всех факторах жизни. Урожай риса оценивается самыми высокими баллами.

Режим затопления рисового поля регулируется в зависимости от засоренности посевов, засоления почвы, применения гербицидов, способа получения всходов.

В практике совхозов Минводхоза СССР наиболее распространен следующий режим затопления рисового поля.

Для повышения полевой всхожести семян и получения полноценных дружных всходов риса в отдельных хозяйствах применяют сброс воды с чеков, если на 2—3-й день после прекращения водоподачи не произойдет полного впитывания ее в почву.

Всходы риса в этом случае получаются на незатопленной почве.

С появлением всходов, как только обозначатся рядки, поле затапливают слоем воды. Глубина затопления в это время должна тщательно регулироваться, очень важно следить за появлением всходов просянок. Эти злостные сорняки должны находиться все время под слоем воды, глубина которого может достигать 22—25 см. Из-за недостатка кислорода листья просянок бледнеют, а затем гибнут. На это требуется 12—20 дней, в зависимости от температуры воды. Чем она выше, тем меньше в ней кислорода, поэтому в более теплой воде просянка гибнет быстрее, чем в холодной. Следует помнить, что при относительно глубоком затоплении рис также страдает, поэтому нельзя упустить момента гибели просянок и сразу же после этого сбросить воду с чеков.

Без слоя воды рисовое поле остается 5—8 дней с таким расчетом, чтобы на поверхности почвы все же не появилась корка и не образовались трещины. После такого перерыва поле снова затапливают на глубину 10—15 см. К началу кущения слой воды необходимо снизить до минимально возможной глубины, чтобы обеспечить

должные условия для прохождения этой фазы роста растений, когда формируются дополнительные побеги и наращивается корневая система. При низких весенних температурах, когда период подавления просянок затягивается, сброс воды после их гибели может совпасть во времени со сбросом на период кущения.

После кущения рисовое поле снова затапливают слоем воды 12—15 см, который поддерживают в течение всего последующего периода вегетации до наступления фазы начала восковой спелости зерна, а на особенно тяжелых почвах — до молочной спелости. Ответственным моментом является завершающая фаза периода затопления как в отношении времени определения срока прекращения подачи воды, так и интенсивности уменьшения слоя. При быстром сбросе возможно сильное полегание, что влечет за собой потери урожая. Поэтому лучше всего обходиться без сброса, прекратить вовремя подачу воды на чеки и предоставить ей возможность самой впитаться в почву и испариться. Кроме того, при таком методе существенно экономится оросительная вода.

На землях со слабой фильтрацией, если освобождение чеков от воды затягивается, допускается ее сброс.

Рассмотренный режим затопления, разработанный научно-исследовательскими учреждениями страны, нашел широкое применение в практике рисосеющих хозяйств и получил полное признание у рисоводов. Тем не менее этот метод борьбы с просянками очень сложен и не всегда дает желаемые результаты.

Подтип III-А-02 в отличие от вышерассмотренного свойствен возделыванию риса на примитивно подготовленных системах, на которых чеки имеют самую различную форму, конфигурацию и не обеспечены регулирующими сооружениями. На таких системах очень быстро ухудшаются водно-физические свойства почвы, падает плодородие, поля засоряются и вскоре выходят из сельскохозяйственного оборота. Этот способ имел широкое распространение в Средней Азии и Закавказье. В настоящее время подтип III-А-02 находит значительно меньшее применение, и с каждым годом оно уменьшается.

На примитивно устроенных системах обычно поддерживается постоянное затопление чеков с момента посева до созревания риса, вода перепускается по цепочке чеков, на карте устанавливается проточность. При таком

водном режиме посевы быстро зарастают злостными влаголюбивыми сорняками, поднимается уровень грунтовых вод, резко снижается плодородие полей. Допустим в исключительных случаях как временная мера на пойменных землях при хорошей естественной дренированности территории, при наличии излишней оросительной воды и неиспользуемых в сельскохозяйственном обороте земель.

В первый год на таких системах удается получить достаточно высокие урожаи риса. Но уже на второй год они снижаются по крайней мере на 35—50%, а на третий едва достигают 10—15 ц/га.

Ранее такое рисосеяние применялось лишь потому, что не уделялось должного внимания развитию этой отрасли на инженерной основе. В настоящее время в стране имеется более 600 тыс. га инженерных рисовых систем, в дальнейшем их площадь будет расти. Это позволит полностью перейти на инженерное рисосеяние и отказаться от возделывания риса на примитивно устроенных системах, неизбежно вызывающих ухудшение плодородия полей.

Подтип III-Б-03 — укороченное затопление, возник в последние годы на основе выявленных закономерностей прорастания семян маловодотребовательного риса при культуре с периодическими поливами. Этот способ позволяет сократить затраты оросительной воды за счет укорочения периода затопления риса, повысить полевую всхожесть семян, уменьшить норму их высева.

Система предпосевной обработки почвы на таких полях направлена на сохранение весенних запасов влаги в верхнем слое почвы. В засушливые годы проводят запасные поливы заблаговременно до проведения предпосевной обработки почвы. За счет запасов почвенной влаги обеспечивается появление всходов и развитие риса, удается отодвинуть начало затопления чеков водой на 15—25 дней.

Чеки затапливают слоем воды только после появления полных всходов и хорошего укоренения растений. В последующий период при этом подтипе выполняют те же правила поддержания слоя, что и при обычной культуре затопляемого риса.

Укороченное затопление широко применяется на незасоленных землях Крыма и Северного Кавказа. По неполным оперативным данным, таким способом в 1973 г.

выращивали рис в Ростовской области на площади 11 тыс. га, в Херсонской области — на 5 тыс. га. Рисоводы Дона отмечают еще одно важное достоинство этого способа — повышенную устойчивость риса к полеганию. Все это в конечном счете позволяет повысить урожай риса.

Подтип III-В-04 — прерывистое затопление, получил широкое распространение в последние годы в связи с применением гербицидов группы 3,4-дихлорпропионанилина-пропанид, СТАМ-Ф-34А и др. Эти гербициды убивают просянки только в том случае, когда они не затоплены водой. Поэтому на период обработки засоренных посевов, примерно в фазе 2—4 листьев риса, чеки освобождают от воды (за счет ее сброса или за счет впитывания). Затем после обработки гербицидом и гибели просянок чеки затапливают слоем воды.

После посева риса чек заливают водой. Когда равномерно увлажнится вся площадь, подачу воды прекращают. До получения всходов риса воду больше не подают. По всходам, как и в первом случае, чек снова заливают водой. При появлении всходов просянок рисовые поля полностью освобождают от слоя воды, чтобы провести обработку посевов гербицидами. После уничтожения просянок чеки затопляют слоем воды 10—12 см, который поддерживается на таком уровне до фазы кущения. В эту фазу слой воды уменьшают до минимального размера. Все последующие операции выполняют в таком же порядке, как было рассмотрено в подтипе П-А-01. Очень важно на полях, обрабатываемых гербицидами, провести подкормку. Обычно ее приурочивают к началу фазы кущения. Наибольший эффект подкормка дает на чистых от сорняков посевах.

Периодические сбросы воды с чеков применяют в отдельных зонах при возделывании риса на засоленных землях. Смена минерализованной воды пресной позволяет создать для развития риса лучшие условия, чем постоянная проточность.

Перспективным является в связи с этим переход на почвенные гербициды типа осатурн и ордрам, вносимые в почву до посева риса наземными средствами. При использовании гербицидов не требуется сбросов оросительной воды.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА, РАЗВИТИЯ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ

2

ЧАСТЬ

IV
ГЛАВА

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ РЕГУЛИРУЕМОГО ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ

ЗЕРНОВЫЕ КОЛОСОВЫЕ

Основные зерновые колосовые культуры — озимую и яровую пшеницы при орошении можно возделывать во всех районах сухостепной зоны. Ведущую роль в структуре посевных площадей они занимают в первой (А) и второй (Б) зонах европейской части страны, где в настоящее время развернуто строительство крупных оросительных систем, создаются базы производства товарного зерна при орошении. Первое место по посевным площадям среди зерновых культур на юге Украины и на Северном Кавказе занимает озимая пшеница, в Поволжье — яровая пшеница. Обе культуры выращивают в условиях резко меняющегося водного режима почвы. Значительные колебания влажности почвы отмечены даже и на орошаемых землях.

Особенности роста, развития и водопотребления растений при том или ином типе водного режима почвы могут быть установлены лишь на основе специальных опытов с точной характеристикой условий их проведения.

Такие исследования с пшеницей были проведены ЮжНИИГиМ и его опытно-мелиоративными станциями на Северном Кавказе и в Поволжье, а также другими научно-исследовательскими учреждениями.

Влияние полностью регулируемого водного режима почвы I-А-03 и I-В-07 на водопотребление яровой пшеницы из разных горизонтов почвогрунта и на формирование урожая зерна прослеживается по данным опытов, проведенных автором в Ростовской области на орошаемых землях Азовской оросительной системы и в Волгоградской области на Волго-Ахтубинской пойме.

В Ростовской области почвы на опытном участке — террасовый остаточно-солончаковый чернозем с мощностью гумусового горизонта 60 см, в пахотном слое

содержалось 4,7% гумуса, 0,23% азота, 0,13% фосфора. Засоление почв хлоридно-сульфатное, сухой остаток 3,7 г/л. Грунтовые воды залегали на глубине более 4 м. Полевая влагоемкость метрового слоя почвы равна 28,9%, максимальная гигроскопичность 9,86%, скважность 53,2%, средняя плотность 1,2%.

Сроки полива в опыте устанавливали по двум предполивным порогам влажности почвы, равным 70 и 80% ППВ. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом.

Метеорологические условия в период проведения опытов различались по годам от сильно засушливых до средневлажных. Полив проводили по полосам с головным пуском воды, переменной струей, регулируемой с помощью сифонов.

Для поддержания влажности почвы не ниже 80% ППВ в период с фазы кущения до фазы налива зерна требуется провести в зависимости от степени засушливости года 2—4 вегетационных полива нормой 600—800 м³/га.

Именно при таком поливном режиме обеспечивался регулируемый водный режим почвы. В последующие годы он был проверен в производственных условиях колхозов и совхозов, а также рекомендован государственным сортоиспытательным участкам при проведении конкурсных испытаний сортов.

Особого внимания требует правильное установление предполивного порога влажности для данного типа почвы и соблюдение других условий, вытекающих из особенностей развития растений, в частности обеспечения потребностей растений в воде в критические периоды.

По данным зарубежных исследователей (Канада), максимальные урожаи яровой пшеницы были получены при поддержании предполивного порога выше 50—60% объема доступной влаги, что соответствует 70—80% ППВ.

В степной зоне США при возделывании яровой пшеницы требуется в среднем 3 полива за сезон оросительной нормой около 2400 м³/га, в засушливые годы — 3—4, а во влажные — 1—2 полива.

В засушливые годы требуется особо тщательное наблюдение за изменением влажности почвы, чтобы не запоздать с поливами. В противном случае возможны значительные отклонения от намеченного режима, что

неизбежно скажется на условиях роста растений и урожае зерна.

Водный режим почвы, соответствующий изменению влажности в диапазоне от 100% ППВ до 70% ППВ, близок по характеристике к вышерассмотренному с порогом 80% ППВ. Наиболее важным отличием является некоторая оттяжка при пороге 70% ППВ сроков полива, по крайней мере первого, а в отдельные годы сокращение числа поливов. Оросительные нормы в рассматриваемых вариантах могут оказаться практически одинаковыми, так как поливные нормы при пороге 70% ППВ должны быть бóльшими, чем при пороге 80%.

Качественные показатели рассматриваемых режимов влажности почвы могут существенно различаться по соотношению форм поглощенной почвенной влаги. В варианте с предполивным порогом 80% ППВ объем поглощенной влаги в легкодоступной форме занимал в суммарном водопотреблении за этот же период более высокий удельный вес, приближающийся к единице, в варианте с порогом 70% ППВ этот показатель значительно ниже и сильно изменяется по годам. В этом легко убедиться на основе анализа кривых *I* и *II* на рисунке 15, составленном для условий 1955 г.

Порог предполивной влажности почвы, равный 80% ППВ, на рисунке изображен прямой *ПК*. Динамику влажности почвы в варианте с порогом 80% ППВ показывает кривая *I*, в варианте с порогом 70% ППВ — кривая *II*. Прямая линия *ВД* — нижняя граница доступной влаги почвы. В нашем случае она равна 50% ППВ. Линия *ТР* является границей между легкоподвижной влагой и ограниченно подвижной влажностью ВРК, которая равна 74% ППВ. Нетрудно заметить, что в варианте с порогом 80% ППВ кривая *I* влажности почвы только один раз после фазы налива зерна достигла и пересекла границу легкодоступной влаги. Но это произошло уже после того, как сформировался урожай пшеницы и иссушение почвы не могло отрицательно сказаться на его величине. Растения были обеспечены легкодоступной влагой.

Кривая *II* 3 раза за вегетацию опускалась ниже границы *ТР*, разделяющей легкодоступную влагу от влаги ограниченно подвижной ВРК. Это отрицательно сказалось на условиях роста пшеницы и уровне урожая, который в варианте с порогом 70% ППВ был на 7,6 ц, или

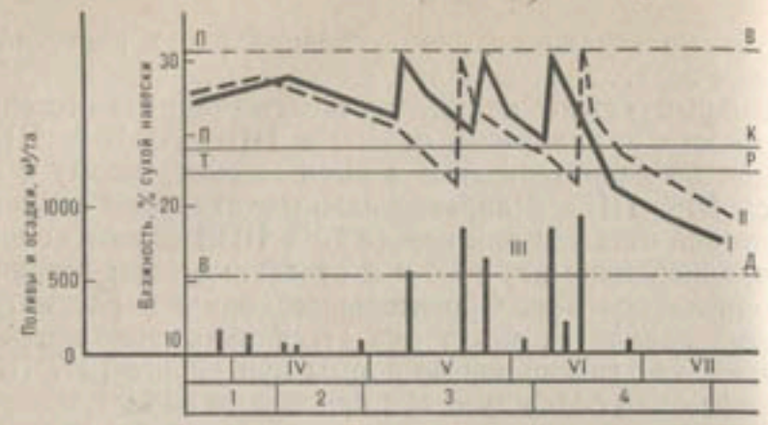


Рис. 15. Динамика влажности почвы под посевами яровой пшеницы:
I, II — динамика влажности почвы в вариантах 80 и 70% ППВ; III — поливы и осадки. Фазы развития растений: *1* — посев — всходы; *2* — всходы — кущение; *3* — кущение — колошение; *4* — колошение — полная спелость. ПВ — полевая влагоемкость (ППВ); ПК — влажность, равная 80% ППВ; ТР — влажность разрыва капилляров; ВД — предел доступной влаги.

на 27% ниже, чем на участке с порогом влажности 80% ППВ (табл. 46).

Различия условий водообеспечения растений в сравниваемых вариантах проявлялись ежегодно.

Резкое снижение урожая в варианте с порогом влажности 70% ПВ по сравнению с влажностью 80% могло произойти только при глубоких нарушениях физиологических процессов в отдельные ответственные периоды вегетации, вызванные недостатком влаги.

Таблица 46

Урожай яровой пшеницы сорта Донская гарновка в среднем за три года в зависимости от предполивной влажности почвы

Тип водного режима почвы	Вариант опыта	Урожайность зерна, ц/га	Прибавка по сравнению с контролем		Продуктивность, баллов
			ц/га	%	
Регулируемый	Поливы при снижении влажности почвы до 80% ППВ	35,7	25,3	243	178
	Поливы при 70% ППВ	28,1	17,7	170	140
Естественное увлажнение	Контроль (без поливов)	10,4	—	—	52

Таблица 47

Масса надземной части, зерна и корней яровой пшеницы сорта Мелянопус 69

Вариант опыта	Масса сухого вещества надземной части, ц/га	Урожайность зерна, ц/га	Масса корней, ц/га				Отношение массы корней к массе зерна			
			всего в слое 0—100 см	в том числе						
				0—20 см	20—60 см	60—100 см	0—100 см	0—20 см	20—60 см	60—100 см
Контроль (без орошения)	30,5	19,5	14,8	8,2	5,2	1,5	0,76	0,42	0,27	0,07
Поливы при 80% ППВ	74,8	41,8	29,7	15,3	12,3	2,1	0,71	0,36	0,29	0,06

Таким образом, предполивной порог влажности почвы в 80% ППВ, как свидетельствуют данные исследований автора, в наибольшей мере отвечает требованиям регулируемого типа водного режима почвы.

В опыте с яровой пшеницей сорта Мелянопус 69, проведенном автором в том же колхозе в 1954 г., на основе анализа проб определяли урожай всего органического вещества и отдельных частей растения (табл. 47).

Масса корней в контроле во всех слоях была значительно меньше, чем в варианте с орошением, в метровом слое она была меньше в 2 раза (14,8 и 29,7 ц/га).

Отношение же массы корней к урожаю зерна и массе сухого вещества, характеризующее продуктивность работы корневой системы, оказалось более стабильным в сравниваемых вариантах. Следовательно, пшеница сорта Мелянопус 69 обладает очень важной способностью саморегулирования соотношения роста корней и надземной части: в благоприятных условиях влажности почвы она развивает мощную корневую систему и надземную часть, а при недостатке влаги менее мощную корневую систему и надземную часть. Это позволяет ей как бы приспосабливаться к меняющимся условиям жизни.

Данные потребления влаги корнями растений из разных горизонтов в наших опытах с яровой пшеницей при регулированном водном режиме в варианте с предполивным порогом влажности, равным 80% ППВ, представлены на рисунке 16 и в таблице 48.

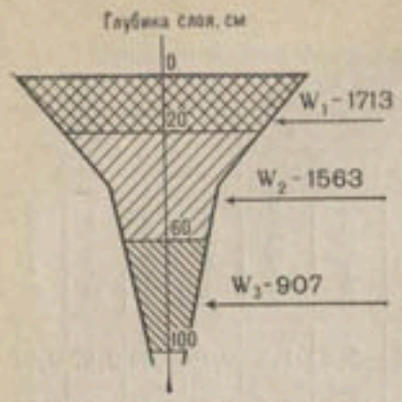


Рис. 16. Водопотребление яровой пшеницы из разных горизонтов почвы (м³/га):
W_1 — из слоя 0—20 см; W_2 — из слоя 20—60 см; W_3 — из слоя 60—100 см.

Наиболее интенсивным водообменом характеризуется верхний горизонт почвы 0—20 см.

Через него поступает практически вся влага. Во всяком случае, это относится к участкам с глубоким стоянием грунтовых вод, когда исключено подпитывание корнеобитаемого слоя капиллярным путем и возможно лишь поступление в этот слой влаги в парообразном состоянии в холодное время при наличии температурного градиента от более глубоких и теплых слоев к поверхностным охлажденным.

О. Е. Ясониди также указывает на эти особенности. По его данным, яровая пшеница сорта Харьковская 46 в условиях Ростовской области способна извлекать больше влаги из второго слоя почвогрунта. Однако такое утверждение нуждается в тщательной проверке. Примененный в его опытах способ определения водопотребления из глубинных слоев почвы по двум участкам, расположенным в совершенно различных гидрогеологических условиях (один на пойменных землях, а второй на водоразделе), обязательно нуждается в методической доработке.

Водопотребление яровой пшеницы — очень сложный процесс. Большое влияние на него оказывают почвенные и климатические условия, глубина промачивания

Таблица 48

Потребление влаги яровой пшеницей из разных горизонтов почвы

Год	0—20 см		20—60 см		60—100 см		0—100 см	
	м³/га	%	м³/га	%	м³/га	%	м³/га	%
1953	1194	35,2	1485	46,3	592	18,5	3271	100
1954	1635	44,4	1465	39,8	573	15,8	3673	100
1955	1713	41,0	1563	37,3	907	21,7	4183	100
В среднем	1514	40,8	1504	40,6	691	18,6	3709	100

почвы при поливах, особенности корневой системы и другие факторы. Однако при возделывании пшеницы на черноземах и каштановых почвах с их высокоплодородным гумусовым горизонтом для получения высокого урожая в первую очередь надо заботиться о создании благоприятного водного режима именно в метровом слое почвы.

Формирование сверхглубокой корневой системы связано в первую очередь с недостатком влаги в верхних горизонтах почвы, то есть с отклонениями от нормальных условий, обеспечивающих наивысший урожай, не говоря уже о том, что на формирование глубинных корней затрачиваются дополнительные ассимилянты.

В исследованиях М. Н. Багрова (1965), И. С. Костина (1971), М. С. Филимонова (1972) и других авторов наивысшие урожаи яровой пшеницы в Поволжье были получены при создании оптимальной влажности почвы не более чем в метровом слое.

На Волгоградской опытно-мелиоративной станции в течение 1970—1972 гг. велись наблюдения за динамикой водного режима почвы при поливе яровой пшеницы дождеванием.

Пшеницу высевали на аллювиальных почвах Волго-Ахтубинской поймы. Грунтовые воды слабоминерализованные на глубине 2,5—3,0 м. Результаты опыта приведены в таблице 49.

Эффективность использования влаги при регулируемом водном режиме почвы была значительно выше, чем при естественном увлажнении в контроле, соотношение коэффициентов водопотребления составило 0,6. Вполне понятно, что влага из верхнего 20-сантиметрового слоя почвы расходовалась не только на десукцию растениями, но и на физическое испарение.

На аллювиальных почвах Волгоградской ОМС при возделывании яровой пшеницы основной объем влаги — 2466—3646 м³/га, или 89—93%; в зависимости от типа водного режима почвы растения потребляли из слоя 0—60 см (табл. 50). Для бесперебойного снабжения растений влагой в легкодоступной форме очень важно с помощью поливов увлажнить почву на глубину 50—60 см. Влага из слоя 20—60 см расходуется растениями экономнее, чем из самого верхнего горизонта, подверженного сильным воздействиям метеорологических факторов.

Таблица 49

Водопотребление яровой пшеницы сорта Мелянопус 26

Тип водного режима	Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Водопотребление, м³/га				Коэффициент водопотребления	Продуктивность, баллов
			всего из слоя 0—100 см	в том числе из слоев				
				0—20 см	20—60 см	60—100 см		
Регулируемый	Поливы при снижении влажности почвы до 80% ППВ	37,2	3914	1682	1960	272	1051	186,0
Естественное увлажнение	Контроль (без полива)	15,6	2754	814	1652	288	1763	78,0
Отношение первого варианта опыта ко второму		2,38	142	206	117	095	0,6	2,38

Данные о формах потребляемой влаги позволяют судить о качественной стороне водного режима почвы в сравниваемых вариантах. В контроле примерно третья часть объема потребленной влаги приходилась на малоподвижную воду, с большей трудностью добываемую корнями, что также наложило свой отпечаток на урожай.

Ниже приведены данные о суммарном водопотреблении яровой пшеницы в исследованиях по режиму орошения Волжского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации на темно-каштановых почвах в Саратовской области, Валуйской опытно-мелиоративной станции и Волгоградского СХИ на светло-каштановых комплексных почвах в Волгоградской области, Безенчукской опытной станции на черноземных почвах в Куйбышевской области (табл. 51).

В агрономической практике обычно судят о потенциальных возможностях того или иного сорта по его урожайности на государственных сортоиспытательных участках (ГСУ), где применяется более высокая агротехника и ведется агрономический контроль за ее выполнением. В таблице 52 приведены данные урожайности яровой пшеницы на различных государственных сортоиспытательных участках.

Таблица 50

Соотношение форм доступной влаги при орошении дождеванием яровой пшеницы сорта Мелянопус 26 (1970 г.)

Тип водного режима почвы	Вариант опыта	Форма влаги	Водопотребление, м³/га			
			всего из слоя 0—100 см	в том числе из слоев		
				0—20	20—60	60—100
Регулируемый	Поливы при 80% ППВ	Всего	3914	1682	1960	272
		Легкодоступная	3775	1543	1960	272
Естественное увлажнение	Контроль (без полива)	Всего	2754	814	1652	288
		Легкодоступная	1787	405	1152	230

Таблица 51

Суммарное водопотребление и урожай яровой пшеницы в Поволжье

Тип водного режима почвы	Предполивная влажность, % ППВ	Урожайность в средним за годы исследований, ц/га	Суммарное водопотребление, м³/га	Коэффициент водопотребления	Число лет наблюдений	Автор
Регулируемый	70—80%	27,4	3330	1230	7	М. Н. Багров (1965)
	70—80%	40,1	3600	900	1	И. С. Костин (1971)
	70—80%	38,6	3520	915	4	И. С. Костин (1971)
Естественное увлажнение	Контроль (без орошения)	8,7	1710	1960	4	М. Н. Багров (1965)
		12,8	2320	1800	4	И. С. Костин (1971)

В рассматриваемых областях урожай яровой пшеницы на ГСУ в среднем за пять лет составил при орошении 25,8 ц/га, а на богарных землях — 16,7 ц/га. Урожайность по годам в этих областях на ГСУ колебалась: при орошении от 15,2 до 40 ц/га и на богарных посевах — от 5,3 до 31 ц/га.

Таблица 52

Урожайность яровой пшеницы при орошении на государственных сортоиспытательных участках, ц/га

Местонахождение участка	1969 г.	1970 г.	1971 г.	1972 г.	1973 г.	В среднем за 5 лет
Саратовская область	30,7	26,7	22,0	16,6	30,5	25,3
Волгоградская »	30,3	32,0	27,7	19,2	32,2	28,3
Астраханская »	17,6	23,6	26,9	25,7	36,0	26,0
Куйбышевская »	24,3	27,8	27,0	24,9	31,5	27,1
Пензенская »	30,5	40,0	34,5	26,0	35,6	33,3
Поволжье (всего)	27,9	28,6	24,8	19,4	31,5	26,4
Ростовская область	17,3	21,5	23,7	20,6	27,8	22,2
Казахская ССР:						
Чимкентская область	15,2	25,1	27,0	23,8	25,1	23,2
Талды-Курганская »	21,3	24,3	30,2	25,8	23,1	22,9
Семипалатинская »	25,7	21,1	25,5	25,8	20,6	23,7

Несмотря на существенную прибавку урожая при орошении (55%), уровень урожайности яровой пшеницы остается очень низким.

В растениеводческой практике широкое применение получил показатель обеспеченности растений притоком тепла в виде суммы положительных или активных температур. В настоящей работе эти показатели вместе с тем характеризуют условия физического испарения влаги и транспирации. По данным И. А. Шарова, Г. К. Льгова и др., на каждый градус суммы температур испаряется 2 м^3 воды с 1 га. Вопросы связи роста растений с температурными условиями широко освещены в трудах Г. Т. Селянинова (1937), П. И. Колоскова (1947), Т. Д. Лысенко (1952), А. И. Носатовского (1965), А. Г. Дояренко (1966) и др.

Оценка теплообеспеченности будет дана в соответствии с рекомендациями Д. И. Шашко по сумме климатических, биоклиматических или эффективных температур.

Общие ресурсы тепла в данной местности, определенные путем суммирования средних температур за период возможной вегетации в году, есть сумма климатических температур.

Потребность растений в тепле непосредственно за период вегетации, выраженная суммой среднесуточных температур, обеспечивающих ежегодное созревание растений или наступление хозяйственно ценных фаз, есть сумма биоклиматических температур.

Сумма эффективных температур определяется путем суммирования среднесуточных температур выше 10 °С в период вегетации, причем температуры до 10 °С из суммы исключают.

По данным исследований А. М. Алпатьева (1954) и др., при неограниченном водоснабжении, которому должен в полной мере соответствовать регулируемый тип водного режима почвы, суммарное водопотребление растений зависит от климатических факторов, в первую очередь от температурного режима. В связи с этим в заключительной части анализа по каждой культуре приводятся обобщенные данные о сумме температур, потребной в целом за вегетационный период и по отдельным фазам, а также данные о суммарном водопотреблении при регулируемом типе водного режима почвы.

В таблице 53 приведены данные о потребности яровой пшеницы в сумме биоклиматических температур по основным фазам развития, а также о суммарном водопотреблении пшеницы по материалам ГСУ Ростовской области.

Суммарное водопотребление яровой пшеницы в Волгоградской области, по данным М. С. Филимонова, изменяется по годам от 3400 до 4100 м^3/га, в зависимости от сорта, способа полива и др. Такими же величинами характеризуется водопотребление яровой пшеницы в

Таблица 53

Потребность в сумме температур и суммарное водопотребление яровой пшеницы при орошении в Поволжье (ВолжНИИГиМ) и Ростовской области (М. А. Козин)

Фаза развития	Сумма биоклиматических температур, °С		Суммарное водопотребление, м^3/га	
	г. Саратов	г. Ростов	г. Саратов	г. Ростов
Посев — всходы	118	130	305	240
Всходы — кущение	215	226	680	710
Кущение — колошение	595	620	1325	1200
Колошение — полная спелость	868	871	1650	1700
Всходы — полная спелость	1678	1717	3655	3610
Посев — полная спелость	1796	1847	3960	3850

Куйбышевской области. Во всех случаях оно рассчитано на метровый слой почвы применительно к регулируемому типу водного режима, когда не допускается иссушения почвы более чем до 70% ППВ.

Поволжье — основной район распространения яровой пшеницы на орошаемых землях. В научно-исследовательских учреждениях при регулируемом водном режиме почвы районированные сорта яровой пшеницы дают зерна по 38—40 ц/га, в то время как в колхозах и совхозах — по 22—28 ц/га. Поэтому предстоит еще большая работа по повышению урожайности этой культуры в колхозах и совхозах.

Сорта твердой яровой пшеницы Мелянопус 69, Донская гарновка 672 и Народная при урожаях более 35 ц/га показали слабую устойчивость к полеганию. Ежегодно под влиянием ветра, особенно с дождями, пшеница сильно полегала, в связи с чем резко снижалась ее продуктивность при орошении. Аналогичная картина характерна и для многих сортов яровой пшеницы степной группы — Харьковская 46, Мелянопус 26 и др., районированных в настоящее время в Поволжье и Ростовской области. Видимо, только на основе короткостебельных пшениц можно создать для регулируемого водного режима почвы сорта, отличающиеся высокой устойчивостью к полеганию при урожайности более 50 ц/га.

Урожайность короткостебельной яровой пшеницы при регулируемом водном режиме достигает 55—60 ц/га. В опытах Донского научно-исследовательского института сельского хозяйства (1972—1974 гг.) американские и мексиканские сорта яровой пшеницы Верл Сидз 1809, Верл Сидз 1812, Лермо Рохо и другие дали по 50—65 ц/га. Эти сорта хорошо себя зарекомендовали и в Поволжье, например в Куйбышевской области (1972—1974 гг.). С внедрением этих сортов в производственные посевы колхозов и совхозов повысится эффективность построенных оросительных систем, что позволит создать в этом районе крупную базу по производству товарного зерна.

В исследованиях ЮжНИИГиМ и его опорной сети опыты с орошением озимой пшеницы периодически проводились с начала 30-х годов по настоящее время (Шумаков, 1957, 1969; Прокофьев, 1948; Галацлы, 1956; Александрин, 1957; Ярмизин, 1959; Льгов, 1963; Гарюгин, 1966; В. А. Козин, 1970).

Наиболее полно орошение озимой пшеницы изучалось в 1955—1960 гг. в Ростовской области на Азовской оросительной системе, то есть примерно в тех же условиях, что и яровая пшеница.

Опыты были заложены Д. В. Ярмизиным на Аксайском ГСУ, расположенном на второй террасе Дона.

Почва участка представлена террасовым черноземом слабовыщелоченным тяжелосуглинистым. Водно-физические свойства почвы характеризуются следующими показателями: средняя плотность 1,36, плотность 2,58, скважность 47—15%, максимальная гигроскопичность 5,8%, полевая влагоемкость 27,7%, влажность завядания 15,4%. Грунтовые воды находятся на глубине 2,2—2,5 м от поверхности. Исследуемый сорт Приазовская 3.

Регулируемый водный режим почвы обеспечивался за счет осенней влагозарядки и вегетационных поливов по бороздам. Сроки поливов устанавливали на основе наблюдений за влажностью почвы при ее снижении до 80% ППВ.

Данные, характеризующие водопотребление озимой пшеницы при орошении и без него, представлены в таблице 54.

Таблица 54

Суммарное водопотребление озимой пшеницы сорта Приазовская 3 (1956—1960 гг.)

Тип водного режима почвы	Вариант опыта	Суммарное водопотребление, м³/га	Коэффициент водопотребления	
			средний	отклонения от среднего
Регулируемый 1-В-07	Влагозарядка + вегетационные поливы при 80% ППВ	4215	920	710—1210
Естественное увлажнение	Контроль (без орошения)	2139	1300	790—1570

Коэффициент водопотребления озимой пшеницы и его колебания по годам при поливе были значительно меньшими, чем без орошения. Суммарное же водопотребление пшеницы при поливе было почти в 2 раза выше. Такое соотношение рассматриваемых величин в большей степени зависело от соотношения полученных урожаев

зерна. Сопоставление этих величин позволяет судить и об эффективности использования воды пшеницей. При поливе пшеница потребляет большее количество воды и в то же время для формирования урожая зерна использует ее более экономно, чем без полива.

Урожаи пшеницы при орошении отличались значительно большей устойчивостью по годам. Отношение экстремальных величин урожая было при поливе 1 : 1,73, а в контроле (без орошения) — 1 : 2,25 (табл. 55).

Таблица 55

Урожайность зерна озимой пшеницы сорта Приазовская 3 в опытах Д. В. Ярмизина (1956—1960 гг.)

Тип водного режима почвы	Вариант опыта	Средняя урожайность зерна, ц/га	Отклонения от средней урожайности, ц/га	Число поливов	
				всего	в том числе вегетационные
Регулируемый	Влагозарядка+вегетационные поливы при 80% ППВ	45,8	36,6—63,1	3	2
Естественное увлажнение	Контроль (без орошения)	22,1	13,1—29,4	—	—

Прибавка урожая от орошения по годам колебалась от 23,5 до 33,5 ц/га. В условиях Ростовской области озимая пшеница при орошении дает более высокие и более устойчивые по годам урожаи зерна.

На Волгоградской опытно-мелиоративной станции в течение 1970—1972 гг. проводились наблюдения за динамикой водного режима почвы озимой пшеницы, на основе которых представилась возможность определить характер водопотребления по фазам роста и развития.

Опыты проводили на аллювиальных почвах Волго-Ахтубинской поймы. Водно-физические свойства почвы опытного участка характеризуются данными таблицы 56.

Грунтовые воды в июле — августе залегали на глубине 2,5—3,0 м, в осенний период — на глубине 4,0—4,5 м. Во время весенних паводков наблюдается подъем грун-

Таблица 56

Основные показатели водно-физических свойств почвы

Горизонт, см	Средняя плотность, г/см³	Плотность, г/см³	Оструженность, %	Максимальная гигроскопичность, % сухой массы	Влажность завядания, % сухой массы	Полевая влагоемкость, % сухой массы
0—20	1,10	2,60	58,0	12,93	16,81	30,05
20—60	1,36	2,62	48,1	13,21	17,20	27,01
60—100	1,49	2,72	45,3	7,0	9,21	14,30

товых вод до 1,7—2,0 м. Минерализация их слабая — от 0,23 до 1,0 г/л.

В первом варианте — с осенней влагозарядкой и тремя вегетационными поливами общей нормой 2480 м³/га — обеспечивался регулируемый водный режим почвы. Поливы проводили дождеванием ДДА-100М. Изучаемый сорт пшеницы — Мироновская 808. Основные данные по водопотреблению пшеницы приведены в таблице 57.

Таблица 57

Водопотребление пшеницы сорта Мироновская 808

Вариант поливного режима	Тип водного режима почвы	Водопотребление, м³/га				Урожайность, ц/га	Коэффициент водопотребления
		всего	в том числе из слоев				
			0—20 см	20—60 см	60—100 см		
Влагозарядка+вегетационные поливы при 80% ППВ	Регулируемый	5447	2168	2333	946	48,7	1120
Удельный вес, % к общему		100	40,0	42,6	17,4	—	—

Водопотребление пшеницы обеспечивалось за счет верхнего 60-сантиметрового слоя почвы более чем на 80%.

Верхний горизонт (0—20 см) играет большую роль не только в обеспечении растений водой и питательными веществами. Через него осуществляется воздухообмен, или аэрация почвы, — очень важный процесс для разви-

тия корневой системы растений и многих сложных превращений, связанных с жизнедеятельностью микроорганизмов. Водообмен и воздухообмен верхнего горизонта почвы при определенных условиях становятся антагонистами. С повышением влажности почвы ухудшается ее аэрация, а в аэрированной почве ощущается недостаток воды.

Столь высокая роль верхнего горизонта почвы в формировании ее водного и воздушного режимов была подмечена еще в 1885 г. П. А. Костычевым (1949), который первым пришел к выводу о необходимости придания этому слою особого сложения почвенной структуры.

Наиболее благоприятные условия для произрастания растений складываются в структурных почвах. Управлять процессами аэрации можно также с помощью агротехнических приемов, например рыхления верхнего слоя почвы в междурядьях пропашных культур. Его проводят сразу после поливов, особенно в первый период вегетации, когда растения, будучи еще недостаточно устойчивыми к неблагоприятным условиям, не выдерживают угнетающего воздействия почвенной корки. В этом же слое в результате почвенных и химических процессов образуются и накапливаются подвижные питательные вещества.

Вносимые органические и минеральные удобрения размещаются также в этом слое.

Для каждой почвенной разности существует определенное оптимальное соотношение воды и воздуха. По данным А. И. Носатовского (1965), на выщелоченных черноземах Кубани наилучшие условия для развития растений создаются в том случае, когда 75% скважности заполнено водой и 25% воздухом, для южного чернозема Ростовской области соответственно 78 и 22%.

По данным С. И. Долгова (1957), при содержании в почве влаги в количестве 85% скважности, когда только 15% объема почвы остается на долю воздуха, растения с неразвитой аэренхимой начинают страдать от недостатка почвенного воздуха, а при уменьшении его содержания до 7—8% погибают. Нормальное водоснабжение растений при таком высоком увлажнении может протекать лишь при наличии у растений, например у риса, развитой воздухопроводящей ткани — аэренхимы.

Заслуживает также внимания вопрос о снижении

влажности почвы до того или иного уровня, например до 70 или 80% полевой влагоемкости.

Опыты по орошению озимой и яровой пшеницы на разных типах почв позволяют разобраться в сущности поливного режима, складывающегося при том или ином предполивном пороге влажности почвы. Можно привести много примеров и по другим культурам — кормовым, овощным и техническим, в которых подтверждается преимущество водного режима почвы, складывающегося при предполивном пороге 80% полевой влагоемкости (Шумаков, 1957; Прокофьев, 1948; Ярмизин, Обухов, Шаповалов, 1967; Александрин, 1957; Моисеев, 1966; Миронов, 1969, и др.). В то же время во многих работах, причем в условиях, очень близких к вышеперечисленным, делаются выводы о том, что предполивной порог влажности почвы 70% ППВ обеспечивает высокие урожаи и рекомендуется в качестве оптимального (Костин, 1971; Прокофьев, 1948; Лобов, 1956, и др.).

Объективную оценку сравниваемых вариантов можно дать только на основе характеристики водно-физических свойств изучаемой почвы и анализа конкретных условий водообеспечения растений в период вегетации на разных этапах органогенеза. Предполивной порог влажности 70% ППВ на одних почвах близок к границе, разделяющей доступную влагу на два качественно разных состояния — легкодоступную и неподвижную, или влажность «торможения роста» (по С. И. Долгову, 1957), а на других, как это было в нашем опыте на террасовом остаточно-солончаковатом черноземе, граница между двумя формами влаги, то есть влажность торможения роста или разрыва капилляров (ВРК), была выше упомянутого предполивного порога влажности почвы — 74% ППВ.

На отдельных типах почв, например на каштановых тяжелосуглинистых солонцовых, граница доступной влаги, то есть влажность завядания (ВЗ), составляет 70% ППВ.

Влажность завядания различных типов почв (в процентах от ППВ), **по данным С. И. Долгова (1948):**

Дерново-подзолистая тяжелосуглинистая	40
Чернозем предкавказский	57
Чернозем предкавказский глинистый	60
Каштановая тяжелосуглинистая	57
Серозем суглинистый	34
Чернозем обыкновенный супесчаный	26

Следовательно, на каштановых и черноземных почвах тяжелого механического состава, а также на засоленных влажность почвы в 70% ППВ может оказаться критической; она совпадает с границей доступной влаги. На таких почвах влажность торможения роста бывает выше 70% ППВ. Иссушение почвы до влажности завядания неизбежно приведет к нарушению ростовых процессов и снижению урожая. Отсюда следует, что при назначении предполивных порогов влажности почвы необходимо иметь подробную характеристику водно-физических свойств почвогрунта. Только при таком подходе можно с большой достоверностью установить нижнюю границу допустимого иссушения активного слоя почвы. Она не должна быть ниже влажности торможения роста, которая разделяет качественно различные формы влаги — легкодоступную и ограниченно подвижную.

Наконец, на почвах легкого механического состава — суглинистом сероземе (ВЗ=34% ППВ) или на черноземе обыкновенном суглинистом (ВЗ=22% ППВ) — вполне допустимо иссушение почвы до 65—60% ППВ, причем в этом случае растения будут обеспечены влагой в легкодоступной форме. Однако из-за малой водоудерживающей способности такие почвы, как правило, требуют частых поливов.

В производственных условиях существенные поправки приходится вносить на «масштабность», имея в виду большие площади, подлежащие поливу за сравнительно короткое время, и ограниченные возможности проведения поливов. Необходимо считаться с особенностями оросительной сети и поливной техники. Поливы обычно начинают на одних полях при предполивном пороге влажности 80—70% ППВ, а заканчивают на других полях через 10—15 дней, когда влажность упадет за пределы допустимых границ.

В связи с более интенсивным расходованием влаги из верхнего слоя 0—20 см в отдельные периоды происходит снижение влагозапасов до влажности разрыва капилляров. Это часто наблюдалось при возделывании зерновых культур без влагозарядкового полива. На фоне влагозарядки орошение дождеванием обеспечивает достаточно стабильное увлажнение почвы за вегетационный период. В соответствии с этим при влагозарядке создаются лучшие условия для роста и развития сельскохозяйственных культур.

Большое внимание уделялось изучению поливного режима озимой пшеницы также на юге Украины УкрНИИГиМ и УкрНИИОЗ.

Основные данные о водопотреблении озимой пшеницы при регулируемом водном режиме почвы приведены в таблице 58.

Таблица 58

Суммарное водопотребление и коэффициенты водопотребления озимой пшеницы при орошении

Способ полива	Продолжительность наблюдений, лет	Суммарное водопотребление, м³/га	Урожайность, ц/га	Коэффициент водопотребления, м³/т	Автор и место проведения опытов
Дождевание	4	4800	52,0	923	И. С. Костин (ВолжНИИГиМ)
	1	5447	53,3	1020	И. С. Кузуб (Волгоградская ОМС)
По полосам	4	4215	45,8	920	Д. В. Ярмизин (ЮжНИИГиМ)
	7	3560	34,6	1030	В. Ф. Галацлы (Сунжа)
	7	3655	36,5	1000	Г. К. Льгов (Мало-Кабардинская ОМС)
	6	4100	57,0	720	Г. А. Гарюгин (Ставропольская ОМС)
По полосам	2	4020	48,0	840	С. М. Алпатьев (УкрНИИГиМ)
Дождевание	3	4050	61,0	660	А. А. Собко (УкрНИИОЗ)

Суммарное водопотребление озимой пшеницы в зоне Северного Кавказа и юга Украины, а также в Поволжье при регулируемом водном режиме составляет 3,5—5,5 тыс. м³/га. Урожаи озимой пшеницы значительно выше, чем яровой. При орошении имеется возможность расширить посевы озимой пшеницы в Поволжье.

В таблице 59 приведены данные урожайности озимой пшеницы при поливе.

В целом по югу Украины за рассматриваемый период урожай озимой пшеницы на ГСУ при орошении составил 42,5 ц/га, а без орошения — 34,6, соответственно

Таблица 59

Урожайность озимой пшеницы при орошении на ГСУ, ц/га

Область, край, автономная республика	1969 г.	1970 г.	1971 г.	1972 г.	1973 г.	В среднем
Крымская область	27,1	62,8	34,6	34,1	43,5	40,4
Николаевская »	47,5	46,4	46,3	45,1	46,0	46,3
Херсонская »	37,3	40,1	34,4	21,9	39,7	34,7
Одесская »	50,2	51,7	35,9	51,0	47,9	47,3
Краснодарский край	62,1	58,8	66,3	51,0	44,1	56,5
Ставропольский »	19,1	38,5	43,4	34,1	36,2	34,3
Ростовская область	22,7	29,8	36,2	24,9	46,5	32,0
Дагестанская АССР	38,5	39,6	38,9	35,4	33,7	37,2
Волгоградская область	—	49,0	46,8	—	53,0	37,2
Саратовская »	—	45,3	26,4	21,4	45,6	34,7
Куйбышевская »	28,6	30,7	28,7	31,3	42,0	32,3
Пензенская »	—	50,2	37,6	34,0	48,1	42,5
Алма-Атинская »	41,7	52,5	55,5	50,0	56,0	51,1
Джамбулская »	47,3	66,3	63,0	61,7	71,8	62,0
Чимкентская »	—	26,4	35,8	34,6	40,1	34,2
Талды-Курганская »	37,8	40,4	40,4	41,5	41,2	40,3

по Северному Кавказу 37,6 и 31,3, по Поволжскому району — 35,7 и 24,5, по Южному Казахстану — 46,5 и 20 ц/га.

По данным зарубежных научно-исследовательских учреждений, суточное водопотребление озимой пшеницы по фазам роста и развития и суммарное за вегетационный период изменяется по годам, в зависимости от климатических, почвенных и других условий (табл. 60).

Суммарное водопотребление озимой пшеницы в этих исследованиях составило 5950 м³/га. Наиболее требовательна к влаге пшеница в фазу кущение — колошение.

Рассмотренные материалы исследований характера водопотребления озимой и яровой пшеницы представляют несомненный интерес для практических работников орошаемого земледелия. Для полного удовлетворения вопросов производства необходимы данные о путях наиболее рационального использования почвенной влаги при возделывании основных сельскохозяйственных культур.

В первую очередь необходимы данные о продуктивности использования оросительной воды, о потреблении влаги на формирование урожая, о ее потерях на физическое испарение и о потерях, не связанных с жизнедея-

Таблица 60

Среднесуточное водопотребление озимой пшеницы по фазам роста и развития в штате Канзас (1957—1959 гг.) в условиях оптимального увлажнения

Фаза роста и развития	Продолжительность вегетационного периода, дней	Водопотребление, м³/га	
		суточное (максимальное)	суммарное (расчетное)
Посев — начало кущения	90—110	17,5	250—300
Начало весеннего роста — окончание кущения	40—50	20—22	600—800
Трубкование	15	40,0	600
Колошение — цветение	13	62,2	809
Цветение — восковая спелость	22—25	87—75	1200—1300
Восковая — полная спелость	15	37,0	550
Всего за период посев — полная спелость	211	21,1	4200—4300

тельностью самих растений. Из-за трудоемкости и сложности методов раздельного учета транспирации и испарения с поверхности почвы до сих пор еще недостаточно экспериментальных данных по многим культурам. Полученные автором книги данные по яровой и озимой пшенице и кукурузе позволили сделать ценные выводы по совершенствованию технологии возделывания этих культур.

В наших опытах использовали испаритель ГГИ-500, испарители малой модели с разовой зарядкой почвы, серии сосудов В. П. Попова и другие методы. Зарядку испарителей проводили в начале вегетационного периода почвенным монолитом с ненарушенной структурой. Сосуды взвешивали через 3—5 дней.

Наличие в серии сосудов-лизиметров и эвапарометров позволяло определить перемещение воды на границе слоя активного водопотребления, то есть подпитывание и фильтрацию, а серии сосудов с растениями и без них служили для определения суммарного водопотребления, испарения с поверхности почвы. Испарение с поверхности почвы определяли также по методике С. В. Астапова и К. Н. Шишкова (1952) испарителями малой модели площадью $S=100$ см² и высотой $h=25$ см, которые уста-

навливали непосредственно в травостое пшеницы и перезаряжали для каждого определения.

Данные о водопотреблении и его составляющих, физическом испарении и транспирации в опытах с яровой пшеницей представлены в таблице 61.

Таблица 61

Общее водопотребление, транспирация и физическое испарение яровой пшеницы, м³/га

Тип водного режима почвы	Общее водопотребление, м³/га	В том числе			
		транспирация		физическое испарение	
		м³/га	%	м³/га	%
Регулируемый I-В-07 (поливы при 80% ППВ)	3536	2046	58,0	1490	42,0
Частично регулируемый (влагозарядка) II-А-01	2342	1440	61,5	902	38,5
Естественное увлажнение (контроль)	2045	1275	62,4	770	37,6

При орошении значительно возрастает абсолютная величина физического испарения почвенной влаги. В варианте с поливами при 80% ППВ она была почти в 2 раза выше, чем в контроле при естественном увлажнении.

Несомненный интерес представляют данные о расходе почвенной влаги на физическое испарение по фазам развития яровой пшеницы (табл. 62).

Расход влаги на физическое испарение составляет 37,6% от суммарного водопотребления при естественном водном режиме и 42% при орошении, обеспечивающем регулируемый водный режим почвы. Во все годы исследований потери влаги на физическое испарение в период вегетации пшеницы были больше суммы эффективных осадков за этот же период (рис. 17).

В период посев — кущение потери влаги на физическое испарение составляли в контроле 390 м³/ га, или 51% общего количества за вегетацию, в варианте с поливами при 80% ППВ соответственно 580 м³/га и 38%. Значит, основные мероприятия по борьбе с потерями влаги на физическое испарение следует проводить именно в этот период.

Густота травостоя как фактор, уменьшающий непроизводительные потери на испарение и вместе с тем увеличивающий урожайность, заслуживает особого внимания при возделывании культур сплошного сева на орошаемых землях. Поэтому весь комплекс агротехнических мероприятий должен обеспечить хороший рост и развитие растений, сохранение хорошей густоты травостоя.

Таблица 62

Испарение влаги с поверхности почвы по фазам развития яровой пшеницы (М. А. Козин)

Тип водного режима почвы	За всю вегетацию	Посев—кущение	Кущение—колошение	Колошение—налив	Налив—полная спелость
Регулируемый I-В-07 (поливы при 80% ППВ):					
м³/га	1490	580	610	150	150
% от суммарного водопотребления	42,0	67	41	28	22
Частично регулируемый II-А-01 (осенняя влагозарядка):					
м³/га	902	370	375	65	92
% от суммарного водопотребления	38,5	61	37	21	23
Естественное увлажнение (контроль):					
м³/га	770	390	310	40	30
% от суммарного водопотребления	37,6	61,5	32,4	19,5	12,5

Основной расход влаги на транспирацию яровой пшеницы приходится на фазу кущение — налив зерна, в которую расходуется 61—64% влаги, транспирируемой за весь вегетационный период. До фазы кущения и после фазы налива зерна расход влаги небольшой.

В варианте с регулируемым водным режимом почвы транспирация в конце вегетационного периода сокращается постепенно, а в контроле с естественным увлажнением почвы транспирация резко сокращается еще до окончания фазы налива зерна, что свидетельствует о его вынужденном характере, вызываемом засыханием и отмиранием листьев у растений.

По наблюдениям автора, урожай в контроле создается практически за счет деятельности самого верхнего 7-го листа. Его жизнедеятельность, а следовательно, и накопление ассимилянтов для формирования урожая про-

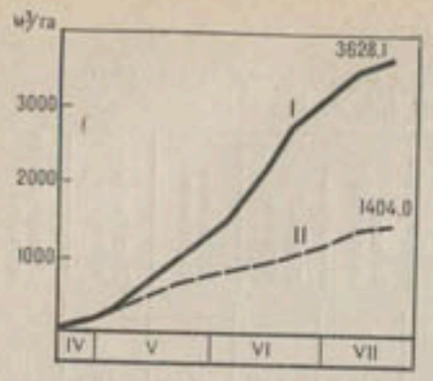


Рис. 17. Суммарное водопотребление яровой пшеницы и испарение с поверхности почвы при регулируемом водном режиме почвы:

I — интегральная кривая суммарного водопотребления; II — интегральная кривая испарения с поверхности почвы.

должается до фазы восковой спелости.

Иные условия складываются в варианте с орошением. Отмирание листьев нижних ярусов здесь начинается значительно позже, причем в период налива, как правило, сохраняется деятельность 6-го и 7-го листьев, то есть двух и даже трех листьев верхних ярусов. Отмирание листьев более низких ярусов происходит и при регулируемом водном режиме. Этот процесс неизбежен у сортов ксероморфного типа, но он совершается не столько из-за недостатка влаги, сколько из-за ухудшающихся условий освещения внутри травостоя.

Этот вопрос получил полное освещение в работах И. С. Шатилова, А. В. Ваулина (1972) в связи с изучением роли фотосинтетического потенциала посевов — одного из главных параметров при программировании урожаев сельскохозяйственных культур. Кроме того, вопрос отмирания листьев оказался главенствующим и при объяснении высокой продуктивности короткостебельных пшениц, у которых листья расположены под острым углом к стеблю и сохраняют жизнедеятельность более длительное время (Ничипорович, 1966). Данные о среднесуточном расходе влаги на транспирацию представлены в таблице 63, а на рисунке 18 изображены кривые транспирации хода накопления массы сырого и сухого вещества растений.

В варианте с орошением и регулируемым водным режимом почвы наблюдалось неуклонное возрастание транспирации от фазы посев — кущение до фазы колошение — налив. Максимальная среднесуточная транспирация совпадает с моментом, когда растения имеют наибольшую площадь листовой поверхности, наибольшую массу сырого вещества, когда начинается процесс налива зерна.

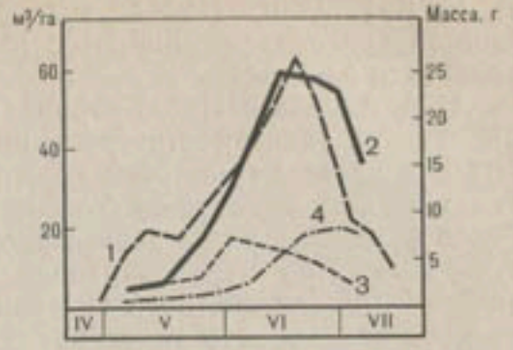


Рис. 18. Среднесуточная транспирация и прирост отдельных органов яровой пшеницы при регулируемом водном режиме почвы:

1 — среднесуточная транспирация (м³/га); 2 — масса растения (сырого); 3 — масса листьев (сырых); 4 — масса растения (сухого).

При естественном увлажнении (контроль) из-за недостатка почвенной влаги среднесуточная транспирация в фазу налив — уборка была в 2,9 раза меньше, чем в варианте с поливом.

Сравнивая кривые хода среднесуточной транспирации с кривой прироста листьев и сырого вещества растений, нетрудно заметить их сходство. Это подтверждает зависимость транспирации от листовой поверхности и массы растений при достаточном количестве доступной влаги в почве (рис. 18).

Таблица 63

Среднесуточный расход влаги на транспирацию (*T*) по фазам развития яровой пшеницы, м³/га·сут

Вариант поливного режима	Посев—кущение	Кущение—колошение	Колошение—налив	Налив—уборка	Посев—уборка
Естественное увлажнение (контроль)	8,0	22,6	23,4	6,0	15,0
Поливы при 80% ППВ	6,7	33,0	48,0	17,5	23,8

Связь расхода воды на транспирацию с вегетативной частью и листовой поверхностью отмечают многие исследователи (Максимов, 1952; Сказкин, 1968; Кружилин, 1944, и др.).

Относительно форм этой связи и зависимости мнения ученых различны. Одни считают, что расход влаги на испарение растением находится в прямой зависимости от мощности травостоя и степени влажности почвы.

А. С. Кружилин (1954) подчеркивает существование прямой связи транспирации с площадью листовой поверхности растений.

А. М. Алпатьев (1954) отрицает существование функциональной зависимости транспирации от массы растений или площади листовой поверхности. На основе математического анализа он показывает, что прямой и тем более функциональной зависимости между накоплением сухого вещества и транспирацией, а также между увеличением площади листовой поверхности и транспирацией не наблюдается, что транспирация растений при оптимальной влажности почвы определяется в большей мере факторами внешнего порядка, чем внутренними свойствами организма.

Однако метеорологические условия выступают в качестве фактора, определяющего транспирацию растений, только на протяжении небольшого периода жизни пшеницы. Сам же А. М. Алпатьев указывает, что в первый момент развития растения имеют небольшую вегетативную часть и не используют всего притока тепла для транспирации, а в последний период в связи со старением организма также нарушается зависимость транспирации от метеорологических факторов.

На основе лишь внешних факторов невозможно судить о водном режиме растений, большую роль в этом играют свойства протоплазмы, процессы питания и обмена веществ (Алексеев, 1968; Сабинин, 1963; Гусев, 1968).

В таблице 64 приведены данные о сумме температур и суммарном водопотреблении.

По данным Г. К. Льгова, Г. А. Гарюгина, в Ставропольском крае и предгорной зоне Северного Кавказа суммарное водопотребление озимой пшеницы в расчете на метровый слой почвы изменяется по годам и зависит от возделываемых сортов, почвенных и других особенностей. Диапазон колебаний экстремальных значений суммарного водопотребления пшеницы при регулируемом водном режиме в Ставропольском крае определяется в 3700—5200 м³/га.

Для озимых важную роль играют условия перезимовки растений. В качестве показателей, характеризующих условия перезимовки растений, служат температура почвы на глубине узла кущения (она зависит от температуры воздуха, высоты и плотности снежного покрова),

Таблица 64

Потребность в сумме температур и суммарное водопотребление озимой пшеницы при орошении на юге Украины (А. А. Собко) и Северном Кавказе (Аксайский ГСУ)

Период	Сумма биоклиматических температур, °С		Суммарное водопотребление, м³/га	
	Херсон	Ростов	Херсон	Ростов
Осенний: посев — прекращение вегетации	520	460	659	610
Весенне-летний: начало вегетации — трубкование	450	430	788	813
Трубкование — колошение	390	345	1293	805
Колошение — молочная спелость	430	370	1334	975
Молочная спелость — уборка	410	385	1249	1220
Возобновление вегетации — уборка	1680	1530	4664	3813
Посев — уборка	2200	1990	5323	4423

абсолютный минимум температуры и среднемесячные температуры наиболее холодного месяца.

Критической температурой в зоне узла кущения для большинства сортов озимой пшеницы является минус 15 °С. А. И. Носатовский (1965) указывает, что в отдельные годы озимая пшеница выносит сильные морозы до 26 °С даже без снежного покрова, а в другие годы она погибает от небольших морозов, особенно мартовских, следующих после длительных оттепелей. Для озимой пшеницы благоприятны районы со снежными зимами, если температура почвы на глубине узла кущения равна минус 3—5 °С и не опускается ниже минус 12 °С.

Основной ограничивающий фактор расширения посевов озимой пшеницы в Поволжье — крайне сильная засушливость осеннего периода. Орошение позволяет создать необходимые условия осеннего увлажнения почвы. Озимые по влагозарядке здесь хорошо развиваются с осени, приобретают повышенную устойчивость к перезимовке.

В настоящее время увеличение производства зерна на поливных землях Поволжья возможно за счет более широкого использования в севообороте озимой пшеницы, которая при орошении дает высокие и устойчивые урожаи. Биологическая продуктивность озимой пшеницы во

многих районах сухостепной зоны выше, чем яровой, на что указывал Н. И. Вавилов (1958) и что практически подтвердили П. П. Лукьяненко (1975), Е. К. Ремесло (1972) и др.

КУКУРУЗА

Реакцией кукурузы на водный режим почвы интересуются не только исследователи, но и практические работники. В классических работах Н. А. Максимова по физиологии растений приводится рисунок с изображением растения кукурузы и 200-литровой бочки воды. Такой объем воды требуется одному растению кукурузы за вегетационный период. Вместе с тем исследователи подчеркивают, что эта культура отличается самым экономным использованием воды на транспирацию. Коэффициенты транспирации у кукурузы значительно меньше, чем у пшеницы.

Суммарное водопотребление кукурузы изменяется от 2500 до 8000 м³/га, в зависимости от почвенно-климатических условий, продолжительности вегетационного периода, сорта или гибрида и других факторов. Многие сорта и гибриды кукурузы отличаются формированием мощной вегетативной массы, дают высокий урожай початков, хорошо отзываются на орошение и удобрение.

По кормовым достоинствам зерно кукурузы считается одним из лучших концентрированных кормов, а кукурузный силос с початками молочно-восковой спелости является хорошим сочным кормом. Вместе с тем зерно кукурузы широко используется в пищевой промышленности, а листья и стебли — на целлюлозно-бумажных предприятиях.

Наиболее высокие урожаи кукуруза дает при полностью регулируемом водном режиме почвы и внесении полной нормы минеральных удобрений. Многие знатные кукурузоводы страны, длительное время занимающиеся возделыванием кукурузы при орошении, на больших площадях получают зерна более чем по 100 ц/га и зеленой массы по 600—800 ц/га. Это Х. Г. Албегов из колхоза «Хумалаг» Северо-Осетинской АССР, Г. Емишев из колхоза им. Чапаева Прохладненского района Кабардино-Балкарской АССР, Р. Ф. Гаражаева из совхоза «Золотаревский» Ростовской области, В. Саранча и А. И. Романюк на Украине, М. Ниязова и Н. Тушуров в колхозе

«40 лет Октября» Панфиловского района Талды-Курганской области.

Среди краев, областей и автономных республик РСФСР Кабардино-Балкарская АССР длительное время занимает первое место по урожаям кукурузы. В передовых колхозах республики — «Красная нива», им. Чапаева, «Красный Кавказ» и др. — возделывают кукурузу на площади более 1000 га и получают зерна по 60—75 ц/га. В целом по Кабардино-Баркарской АССР урожайность зерна кукурузы на орошаемых землях составляет 52—55 ц/га.

Больших успехов в выращивании кукурузы добились кукурузоводы Северо-Осетинской АССР. Во Всероссийском социалистическом соревновании за получение высоких урожаев кукурузы они также выходили победителями.

В Панфиловском районе Талды-Курганской области Казахской ССР организована крупная семеноводческая база. Здесь выращивают ценные гибридные и сортовые семена кукурузы для других зон страны с менее благоприятными климатическими условиями. Колхоз «40 лет Октября» Панфиловского района ежегодно продает государству более 20 тыс. т семян кукурузы. Под кукурузу в хозяйстве отведено 66% орошаемой пашни. Все посевы закреплены за звеньями. Кукурузу сеют пунктирным способом.

Норму высева устанавливают по количеству зерен на единицу площади, в зависимости от сорта высевают от 80 тыс. до 130 тыс. зерен на 1 га. Борьба с сорняками ведется с помощью агротехнических приемов и гербицидов симазина и атразина. За вегетационный период проводят 4—7 поливов по бороздам, в зависимости от возделываемых гибридов и сортов.

В таблице 65 приведены данные о производстве зерна кукурузы в Панфиловском районе.

Средняя урожайность семян кукурузы в районе превысила 45 ц/га. В структуре посевов большой удельный вес занимают малоурожайные раннеспелые сорта и исходные родительские формы гибридов кукурузы, выращиваемые для северных районов страны.

По данным государственного испытания, районированные на орошаемых землях в сухостепной зоне страны сорта и гибриды кукурузы отличаются высокой продуктивностью, отзывчивы на поливы и удобрения, способны

Таблица 65

Производство зерна кукурузы в Панфиловском районе на орошаемых землях

Показатели	1961—1965 гг.	1966—1970 гг.	1971—1973 гг.
Посевная площадь, тыс. га	14,5	18,6	18,8
Урожайность зерна, ц/га	32,4	43,7	45,1
Среднегодовое производство зерна, тыс. т	45,6	72,4	86,0

давать зерна более чем по 70—80 ц/га и зеленой массы по 400—600 ц/га.

На государственных сортоиспытательных участках с помощью поливов создается регулируемый водный режим почвы, вносят органические и минеральные удобрения при соответствующем уходе за посевами.

В таблице 66 приведены лишь некоторые данные по наиболее продуктивным гибридам кукурузы в условиях орошения при выращивании на зерно.

Таблица 66

Урожайность зерна и зеленой массы кукурузы на ГСУ при орошении

Участок	Сорт или гибрид	Годы	Урожайность, ц/га			
			зерна	зеленой массы	початков	сухого вещества
Узунский (Узбекская ССР)	ВИР 338ТВ	1967—1971	109,3	572	186	168,2
	ВИР 338ТВ	1971	111,9	646		
Орджоникидзеевский (Узбекская ССР)	ВИР 338ТВ	1969—1971	100,7	586	175	
Панфиловский (Казахская ССР)	ВИР 156ТВ	1964—1971	117,0	672	243	231,7
	ВИР 346	1964—1971	119,3	653	225	241,3
Терский (Кабардино-Балкарская АССР)	ВИР 338ТВ	1967—1971	96,0	523	179	186,9
Тихорецкий (Краснодарский край)	Краснодарский 309ТВ	1967—1970	108,7	486	170,7	
Измаильский (Одесская область)	Одесский 50М	1967—1971	84,1	452	166	131,8

В настоящее время во всех зонах определены наиболее продуктивные в местных условиях сорта и гибриды кукурузы при возделывании на зерно и на силос.

В Узбекской ССР хорошие результаты получены при возделывании на силос позднеспелых сортов и гибридов: Узбекская 100, Узбекская зубовидная, Имеретинский, Краснодарская 1/49.

В Казахской ССР наиболее урожайны ВИР 156ТВ, Краснодарская 1/49, ВИР 346ТВ, Южный 3 и др.

При возделывании кукурузы на зерно очень важное значение имеет установление оптимальной для данных условий густоты растений, сроки посева, поливной режим и др. Рассмотрим отдельные вопросы возделывания кукурузы при орошении на основе исследований ЮжНИИГиМ и других научно-исследовательских учреждений.

Опыты в Ростовской области были проведены автором в 1954—1963 гг. в опытно-производственном хозяйстве ЮжНИИГиМ.

Почва экспериментального участка лугово-черноземная тяжелосуглинистая солонцевато-солончаковатая, образованная на аллювиальных суглинках и глинах со слоями более легких отложений и погребенных почв. Гумуса в пахотном горизонте содержится около 5%. Содержание легкорастворимых солей по всему профилю небольшое — около 0,3%, верхние слои засолены сильнее нижних. В общем засоление почвы слабое, бикарбонатно-сульфатно-кальциевое.

Засоление грунтовых вод хлоридно-сульфатное, натриево-кальциевое. Общая минерализация 4,4—10,9 г/л.

Грунтовые воды залегали на глубине 2,5—3,0 м. Опыты проводили с 1959 по 1963 г.

Метеорологическая обстановка характеризуется данными метеостанций ОПХ ЮжНИИГиМ, расположенных на территории экспериментального участка. В период проведения опытов сумма годовых осадков колебалась от 326,7 мм в 1959 г. до 605,3 мм в 1961 г. Сумма эффективных температур за май — сентябрь равнялась в среднем за пять лет 2995 °С с колебаниями от 2929 до 3019 °С.

В годы исследований для создания регулируемого водного режима почвы проводили 3—4 вегетационных полива нормой 600—750 м³/га каждый. Оросительная норма 2000—2450 м³/га.

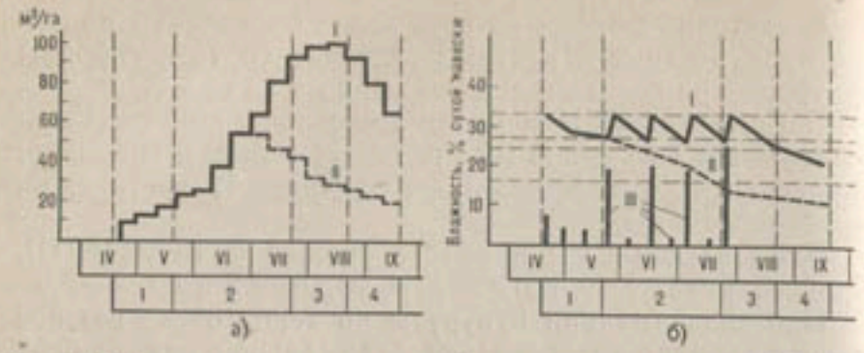


Рис. 19. Среднесуточное водопотребление кукурузы сорта ВИР 156 (*а*) и динамика влажности почвы (*б*):

I — при регулируемом водном режиме почвы; II — при естественном увлажнении. Фазы развития растений: *1* — посев — всходы; *2* — всходы — выметывание метелок; *3* — выметывание метелок — выбрасывание початочных нитей; *4* — полная спелость.

Для посева в опытах использовали гибриды кукурузы ВИР 42 и ВИР 156. Кроме того, в специальных опытах по сравнению продуктивности сортов высевали десять других сортов и гибридов кукурузы, районированных на Северном Кавказе, юге Украины и в Поволжье или переданных в сортоиспытание. Посев квадратно-гнездовой 70×70 см по 3—4 зерна в гнездо. Под кукурузу вносили минеральные удобрения нормой $N_{70}P_{60}K_{40}$. Поливы проводили по бороздам при снижении влажности почвы до 70—80% ППВ. Опыты сопровождались фенологическими наблюдениями, а также наблюдениями за приростом сырой и сухой массы растений, за динамикой влажности почвы и др.

Водопотребление кукурузы устанавливали на основании определений запасов продуктивной влаги в корнеобитаемом слое почвы и по его отдельным горизонтам. Пробы на влажность в период вегетации отбирали периодически через 7—10 дней, кроме того, перед поливами и после них. Результаты исследований позволили установить основные особенности водного режима почвы под кукурузой. На рисунке 19 представлены графики среднесуточного водопотребления кукурузы и динамики влажности почвы.

В варианте с регулируемым водным режимом почвы кукуруза развивала мощную листовую поверхность и всю вегетативную часть, интенсивно расходовала влагу из метрового слоя почвы до конца августа. Максимальный среднесуточный расход влаги — 100 м³/га — наблюдался

Таблица 67

Водопотребление гибрида кукурузы ВИР 156 при естественном и регулируемом водном режиме почвы в 1961 г. (М. А. Козин)

Тип водного режима	Вариант опыта	Форма влаги	Потреблено из слоев, м³/га			
			0—20 см	0—100 см	100—200 см	всего из слоя 200 см
Регулируемый	Поливы при 75—80% ППВ	Вся, м³/га	1350	4150	750	4900
		Легкодоступная:				
		м³/га	1060	3680	н/о*	н/о*
		% от общей	79,5	90,8	н/о	н/о
Естественное увлажнение	Контроль (без орошения)	Вся, м³/га	980	2550	760	3310
		Легкодоступная:				
		м³/га	788	1680	н/о	н/о
		% от общей	60,0	65,8	н/о	н/о

Примечание. Для слоев глубже 1 м легкодоступную влагу не определяли.

в августе, в период выметывание — налив. В контроле максимальный среднесуточный расход достигал 60 м³/га и проявлялся значительно раньше. Вторая половина вегетации проходила при сильном дефиците почвенной влаги.

Водопотребление кукурузы обеспечивалось в основном из первого метра, на который при регулируемом типе водного режима почвы приходилось 82,5% суммарного объема потребленной влаги (табл. 68).

Водопотребление из метрового слоя почвы в варианте с поливом было в 1,6 раза больше, чем в контроле. Водопотребление из слоя 0—20 см также указывает на существенное превышение в варианте с поливом.

В контроле в 1961 г., так же как и в другие годы, в суммарном водопотреблении значительный удельный вес занимала ограниченно подвижная влага, то есть влага в интервале ВРК—ВЗ, которая хотя и поддерживает жизнедеятельность растений, но вызывает большое торможение ростовых процессов (Долгов, 1957).

Эти данные свидетельствуют о существенном различии условий водообеспечения растений в сравниваемых

Таблица 68

Урожайность зерна кукурузы ВИР 156 в среднем за 1960—1963 гг.

Тип водного режима почвы	Вариант опыта	Урожайность зерна, ц/га	Суммарное водопотребление, м³/га	Коэффициент водопотребления	Продуктивность, баллов
Регулируемый	Поливы при влажности 75—80% ППВ	79,4	4150	522	397,0
Естественное увлажнение	Контроль (без орошения)	29,5	2550	866	147,5

вариантах, которые определили характер роста кукурузы и в конечном счете урожай зерна.

Урожайность зерна кукурузы ВИР 156 при регулируемом режиме влажности почвы в 2,7 раза выше, чем в контроле (табл. 69). Кукуруза особенно чувствительна к условиям водообеспечения. Недостаток влаги во второй период вегетации, начиная с перехода растений в репродуктивную фазу, вызывал резкое снижение урожая зерна. В то же время в варианте с регулируемым режимом влажности почвы получен самый высокий урожай зерна с наименьшими затратами воды на формирование единицы урожая, что подтверждается значениями коэффициента водопотребления, составившего 522. По этому показателю многие сорта кукурузы превосходят зерновые колосовые культуры (табл. 69).

Суммарное водопотребление кукурузы в опытах определяли по отдельным периодам вегетации, вместе с тем учитывали сумму биоклиматических температур, полученную растениями по этим периодам (табл. 70).

Кукуруза — теплолюбивая культура. Ее семена начинают прорастать при 12 °С. Оптимальной температурой прорастания является 20—22 °С.

Потребность кукурузы в сумме температур и связанное с этим суммарное водопотребление очень сильно меняются в зависимости от продолжительности вегетации: раннеспелым гибридам и сортам требуется 2100—2300 °С, их суммарное водопотребление равно 4300—4500 м³/га, соответственно средним и среднепоздним 2400—2800 °С и 4400—4900 м³/га, а поздним — более 3000 °С и более 5000 м³/га.

Таблица 69

Суммарное водопотребление и коэффициенты водопотребления кукурузы

Тип водного режима почвы	Место	Годы	Сорт или гибрид	Урожайность зерна, ц/га	Суммарное водопотребление, м³/га	Коэффициент водопотребления	Оросительная норма, м³/га
I-Б-06	ОПХ ЮжНИИГиМ	1960	ВИР 156	77,7	4215	540	2400
		1962	ВИР 42	52,2	4150	790	1800
I-А-01	Курский опытно-мелиоративный пункт	1965	ВИР 42	71,7	4858	670	2350
		1969	Одесская 10	84,9	5699	660	3250
I-В-07	Ромс ЮжНИИГиМ	1958—1962	ВИР 42	75,8	3800	500	2044
I-А-01	Б. Сунженская ОМС	1955—1960	Круг грозненский	85,0	5900	690	2500
I-Б-06	Волгоградская ОМС	1955—1957	ВИР 42	57,2	3400	670	1800

Таблица 70

Потребность в сумме биоклиматических температур и суммарное водопотребление по фазам роста и развития кукурузы ВИР 42 в Ростовской области в 1961 г. (М. А. Козин)

Фаза роста и развития	Сумма биоклиматических температур, °С	Суммарное водопотребление, м³/га
Посев — всходы	160	250
Появление настоящего листа:		
1-го	180	320
2-го	190	380
3-го	195	420
4-го	200	500
Всходы — выбрасывание метелок	1650	3000
Всходы — появление початочных рылец	1830	3800
Всходы — молочная спелость	2150	4120
Всходы — восковая спелость	2230	4330
Всходы — полная спелость	2430	4550

В опыте по сортоиспытанию, проведенном при регулируемом водном режиме почвы, выявлены наиболее продуктивные в условиях Ростовской области гибриды и сорта кукурузы (табл. 71).

Таблица 71

Урожаи сортов и гибридов кукурузы при регулируемом водном режиме почвы в среднем за 1960—1962 гг. (М. А. Козин)

Сорта и гибриды	Урожайность, ц/га	Колебания по годам	Масса 1000 зерен, г
ВИР 42 (стандарт)	57,2	46,0—67,5	341,4
ВИР 156	77,7	69,0—89,2	403,5
Днепровский 90	76,4	68,8—84,0	385,8
Днепровский 99	66,8	61,5—79,2	338,7
Успех	59,4	56,0—62,6	372,8
Днепровский 56	60,7	55,0—66,5	307,0
Днепровский 114	74,5	54,0—64,2	361,5
Круг грозненский	47,0	40,0—53,9	374,2
Воронежская 76	35,6	25,0—46,1	245,6

Полученные данные ежегодно подвергали дисперсному анализу, устанавливали точность опыта P и критерий существенности с показателем вероятности 0,95. Точность опыта E была в 1960 г. 2,05%, в 1961 г. — 2,13, в 1962 г. — 1,75%. Испытанные сорта и гибриды распределены на три группы урожайности. В первую вошли ВИР 156, Днепровские 90 и 99, имеющие существенное превышение над стандартом ВИР 42, во вторую — Днепровский 56, Днепровский 114, а в третью — Воронежская 76, Круг грозненский, имеющие существенное снижение урожая по сравнению с контролем.

При возделывании кукурузы на орошаемых землях большое внимание следует уделять формированию регулируемого водного режима почвы. Недопустимы перебои с поливами в период бурного роста и вступления растений в репродуктивную фазу. Регулируемый водный режим почвы может быть создан не только при поливах по бороздам, но и дождеванием. Однако в последнем случае особенно важен контроль за динамикой запасов доступной влаги в почве в межполивные периоды (рис. 20).

В настоящее время поливы дождеванием находят применение при возделывании кукурузы во многих хозяйствах Украины, Северного Кавказа, а также Поволжья.

Многоопорные машины типа Walley успешно применяют американские фермеры для полива кукурузы и других культур в штатах Вашингтон, Орегон, Колорадо

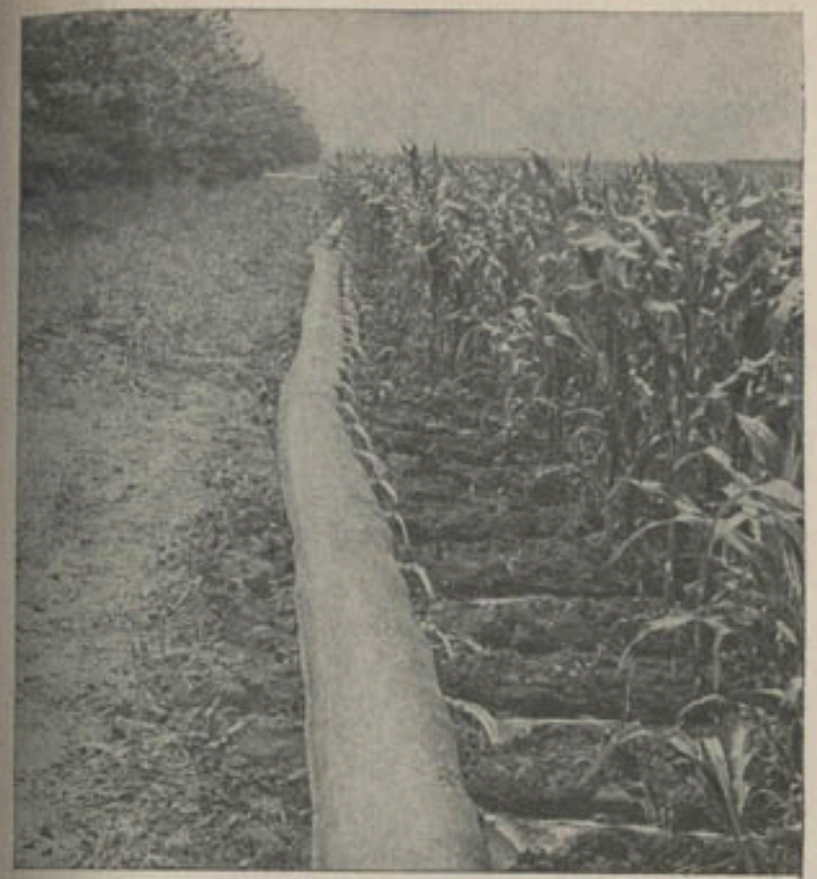


Рис. 20. Полив кукурузы по бороздам с помощью гибкого шланга (Ростовская ОМС).

и др. В долине р. Коломбия (штат Вашингтон) фермеры возделывают кукурузу в севообороте с сахарной свеклой. Урожайность зерна кукурузы при поливе дождеванием составляет 75—80 ц/га, корней сахарной свеклы — 600—700 ц/га.

Дождевальные установки на кукурузе и сахарной свекле работают в автоматическом режиме. Поливы проводятся круглосуточно. Оросительная норма 2,5—3,0 тыс. м³/га.

В Поволжье опыты с кукурузой проводили на Волгоградской и Заволжской опытно-мелиоративных станциях и на Валуйском опорном пункте. Отдельные вопросы изучались в Волго-Ахтубинской пойме.

Опыты позволили установить для условий Волгоградской области наиболее продуктивные гибриды и сорта кукурузы на зерно и на зеленую массу, выявить дозы минеральных удобрений, которые желательно вносить в виде основного удобрения и 2—3 подкормок, определить оптимальную густоту стояния растений, при которой получался наивысший урожай зерна. Это достигалось при 3—4 растениях в гнезде, то есть при 65—70 тыс. растений на 1 га.

Отдельные разделы интересующей нас темы изучались на Грозненской, Дагестанской и Ставропольской опытно-мелиоративных станциях и на Курском опорном пункте. В наиболее полном объеме исследования в предгорной зоне были проведены на Сунженском опытно-мелиоративном пункте. Материалы этих исследований были обобщены автором и в виде предложений переданы проектным организациям и сельскохозяйственным органам.

Длительные опыты с орошением кукурузы и других культур проводились в системе стационарных севооборотов на Кабардино-Балкарской государственной сельскохозяйственной опытной станции. Каждый севооборот десятипольный, размер поля 1000 м², повторность двукратная. Поля разделены на три части, из которых одну ежегодно не удобряют (в дальнейшем «неудобренный фон»), вторую удобряют только минеральными удобрениями («минеральный фон») и третью удобряют органо-минеральными удобрениями («органо-минеральный фон»). Минеральные удобрения вносили в форме аммиачной селитры, суперфосфата и калийной соли. В состав органических удобрений включен навоз.

Почвы на опытном участке — карбонатные черноземы, подстилаемые галечником с глубины 100—200 см. Содержание гумуса в пахотном слое 3—5%, средняя плотность 1,27, общая скважность 56,5%, полевая влагоемкость 26% (к сухой навеске), мертвый запас влаги 9% в среднем для метрового слоя почвы, водопроницаемость колеблется от 0,88 до 1,5 мм в минуту. Грунтовые воды залегают на глубине 10—12 м.

За двадцать три года (1949—1971) на минеральном фоне под кукурузу было внесено азота 1160 кг, фосфора 1100 и калия 1010 кг действующего вещества, на органо-минеральном фоне соответственно 1100, 1050 и 950 кг и по 26 т навоза на 1 га (Хачетлов, 1966).

Таблица 72

Урожайность кукурузы в зависимости от питательного и водного режимов почвы, ц/га

Вариант водного режима почвы	Годы	Питательный режим почвы (фон)				
		неудобренный	минеральный	органо-минеральный	прибавка за счет удобрений	
					минеральных	органо-минеральных
Регулируемый, 80% ППВ	1949—1960	61,6	77,4	90,2	15,8	28,6
	1961—1970	51,7	76,1	76,3	24,4	24,6
	1949—1970	57,6	75,7	83,0	18,1	25,4
Естественное увлажнение	1949—1960	36,0	42,7	61,2	6,7	25,2
	1961—1970	32,7	41,3	44,1	8,6	11,4
	1949—1970	34,8	41,8	52,6	7,0	17,8

В таблице 72 приведены данные урожайности кукурузы, свидетельствующие о высокой эффективности удобрений на поливе.

Прибавка урожая кукурузы от минеральных удобрений при естественном увлажнении была в 2,6 раза меньше, чем при орошении. Эти стационарные многофакторные опыты особенно важны для понимания общих закономерностей формирования урожая. Они подтверждают эффективность совместного действия орошения и удобрений на урожайность кукурузы. Наибольшая урожайность при орошении получена при органо-минеральном удобрении (90,2 ц/га). На фоне органо-минеральных удобрений получен самый высокий урожай и при естественном увлажнении: 61,2 ц/га за 1949—1960 гг. и 52,6 ц/га за 1949—1970 гг., или практически равный урожаю кукурузы на орошаемом неудобренном фоне.

Таким образом, при регулируемом водном режиме почвы и обеспечении другими факторами жизни кукуруза способна давать урожаи зерна по 75—85 ц/га и более. По эффективности использования оросительной воды она занимает ведущее место среди зерновых культур.

Анализ накопленных автором экспериментальных данных показывает, что суммарное водопотребление кукурузы и урожай находятся в определенной зависимости.

Потребление воды на единицу урожая сельскохозяйственных культур с повышением урожая постепенно уменьшается. После определенного уровня водопотребления, характерного для рассматриваемых культур в том или ином географическом пункте, рост урожая достигается без увеличения водопотребления за счет повышения уровня агротехники и плодородия почвы. Эта связь впервые была подмечена А. Н. Костяковым (1951).

А. А. Черкасовым (1958) предложено уравнение, отображающее количественную характеристику изменения удельного водопотребления растений.

$$K_2 = K_1 \sqrt{\frac{У_1}{У_2}}.$$

В этом уравнении опытным путем установлены:

K_1 — коэффициент водопотребления; $У_1$ — урожай, соответствующий данному уровню водопотребления; K_2 и $У_2$ — рассчитываемые величины.

Для урожая $У_2$ коэффициент водопотребления K_2 можно рассчитать по вышеуказанному уравнению.

Выявленная и потенциальная продуктивность кукурузы при регулируемом водном режиме почвы свидетельствует о возможности использования этой культуры для повышения валовых сборов зерна с орошаемых земель. Под посевы кукурузы следует отводить 20—30% севооборотных площадей на юге Украины и Северном Кавказе в хозяйствах зерново-животноводческой специализации.

САХАРНАЯ СВЕКЛА

В нашей стране эту культуру возделывают в основном на неорошаемых землях в лесостепной зоне.

Посевы сахарной свеклы на орошаемых землях занимают небольшой удельный вес от ее общей площади в стране — около 5%. Они распространены в Казахской ССР и Киргизской ССР, Грузинской ССР и Армянской ССР и на небольшой площади на юге Украинской ССР, в Молдавской ССР и на Северном Кавказе.

По разработкам Союзводпроекта, посевы сахарной свеклы на орошаемых землях можно увеличить на 150—200 тыс. га, что позволит повысить валовой сбор сахарной свеклы на 7—8 млн. т и дополнительно производить 1 млн. т сахара. Такую задачу намечается решать ком-

плексно на основе строительства сахарных заводов, создания свеклосеющих совхозов и организации в них откормочных пунктов, то есть на основе агропромышленных объединений. Эти объединения, или комплексы, могут быть созданы в зоне крупных оросительных систем на юге Украинской ССР, Северном Кавказе и в Поволжье.

Второе направление работ по увеличению производства сахарной свеклы — организация орошения в зонах развитого свеклосеяния, где уже имеется перерабатывающая промышленность и накоплен большой опыт выращивания этой культуры.

Зарубежный опыт подтверждает высокую эффективность возделывания сахарной свеклы при орошении. Так, в США более 70% посевных площадей сахарной свеклы размещены на орошаемых землях в западных и центральных штатах. Лишь незначительная часть посевов этой культуры размещена в восточных штатах, где годовая сумма осадков превышает 600—700 мм. Урожайность сахарной свеклы при орошении в западных штатах составляет 450—500 ц/га, или на 50—70% выше, чем без орошения в восточных. Даже в зоне достаточного увлажнения отмечена тенденция расширения посевов сахарной свеклы при орошении. В последние годы орошение свеклы в отдельные засушливые периоды применяют фермеры Северной Дакоты. В условиях субтропического климата Калифорнии, где годовая сумма осадков более 1000 мм, сахарную свеклу возделывают также при орошении. Ежегодно проводят 2—3 полива дождеванием или по бороздам.

У сахарной свеклы формируется мощный листовой аппарат и глубокая корневая система. Вегетация этой культуры продолжается практически в течение всего теплого периода в данной местности. Сахарная свекла отличается высокой способностью использования фотосинтетически активной радиации, в течение всего вегетационного периода нуждается в хорошем увлажнении почвы. Этому требованию отвечает полностью регулируемый тип водного режима почвы.

Суммарное водопотребление сахарной свеклы при регулируемом водном режиме почвы колеблется от 3600 до 8000 м³/га, в зависимости от почвенно-климатических условий. Поливы этой культуры проводят дождеванием или по бороздам.

Влияние орошения на рост и развитие растений, а также характеристика водопотребления сахарной свеклы рассмотрены на основе анализа материалов государственного испытания сортов и гибридов, обобщения производственного опыта и данных научно-исследовательских учреждений.

Валовой сбор сахарной свеклы с орошаемых земель составляет 4,5—6,1 млн. т в год, из них 85% приходится на Киргизскую ССР и Казахскую ССР. Урожайность сахарной свеклы на орошаемых землях Казахской ССР и Киргизской ССР составляет 300 ц/га (табл. 73).

Таблица 73

Урожайность фабричной сахарной свеклы на орошаемых землях, ц/га

	1961—1965 гг.	1966—1970 гг.	1971—1974 гг.
СССР	301	335	332
Казахская ССР	235	333	290
Киргизская ССР	335	342	374

В свеклосеющих хозяйствах Украины и Северного Кавказа с орошаемых земель собирают по 300—350 ц/га и более. Высокие урожаи при орошении получают свекловоды Грузинской ССР и Армянской ССР, однако площадь посева этой культуры здесь составляет лишь 3—4 тыс. га.

В Казахской ССР и Киргизской ССР сортоиспытание на богарных землях не проводится. К сожалению, с 1969 г. нет данных о сортоиспытании сахарной свеклы на орошаемых сортоучастках южных областей Украины. В 1969 г. урожайность сахарной свеклы при орошении на сортоучастках Херсонской области составила 515 ц/га, а в Крымской области — 822 ц/га. Это свидетельствует о том, что на орошаемых землях можно получать сахарной свеклы по 450—500 ц/га и более (табл. 74).

При орошении несколько снижается сахаристость свеклы и выход сахара при ее переработке. По данным научно-исследовательских учреждений, сахаристость свеклы изменяется не только от орошения, то есть от водного режима почвы, но и от питательного режима. При правильном сочетании орошения и удобрений можно избежать снижения сахаристости.

Таблица 74

Урожайность сахарной свеклы на государственных сортоиспытательных участках (1969—1973 гг.), **ц/га**

Месторасположение государственного сортоиспытательного участка	Орошаемые земли		Богарные земли	
	в среднем за год	отклонения от среднего	в среднем за год	отклонения от среднего
СССР	456	421—483	—	—
Казахская ССР	428	370—540	—	—
Киргизская ССР	425	412—442	—	—
Ставропольский край	494	357—708	318	149—484
Краснодарский край	642	574—719	340	259—412
Чечено-Ингушская АССР	402	320—479	316	164—415

До последнего времени сахарную свеклу поливали главным образом по бороздам. Это требовало увеличения ширины междурядий по сравнению с принятой в богарных посевах. Маневренность таких поливов невысокая, на поле периодически меняется увлажнение почвы от избыточного в период самих поливов до подсушек перед очередным поливом. Поэтому практические возможности управления водным режимом почвы были ограниченны. В последнее время эта задача более успешно решается за счет применения поливов дождеванием. Многоопорные дождевальные машины «Фрегат» и «Волжанка» можно использовать без изменений принятой технологии выращивания свеклы и в то же время проводить поливы с любым интервалом во времени.

Ниже рассмотрены основные вопросы возделывания сахарной свеклы при орошении на Северном Кавказе и Поволжье на примере отдельных опытов ЮжНИИГиМ.

На полях Ставропольской ОМС на основе многолетних исследований определяли влияние глубокого промачивания почвы на суммарное водопотребление сахарной свеклы, изучали роль отдельных генетических горизонтов в удовлетворении потребностей растений в воде и другие вопросы.

Посевы проводили на предкавказском тяжелосуглинистом черноземе. Содержание гумуса в пахотном слое 4—5%, общего азота 0,28—0,38%, фосфора 0,13—0,17%. Скважность слоя почвы 52%, средняя плотность 1,28, плотность 2,66 г/см³. Грунтовые воды на одном участке находились на глубине более 5 м, на втором участке —

на глубине 2,5—3,3 м. Минерализация грунтовых вод слабая.

Изучаемый в опыте сорт сахарной свеклы — Ялтушковская односемянная, посев широкорядный с междурядьем 60 см. Удобрения вносили в дозе $N_{150}P_{180}K_{120}$.

Влажность метрового слоя почвы поддерживали с помощью вегетационных поливов в интервале НВ—ВРК, не допускалось уменьшение влажности почвы более чем до 70% полевой влагоемкости. Суммарное водопотребление сахарной свеклы составило 6160 м³/га с колебаниями от 5681 до 6556 м³/га (табл. 75).

Таблица 75

Суммарное водопотребление сахарной свеклы на Ставропольской ОМС (1959—1965 гг.)

Вариант опыта	Период наблюдений, лет	Суммарное водопотребление, м³/га			Коэффициент водопотребления	Урожайность, ц/га
		среднее	максимальное	минимальное		
Поливы при снижении влажности почвы до 70% ППВ:						
в слое 0—100 см	6	6166	6556	5681	96,5	652
в слое 0—150 см	4	6439	6370	6508	97,0	660

Во втором варианте (табл. 75) суммарное водопотребление было на 273 м³/га выше, чем в первом, а урожайность сахарной свеклы на 8 ц/га больше, чем в первом варианте, поэтому коэффициент водопотребления был примерно одинаковый.

Наибольшее среднесуточное водопотребление у орошаемой сахарной свеклы наблюдалось в июле — августе, то есть в период интенсивного роста листьев и корнеплода. Оно составляло 88 м³/га с колебаниями по годам от 104 до 65 м³/га. Максимальный урожай (699 ц/га) в этих опытах получен в 1964 г. во втором варианте.

При регулируемом водном режиме почвы в опытах с различной густотой растений урожайность сахарной свеклы колебалась от 610 до 829 ц/га (табл. 76).

Таблица 76

Влияние густоты растений на урожайность сахарной свеклы на Ставропольской ОМС

Схема посева	Густота перед уборкой	Урожайность корней, ц/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, ц/га
Междурядье 60 см, в ряду между растениями 18 см (60×18)	92	727	13,4	97
	91	829	14,9	123
	87	610	16,7	102
	85	674	14,3	96
Прямоугольно-гнездовое междурядье 60 см, в ряду вырез 27 см — гнездо 18 см, в букете 2—3 растения	76	762	14,2	110
	84	629	15,1	95

Эти данные свидетельствуют о возможности значительного повышения валовых сборов сахарной свеклы в Ставропольском крае за счет орошения.

Сахарная свекла при орошении развивает мощную корневую систему, причем мощность распространения корней зависела от поливного режима. Глубокое промачивание почвы стимулировало формирование более мощной корневой системы, наоборот, при проведении частых поливов малыми нормами развивалась менее мощная корневая система. Максимальная глубина проникновения корней — 3,2 м — отмечена в варианте с поливами грузной нормой.

В таблице 77 приведены данные о мощности развития корневой системы по горизонтам.

Таблица 77

Масса корней сахарной свеклы (в г) по слоям почвогрунта в 1964 г. на Ставропольской ОМС (Ю. Ф. Миронов)

Вариант опыта	Дата определения	0—50 см	50—100 см	100—150 см	150—200 см	200—250 см	250—300 см	0—100 см	0—200 см	0—300 см
При орошении	10/VII	11,9	10,3	2,4	0,8	0	0	23,2	25,5	—
	11/VIII	28,8	12,0	10,6	12,1	3,3	1,6	40,8	63,5	68,4
	28/IX	30,9	19,0	19,3	22,2	20,3	5,5	49,9	91,1	117,4
Контроль (без орошения)	10/VII	2,8	3,0	2,5	1,1	—	—	5,8	9,4	—
	11/VIII	20,9	6,8	5,1	6,3	6,0	2,9	27,7	39,1	48,0
	28/IX	26,7	12,6	15,2	11,6	3,8	2,1	39,5	66,0	72,0

Масса корней показана в расчете на призму с площадью основания 1 м² и высотой, равной мощности горизонта, указанной в таблице 77.

По всем определениям в поливном варианте зарегистрирована большая масса корневой системы. В слое 0—100 см наблюдалось постепенное уменьшение разницы с 16,4 г, выявленной 10/VII, до 10,4 на 28/IX. В слое 0—200 см прослеживалось постепенное увеличение разницы с 16,1 до 25,1 г. Эти данные указывают на тесную связь мощности развития корневой системы сахарной свеклы и потребления влаги из разных горизонтов.

В среднем за два года суммарное водопотребление сахарной свеклы в расчете на метровый слой почвы при поливе грузными нормами равнялось 7300 м³/га, а обычными 6300 м³/га.

Сахарная свекла, формируя глубокую корневую систему, потребляет влагу из второго и даже из третьего метра. Однако, как замечено Ю. Ф. Мироновым (1969), растения начинали активно потреблять влагу из нижних слоев после того, как влажность вышележащего метрового слоя снижалась более чем до 75% ППВ. Способность сахарной свеклы потреблять влагу из нижних горизонтов почвы как бы показывает возможный путь создания гарантированных запасов влаги в почве с помощью поливов грузной нормой. Но такая возможность создается не во всех случаях. Она не проявлялась так рельефно на каштановых тяжелосуглинистых почвах Поволжья.

На б. Валуйской опытно-мелиоративной станции в течение 1962—1965 гг. изучали вопросы режима орошения и водопотребления сахарной свеклы. В посевах использовали два сорта сахарной свеклы: в 1962 г. Первомайский 028, в 1963—1965 гг. Рамонская 06. Посев широкорядный с междурядьями 60 см. Посевы проводили на каштановых карбонатных тяжелосуглинистых почвах. Подстилающая порода — шоколадная каштановая глина. Содержание гумуса в пахотном слое почвы 2,3—2,7%. Полевая влагоемкость метрового слоя почвы на первом опытном участке 25,2%, на втором — 26,8 и на третьем — 27,5% массы сухой почвы. Грунтовые воды залегали на глубине 4—5 м, в период интенсивных поливов они поднимались до 4 м, а в зимний период понижались до 5 м.

В опытах было три предполивных порога влажности

почвы: 60, 70 и 80% полевой влагоемкости в двух сериях. В первой серии эти пороги поддерживались вегетационными поливами на фоне осенней влагозарядки, во второй — с помощью одних вегетационных поливов без влагозарядки. Кроме того, в опытах были варианты с одним влагозарядковым поливом и неполивной, которые рассматриваются в другом разделе работы. Здесь мы остановимся только на вариантах, обеспечивающих регулируемый режим влажности почвы первого типа. Влагозарядку и вегетационные поливы проводили поверхностным способом по бороздам.

Регулируемый водный режим почвы создавался за счет проведения 4—6 вегетационных поливов при 80% ППВ. Оросительная норма составляла 3200—5900 м³/га.

Наблюдения за ходом нарастания площади листовой поверхности и динамикой роста корней показали, что сахарная свекла хорошо отзывается на орошение. В поливном варианте на 12/VIII площадь листовой поверхности достигала 2,8—3,4 м² на 1 м² площади поля, в контрольных делянках — 1,5—1,8 м².

Это оказало большое влияние на накопление урожая корней (табл. 78).

Таблица 78

Масса корня одного растения (в г) в 1965 г. на Валуйской ОМС

Вариант опыта	1/VII	1/VIII	1/IX	1/X
Поливы при 80% ППВ	44,0	352,8	720,3	923,5
Контроль (без орошения)	20,9	81,6	133,4	159,0

Влияние густоты растений на урожай корней сахарной свеклы в варианте с регулируемым водным режимом почвы, создаваемом поливами по бороздам при 80% ППВ, иллюстрируется данными таблицы 79.

Эти данные свидетельствуют о реальной возможности и высокой эффективности возделывания сахарной свеклы в Заволжье при орошении по бороздам. Широкорядная схема посева 60×20 при одном растении и 60×60 с двумя растениями обеспечивала близкую к оптимальной густоту растений, при которой урожайность корней достигала 583—593 ц/га.

Таблица 79

Урожайность сахарной свеклы в зависимости от густоты и площади питания растений в течение 1963—1964 гг. на Валуйской ОМС

Схема посева	Густота растений перед уборкой, тыс. га	Урожайность корней, ц/га	Сахаристость, %	Выход сахара, ц/га
60×20 см (1 растение)	74,9	583,4	18,4	107,3
60×60 см (2 растения)	51,0	593,5	17,7	105,0
60×60 см (3 растения)	74,1	571,0	18,5	105,1

Наблюдения за влажностью почвы позволили установить характер иссушения отдельных горизонтов и их участие в водообеспечении растений.

В таблице 80 приведены данные по потреблению влаги сахарной свеклой из почвы.

Таблица 80

Потребление влаги сахарной свеклой из разных слоев почвогрунта и урожай корней на б. Валуйской опытно-мелиоративной станции (Ю. М. Моисеев)

Вариант опыта	Год	Суммарное водопотребление, м³/га	В том числе из слоя 0—100 см		Урожайность корней, ц/га	Сахаристость, %
			м³/га	%		
Поливы при 80% ППВ	1963	5630	5348	95,0	569,1	18,1
	1964	5322	5175	97,0	508,1	18,9
	1965	6990	6864	98,5	513,5	18,2
	В среднем	5981	5796	96,8	560,2	18,4
Контроль (без орошения)	1963	3168	2566	81,0	101,5	22,5
	1964	4551	3704	83,2	148,6	22,9
	1965	2571	1846	72,0	56,4	20,7
	В среднем	3397	2719	80,0	102,2	22,3

При орошении сахарная свекла поглощала основной объем воды из метрового слоя почвы, в контроле (без орошения) заметно возрастала доля водопотребления из второго метра — до 20—28% вместо 2—5%.

Следовательно, и на темно-каштановых почвах Заволжья прослеживается способность сахарной свеклы формировать более глубокую корневую систему в том случае, когда растения не могут получить достаточного количества влаги из верхних горизонтов почвы. В этих опытах основную роль в водообеспечении играл метровый слой почвы, на что, по-видимому, основное влияние оказали более частые поливы при 80% ППВ (чем в опытах Ставропольской ОМС) и тяжелые подстилающие грунты — шоколадная глина.

По продуктивности при орошении сахарная свекла в Поволжье превосходит другие культуры, хотя на первом этапе требует много внимания, и заслуживает того, чтобы под ее посевы были выделены определенные площади в передовых хозяйствах, обеспеченных рабочей силой.

Районированные на орошаемых землях юга Украины, Северного Кавказа и Поволжья сорта односемянной сахарной свеклы — Белоцерковская, Рамонская, Ялтушковская — требуют за вегетационный период сумму биоклиматических температур 2200—2500 °С.

По отдельным периодам вегетации потребность сахарной свеклы в сумме температур и ее суммарное водопотребление характеризуются следующими данными

Таблица 81

Сумма биоклиматических и эффективных температур и потребление сахарной свеклы по фазам роста в период вегетации

Фаза роста и развития	Сумма биоклиматических температур, °С	Сумма эффективных температур, °С	Суммарное водопотребление, м³/га
Посев — всходы	120	20	250
До появления настоящего листа:			
1-го	100	50	190
2-го	120	70	210
Всходы — начало утолщения корня	580	280	1500
Начало утолщения корня — окончание роста корня	1500	900	3500
Начало утолщения корня — хозяйственная спелость	2000	1300	4100
Посев — хозяйственная спелость	2700	1600	5850

(табл. 81), определенными автором для условий Ставропольского края.

В южных районах страны, где сосредоточены основные массивы орошаемых земель, вполне возможно возделывать не только раннеспелые, но и среднеспелые сорта сахарной свеклы, которые имеют более высокую продуктивность.

ХЛОПЧАТНИК

Особенности роста, водопотребления и формирования урожая этой культуры рассматриваются на основе анализа работы новых совхозов и обобщения исследований других авторов, проведенных в последние годы в Голодной степи. На этом массиве формируется регулируемый тип водного режима почвы промывного подтипа I-Б-05 и I-Б-06.

Почвенный покров Голодной степи представлен светлыми сероземами различной степени солончаковатости, а также луговыми почвами и солончаками. Грунтовые воды находятся на глубине 5—20 м, их минерализация 5—60 г/л и более, сульфатного и хлоридного состава.

На массиве нового орошения одновременно с оросительной сетью строят горизонтальный закрытый дренаж на глубине 3,0—3,5 м с междренным расстоянием 300—400 м и на части территории вертикальный дренаж. В настоящее время удельная протяженность дрен на 1 га составляет около 42 м (табл. 82).

Среди крупных орошаемых массивов нашей страны Голодная степь занимает ведущее место по удельной протяженности дренажной сети.

Таблица 82

Протяженность дренажа и темпы его строительства в совхозах Голодной степи, км

Показатели	1960 г.	1961—1965 гг.	1966—1970 гг.	1971—1975 гг.
Построенный дренаж по годам	27	1262	5181	6 200
Общая протяженность с начала строительства	27	1289	6470	13 370
Удельная протяженность дрен на 1 га, м	5,1	10,7	25,9	41,8

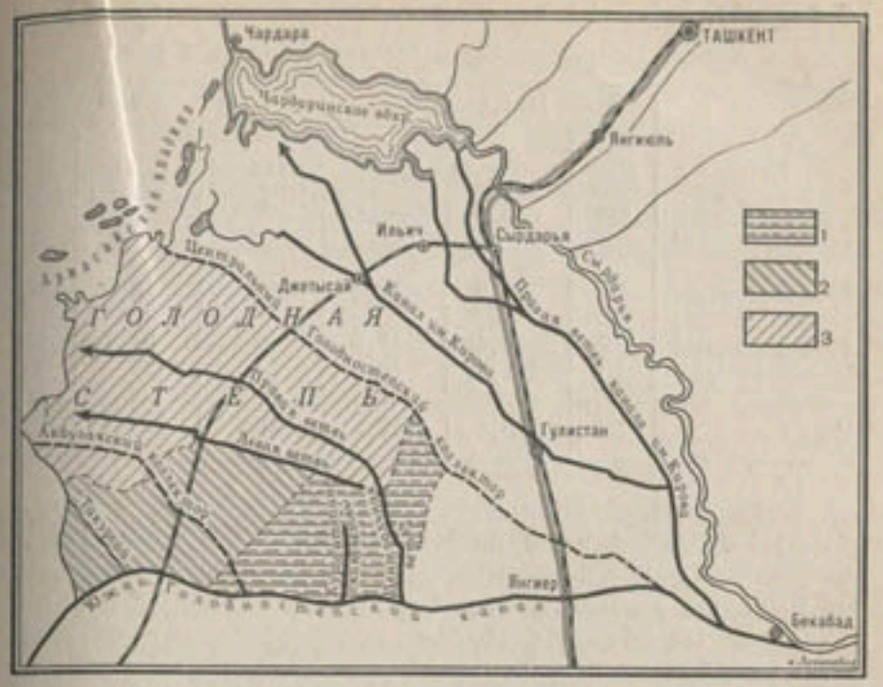


Рис. 21. Схема массивов Голодной степи:
1 — совхозы Юго-Восточного массива; *2* — совхозы Юго-Западного массива; *3* — совхозы Центрального массива.

Оросительная сеть в совхозах Голодной степи выполнена из лотков. Основной способ полива — поверхностный по бороздам. Длина поливных борозд 150—500 м. Подача воды в поливные борозды ведется с помощью поливных шлангов, которые подсоединяются к водовыпускам лотковой сети, расположенным через каждые 240 м. В отдельных случаях водозабор из лотков осуществляется с помощью сифонов.

В настоящее время в Голодной степи организовано и функционирует 40 хлопководческих и 4 плодово-овощеводческих совхоза, размещенных на трех массивах (табл. 83).

На рисунке 21 дано размещение совхозов на массиве новой зоны Голодной степи. Строительство и освоение начиналось с Юго-Восточного массива. По состоянию на 1 января 1975 г. в организованных совхозах введено 241,3 тыс. га орошаемых земель, в том числе пашни в сельскохозяйственном обороте 226,3 тыс. га.

Таблица 83

Характеристика массивов орошения Голодной степи

Массив	По проекту			Фактически		
	всего совхозов	орошаемая пашня, тыс. га	в том числе засоленных, требуется промывка	организовано совхозов	земель в обороте	% к проекту
Юго-Восточный	13	81,6	72,2	10	45,0	63
Юго-Западный	12	62,4	13,0	12	61,2	98
Центральный	25	131,4	18,5	24	120,1	92
Всего	50	275,4	103,7	46	226,3	82

Совхозы Голодной степи преимущественно одноусадебные с площадью орошаемых земель 6—7 тыс. га. На центральной усадьбе выстроены жилые дома и культурно-бытовые здания. Имеются школа, больница и производственные объекты. Поселки совхозов электрифицированы и радиофицированы, имеют инженерные коммуникации, улицы озеленены, дороги асфальтированы.

Основная производственная единица совхоза — бригада, за которой закреплена площадь 100—150 га. Бригады объединены в отделения или агропроизводственные участки с площадью землепользования 1,5—1,8 тыс. га. Базой отделения является производственно-хозяйственный центр с помещениями для хранения и ремонта техники, склад для инвентаря. Для бригад строится полевой стан.

Комплексный характер освоения земель Голодной степи позволил значительно ускорить темпы ввода орошаемых земель и решить многие вопросы организации сельскохозяйственного производства. Уже в ходе строительства совхозы выращивают сельскохозяйственную продукцию и участвуют в выполнении плана государственных закупок.

В таблице 84 приведены данные по вводу и освоению орошаемых земель.

Ежегодно в Голодной степи вводится по 16—18 тыс. га орошаемых земель. Освоение земель в новой зоне ведется более быстрыми темпами, чем в старой.

Автором настоящей работы вместе со специалистами и руководителями совхозов и Главсредазирсовхоз-

Таблица 84

Ввод орошаемых земель и их освоение

Годы	Введено орошаемых земель (пашни), тыс. га	Освоено под посев сельскохозяйственных культур, тыс. га	Посевная площадь хлопчатника (в конце периода), тыс. га	Государственные закупки хлопка, тыс. т	Средняя урожайность хлопка, ц/га	Производство хлопка на 1 рабочего, кг
1961—1965	80,5	67,2	53,5	253,0	13,9	10,3
1966—1970	80,8	76,2	55,9	678,2	16,1	14,7
1971—1975	88,1	81,1	56,1	1462,3	20,5	15,1
Всего за 1961—1975	249,4	224,5	165,5	2493,5	18,8	14,8

строя на основе изучения достижений отечественного и мирового опыта в хлопководстве разработан и внедрен комплекс мероприятий по первичному освоению орошаемых земель и возделыванию хлопчатника. Особого внимания заслуживают отдельные элементы этого комплекса, впервые примененные в совхозах Голодной степи и получившие высокую оценку хлопкоробов: полив хлопчатника по бороздам с помощью гибких шлангов, изготовленных из капроновой ткани; посев оголенными семенами с помощью сеялок точного высева; посев с широкими междурядьями и применение комплекса машин по возделыванию и уборке хлопчатника с междурядьем 90 см; применение комплекса агротехнических мер и химических средств борьбы с сорняками, формирование загущенных посевов более 100 тыс. растений на 1 га, нормы внесения минеральных удобрений.

Специального рассмотрения заслуживают вопросы первичного окультуривания орошаемых земель и изучение роли минеральных удобрений.

Процесс окультуривания светлых сероземов Голодной степи очень сложен. Как показали наблюдения, высокие температуры и интенсивная обработка почв при подготовке их к освоению приводят к быстрой минерализации органического вещества, большим потерям гумуса. Его содержание в пахотном горизонте в первый же год может снизиться в 1,5—2 раза по сравнению с исходным.

Опыт работы совхозов Голодной степи показал, что на основе регулируемого водного режима почвы и ком-

плекса агротехнических мероприятий можно добиться быстрого восстановления эффективного плодородия и повысить его по сравнению с исходным. В комплексе этих мероприятий большую роль играют минеральные удобрения, которые требуется вносить увеличенной нормой, рассчитанной на восстановление утраченного плодородия за короткий срок.

Норму минеральных удобрений под хлопчатник на новых орошаемых землях M_x можно рассчитать по зависимости, установленной автором:

$$M_x = M_1(1 + abcd),$$

где M_1 — норма внесения минеральных удобрений под хлопчатник для данного типа почв на староорошаемых массивах; a — коэффициент окультуренности почв; b — коэффициент дефектности, отражающий потери плодородия при капитальной планировке; c — коэффициент дренированности территории, применяется при удельной протяженности дренажа более 25 м на 1 га; d — коэффициент, учитывающий вынос питательных веществ с промывными поливами.

Влияние норм минеральных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур прослеживается при сравнении показателей двух совхозов Юго-Восточного массива Голодной степи: им. Титова и «Правда». Почвенные и мелиоративные условия в этих хозяйствах одинаковые, но совхоз им. Титова как показательный получал и вносил удобрения под хлопчатник по более высокой норме, чем совхоз «Правда». Это незамедлительно сказалось на урожайности хлопчатника и всей производственной деятельности сравниваемых хозяйств (табл. 85).

Внесение более высоких норм удобрений в совхозе им. Титова с первых лет освоения орошаемых земель значительно ускорило получение проектной урожайности хлопчатника. В этом совхозе отмечена более высокая эффективность использования минеральных удобрений еще в первый период освоения. На 1 т питательных веществ минеральных удобрений в совхозе им. Титова получена в среднем за пять лет прибавка хлопка 4,23 т, а в совхозе «Правда» — 3,78 т, то есть на 10,5% меньше.

Однако не только эти показатели характеризуют издержки совхоза «Правда». Начиная с шестого года деятельности в совхозе стали вносить удобрения по более высокой норме, примерно такой же, как и в совхозе им. Титова. Отставание же в урожайности, то есть недобор по сравнению с проектной, наблюдалось в последующие четыре года. Только на десятый год (1970 г.) в

Таблица 85

Влияние норм минеральных удобрений на урожайность хлопка-сырца при регулируемом типе водного режима почвы на светлых сероземах Голодной степи

Год освоения	Совхоз им. Титова			Совхоз «Правда»		
	удобрения, кг действующего вещества на 1 га	урожайность, ц/га	прибавка от удобрений, ц/га	удобрения, кг действующего вещества на 1 га	урожайность, ц/га	прибавка от удобрений, ц/га
1-й	160	10,4	4,4	80	8,8	2,8
2-й	248	13,7	7,7	140	13,3	7,3
3-й	305	19,9	13,9	152	12,6	6,6
4-й	330	21,0	15,0	180	11,3	5,3
5-й	350	24,0	18,0	220	13,6	7,6
В среднем за 5 лет	278,6	17,8	11,8	156,4	11,9	5,9

совхозе «Правда» была получена урожайность 20 ц/га, а за последние четыре года — более чем по 30 ц/га (табл. 86). В 1974 г. совхоз «Правда» стал победителем социалистического соревнования, ему вручено Красное знамя ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ.

При рассмотрении эффективности минеральных удобрений на фоне регулируемого водного режима почвы вполне законно требование сузить сферу анализа только к той части урожая, которая связана с самими удобрениями. Однако практически это требование невыполнимо по той причине, что достоверных методов выделения такой части в полевых условиях не существует. Примененная автором методика исчисления прибавок урожая по исходному плодородию почвы также условна. Именно с такой поправкой можно рассматривать приведенные данные. Они относительны, так как слишком велика доля влияния таких факторов, как капитальные планировки и промывки, дренированность и эффект плодосмена, организационно-технические и климатические условия, сложившиеся в конкретном году. Автором сделана попытка отразить это в ранее приведенной формуле определения нормы минеральных удобрений.

Капитальная планировка оказывает очень большое отрицательное влияние на плодородие почвы. На срезках обнажаются менее плодородные слои почвы, на

Таблица 86

Основные показатели производства хлопка-сырца в совхозах им. Титова и «Правда» в девятой пятилетке

Год	Совхоз	Минеральные удобрения, кг действующего вещества на 1 га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, тыс. т	Произведено хлопка на 1 рабочего, т	Прибыль по совхозу, тыс. руб.
1971	Им. Титова	335	23,9	16,6	195	2566
	«Правда»	350	23,0	14,2	183	3020
1972	Им. Титова	365	25,4	17,3	162	1647
	«Правда»	355	26,7	14,8	191	2463
1973	Им. Титова	358	30,4	20,1		
	«Правда»	360	28,5	15,5	176	2214
1974	Им. Титова	360	30,2	20,4		
	«Правда»	360	30,7	16,1	194	2087

засыпках происходит погребение плодородного слоя, разрушение структуры и ухудшение других водно-физических свойств почвы. Степень отрицательного влияния планировки зависит от глубины срезок и засыпок, их площади и объема земляных работ по перемещению грунта на каждом гектаре. На полях с объемом земляных работ при планировке более 700 м³/га происходит настолько существенное снижение плодородия почвы, что становятся необходимы дополнительные агромелиоративные приемы по его восстановлению. Среди них одно из первых мест занимает внесение минеральных и органических удобрений, особенно важны специальные мероприятия по сохранению плодородного слоя на полях с помощью «кулисных планировок». Однако и в этом случае снижение потенциального плодородия почвы неизбежно из-за механических воздействий на почвенную структуру во время многократных перемещений.

В связи с этим после капитальной планировки с объемом земляных работ более 0,7—1,0 тыс. м³/га требуется внести минеральные удобрения по норме, увеличенной в первый год на 35—40%, во второй год — на 25—30 и в третий — на 15—20%. В этом случае плодородие восстанавливается наиболее равномерно по всему полю, что подтверждено практической работой совхозов Голодной степи.

О связи эффективности действия минеральных удобрений с другими факторами имеются подробные разра-

ботки СоюзНИХИ и других учреждений, которые учтены автором при рассмотрении данного вопроса.

Во всей работе по освоению орошаемых земель необходимы тщательные наблюдения и контроль за характером развития растений, объективный учет и оценка условий водного режима почвы, чтобы не допустить его изменений за пределы регулируемого типа.

До 1966 г. в совхозах Голодностепстроя посевы хлопчатника проводили с междурядьем 60 см. В первый год восьмой пятилетки 21,4 тыс. га, или 32,5% посевной площади, было отведено под широкорядные посевы с междурядьем 90 см. В 1969 г. все посевы хлопчатника в Голодной степи были широкорядными с междурядьем 90 см.

Переход на посев с широкими междурядьями сопровождался отработкой других элементов комплекса. В 1967 г. начали внедрять обработку почвы в рядках гербицидом которан с помощью ПГС-2,4, смонтированным в одном агрегате с сеялкой. За четыре года удельный вес площадей, обработанных гербицидом, возрос с 14,2% в 1967 г. до 77,8% в 1969 г.

За этот же срок были внедрены посев оголенными семенами, высев заданного количества семян на 1 м рядка (точный высев) с целью повышения густоты стояния растений до 100—110 тыс. на 1 га и более.

В конечном счете эти мероприятия позволили резко уменьшить засоренность полей, создали условия для внедрения машинной уборки урожая, сократили производственные издержки и обеспечили рост урожая хлопка.

Широкие междурядья в первую очередь позволили увеличить удельный вес обрабатываемой площади с помощью тракторных культиваций. Как видно из рисунка 22, при посеве с междурядьями 60 см при ширине защитной полосы 10 см обрабатываемая площадь равна 66,7%, что следует из расчета: $\frac{(60-20)\cdot 166,7}{10\,000} \cdot 100$, а при междурядьях 90 см она вырастает до 77,8% $\left(\frac{(90-22)\cdot 111,1}{100}\right)$. В сочетании с химической обработкой полосы рядка достигалась наибольшая эффективность очистки полей от сорняков. Это было сразу же высоко оценено хлопкоробами. Хозяйства Голодной степи первыми в стране начали в широком масштабе применять гербицид которан

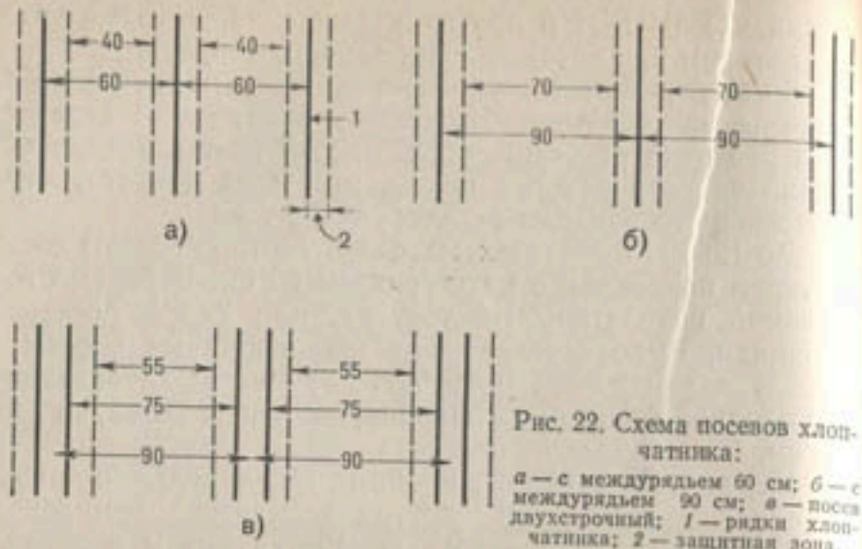


Рис. 22. Схема посевов хлопчатника:

а — с междурядьем 60 см; *б* — с междурядьем 90 см; *в* — посев двухстрочный; *1* — рядки хлопчатника; *2* — защитная зона.

(рис. 23). В 1967—1969 гг. на совхозы Голодной степи приходилось 70—85% всех обработанных этим гербицидом производственных посевов хлопчатника в стране.

Очистка полей от сорняков позволила значительно повысить уровень механизации уборки хлопка. Если в предшествующие годы машинами убирали не более 55% урожая, то с 1967 г. удельный вес машинного сбора стал неуклонно повышаться, а начиная с 1970 г. машинами убирают от 78 до 85% всего урожая.

Особенно наглядно это прослеживается на рисунке 23. В 1971—1973 гг. совхозы Голодной степи к 15—20 октября успевали убрать 80—85% всего урожая хлопка, главным образом машинами. К этому времени ими выполнялся государственный план закупок хлопка и сверхплановое задание. В последующие сроки проводилась подборка с привлечением на короткий срок временной рабочей силы.

Удельный вес широкорядных посевов находится в тесной корреляционной связи ($r=0{,}85$) с уровнем механизации и выработкой на одну хлопкоуборочную машину (рис. 24). Отклонения в этой связи проявились в 1969 г., который характеризовался особым температурным режимом и большим количеством осадков. Он был очень холодным и влажным, в таких условиях резко снизилось действие гербицидов, очень сильно затянулось созревание хлопка. Уборка урожая началась в конце сентября, или на 22 дня позднее среднемноголетней даты.

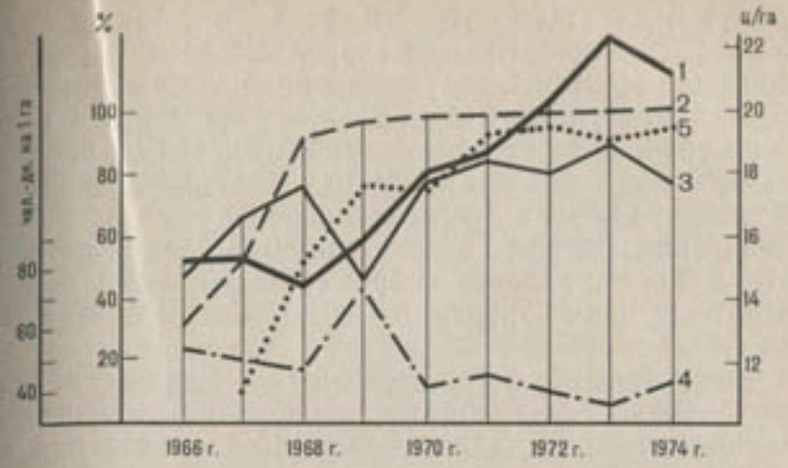


Рис. 23. Влияние отдельных агротехнических показателей на урожайность (*1*) хлопка: *2* — широкорядный посев (% от общего); *3* — уровень механизации; *4* — затраты труда (чел.-дн. на 1 га); *5* — обработанная гербицидами площадь (% к посевной).

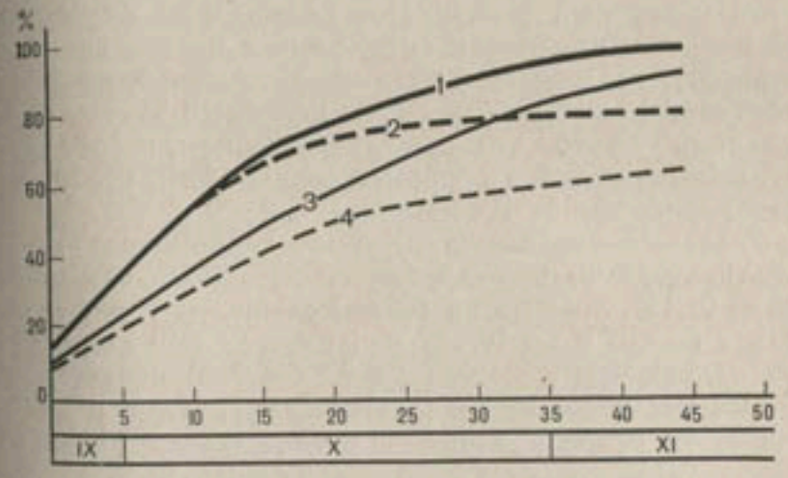


Рис. 24. График связи темпов уборки хлопка с уровнем механизации:

1 — темпы уборки и *2* — уровень механизации (1971—1975 гг.); *3* — темпы уборки и *4* — уровень механизации (1966—1970 гг.).

По графику легко прослеживаются обратная связь уровня механизации уборки хлопка и затрат труда на его возделывание. Прямая корреляционная связь характерна для урожая с полученной прибылью и химической обработки. При этом было также отступление в 1969 г., когда урожай хлопка получен больше, чем на предшествующую дату, а объем прибыли значительно сократился. Объяснение можно получить только на основе сопутствующих наблюдений и учетов. Благодаря затяжной и теплой осени удалось собрать урожай ценой больших затрат ручного труда, о чем свидетельствует кривая *4*.

Рассмотренные показатели подтверждают правильность избранного направления работ по совершенствованию технологии возделывания хлопчатника при орошении.

Учитывая решающую роль машинного сбора во всем комплексе уборочных работ и связи этих процессов с мероприятиями по очистке полей от сорняков, заслуживает внимания возникшее в последние годы предложение о применении двухстрочных посевов хлопчатника. Не рассматривая в деталях другие аспекты этой проблемы (в частности, изменения пространственной ориентации фотосинтезирующего аппарата растений, краевого эффекта и другие тонкости этой сложнейшей биосистемы, что является предметом специальных исследований физиологов), мы обязаны обратить внимание практических работников, занятых освоением целинных земель Голодной степи на то, что при двухстрочном посеве резко ухудшаются условия борьбы с сорняками и условия работы хлопкоуборочных машин.

Удельный вес площади, обработанной тракторными культиваторами, при двухстрочном посеве самый низкий — 61,1%, то есть на 5,6% меньше, чем при междурядьях 60 см, и на 16,7% меньше, чем при широкорядном однострочном посеве на 90 см. Что касается уборочных машин со шпиндельными аппаратами и подборщиков, то существующие их модификации разрабатывались только для уборки однорядных посевов хлопчатника, при двухстрочном посеве резко возрастают потери самых ценных первых коробочек.

Все это необходимо учитывать при внедрении любого нового приема. Лучший способ проверки новых предложений обеспечивается в производственных условиях

самих хозяйств. Но такие проверки должны осуществляться на ограниченных площадях и сопровождаться точной характеристикой сложившихся условий.

Перевооружение хозяйств новой техникой на междурядья в 90 см было связано с издержками. Однако они были оправданы. Использование мощных тракторов МТЗ-50Х позволило повысить производительность труда на 20—25%, сократить потребность в основных машинах в 1,5 раза и тем самым уменьшить капитальные вложения на приобретение техники.

Переход на широкие междурядья позволил решить ряд других вопросов, например улучшение качества поливов и сохранение необходимой густоты растений на площади. Вновь организуемые совхозы обычно не имеют достаточного числа квалифицированных механизаторов, а молодые-трактористы быстрее осваивают широкие междурядья, при которых посевы не повреждаются во время обработки.

Разработанный комплекс включал также обязательную планировку полей, глубокую зяблевую вспашку двухъярусными плугами, внедрение севооборотов, проведение осенне-зимних влагозарядковых поливов и другие мероприятия.

Таким образом, из всех элементов комплекса необходимо выделить переход на посев хлопчатника с широкими междурядьями (90 см). Именно на основе широких междурядий удалось получить должную эффективность от внедрения поливной техники, повысить производительность труда на поливе и добиться улучшения качества полива. В хозяйствах стали широко применять поперечную схему полива, когда поливной трубопровод располагается вдоль участкового оросителя.

По данным фактического учета, производительность труда в совхозе им. Волкова возросла в 1,77 раза по сравнению с продольной схемой полива хлопчатника с междурядьем 60 см. В совхозах им. Волкова, XV лет ВЛКСМ и им. Икрамова впервые были применены поливные борозды длиной 400—500 м. При широких междурядьях и поперечной схеме полива производительность труда поливальщика составляла 2,0—2,5 га за смену; кроме того, достигалась согласованность полива с последующими обработками междурядий.

Из-за большой макропористости грунтов их фактическая водопоглощающая способность при проведении

поливов в первые годы оказалась в 1,4—1,7 раза выше, чем на второй или третий годы орошения, а пропускную способность каналов рассчитывали по наименьшему гидромодулю без внесения поправок на повышенную фильтрацию почвогрунтов при первых поливах. В связи с этим в отдельных совхозах Юго-Восточного массива, например в совхозе им. Титова, им. Гагарина и др., пришлось в дополнение к лотковой оросительной сети строить временные оросительные каналы в земляном русле. Эти особенности целинных земель Голодной степи были в последующем учтены. Строительство оросительной сети на Центральном и Юго-Западном массивах ведется с расчетом подачи увеличенных объемов воды для полива земель в первые годы освоения.

В таблице 87 приведены поливные и оросительные нормы, применяемые для хлопчатника в совхозе им. Титова.

Таблица 87

Фактические поливные и оросительные нормы хлопчатника в совхозе им. Титова (по данным Голодностепстроя)

Показатели	1965 г.	1966 г.	1967 г.	1968 г.
Число вегетационных поливов	5	4	4	4
Поливная норма, м³/га:				
средняя	2 180	2160	1850	1680
максимальная	2 520	3477	2160	1275
минимальная	1 730	1300	1400	886
Оросительная норма, м³/га	10 920	8640	7360	6704

По данным таблицы прослеживается тенденция снижения поливных и оросительных норм в первые годы освоения орошаемых земель, приближение их к показателям проекта Средазгипроводхлопка, которым предусмотрена оросительная норма хлопчатника в первые 2—3 года 8,8 тыс. га, включая 3 тыс. га на осеннюю влагозарядку, а в перспективе соответственно 7,3 тыс. и 1,6 тыс. м³/га.

В этой зоне 80—85% суммарного водопотребления хлопчатника должно покрываться за счет поливов и 15—20% за счет осадков и осенне-зимних запасов влаги, накопленных в почве.

Лизиметрические определения суммарного водопотребления хлопчатника были проделаны Х. А. Амоновым (1967) в совхозе «Теджен» в зоне Каракумского канала, Н. И. Киселевым в совхозе «Пахта-Арал». В совхозе «Теджен» почвенный покров представлен сероземами и такыровидными глинистыми почвами, подстилаемыми суглинками с супесчаными прослойками, в совхозе «Пахта-Арал» — светлыми сероземами на крупнопылеватых среднесуглинистых почвах. Минерализация грунтовых вод соответственно 1,5—8,0 и 1—3 г/л.

Суммарное водопотребление хлопчатника в период с апреля по октябрь, по данным лизиметрических наблюдений, при разной глубине залегания грунтовых вод характеризуется данными таблицы 88.

Таблица 88

Месячное суммарное водопотребление хлопчатника (в м³/га) **в среднем за 4 года в период вегетации** (Амонов, 1967)

Месяц	«Пахта-Арал»		«Теджен»	
	глубина залегания грунтовых вод, м			
	2	3	2	3
IV	150	150	700	820
V	350	470	940	1000
VI	880	920	1 420	1460
VII	1720	1650	2 350	1930
VIII	1660	920	2 740	2330
IX	1110	240	1 400	1080
X	800	540	860	660
Всего	6670	4890	10 410	9280
Урожайность хлопка, ц/га	41,1	36,4	19,8	18,1

Суммарное водопотребление хлопчатника в совхозах новой зоны Голодной степи может быть принято близким к этим величинам.

По данным СоюзНИХИ, суммарное водопотребление хлопчатника в Голодной степи составляет 7,5—9 тыс. м³/га за период от всходов до вызревания. В I период суммарное водопотребление небольшое — 40—70 м³/га в сутки, во II — 80—120 м³/га и в III период хлопкоробы начинают искусственно уменьшать водоподачу, сокращают число поливов, чтобы обеспечить созре-

вание сформированных плодоэлементов и ускорить уборку. Исходя из этого, СоюзНИХИ рекомендует следующий поливной режим хлопчатника в Голодной степи (табл. 89).

Таблица 89

Схема режима орошения, рекомендованного СоюзНИХИ для Узбекской ССР по периодам вегетации

Показатели	I период	II период	III период	За всю вегетацию
Число поливов	1—2	4—5	1—2	6—9
Режим влажности — нижний предел оптимального увлажнения, % ППВ	70—80	70—75	60—65	60—80

Для большинства почв с глубоким залеганием грунтовых вод, по данным СоюзНИХИ, оптимальной является влажность выше 70—80% ППВ в зависимости от физико-химических свойств почвы и периодов роста растений. I период продолжается от всходов до цветения, II — цветение и плодообразование, III — созревание коробочек до уборки.

Большим резервом сокращения суммарного испарения является уменьшение потерь влаги на физическое испарение с поверхности почвы. С этой целью осуществляется система агротехнических мероприятий, включающая ранневесеннее боронование зяби, рыхление поверхности почвы, то есть укрытие влаги после запасных поливов, своевременное рыхление междурядий после поливов в период вегетации, до смыкания растений.

Основной расход влаги на суммарное водопотребление приходится на слой 0—80 см, о чем свидетельствуют данные опытов, проведенных на сероземных почвах в различных зонах хлопководства (Рыжов, 1948).

Возделываемые в настоящее время сорта хлопчатника существенно различаются по потребности в сумме эффективных температур (табл. 90).

Наиболее ценные сорта, дающие волокно второго типа, — С-6002, 5904 — требуют сумму эффективных температур, в 2 раза большую, чем С-4727, 108-Ф и др.

Потребность хлопчатника в сумме температур по отдельным периодам вегетации в условиях Голодной степи выражается данными таблицы 91.

Таблица 90

Характеристика отдельных сортов хлопчатника по потребности в сумме температур за период посев — первый сбор урожая

Сорт	Зона	Сумма биоклиматических температур, °С	Сумма эффективных температур, °С
С-4727	Арысь-Туркестанский канал	3200	1750
Ташкент 1 и 2	Голодная степь	3650	1950
Ташкент 3	» »	3650	1900
108-Ф	» »	3650	1850
6-4727	Казахская ССР	3600	1800
133	Карши	4000	2500
5904	»	4500	3100
8763	Каракумский канал	4700	3800
С-6002	Таджикская ССР	4750	3850

Таблица 91

Потребность в сумме температур и суммарное водопотребление хлопчатника сорта 108-Ф по отдельным периодам вегетации

Периоды	Сумма биоклиматических температур, °С	Сумма эффективных температур, °С	Суммарное водопотребление, м³/га
Посев — созревание — первый сбор	3140	1900	6500
Посев — третий сбор — полное созревание	3840	2800	6900
В том числе:			
посев — всходы	105	85	300
появление настоящего листа:			
1-го	255	175	420
2-го	320	220	700
3-го	410	280	780
Посев — бутонизация	1230	800	2900
Посев — цветение	1600	1000	3700

На опыте Голодной степи изучены и разработаны принципиально новые организационные и технические решения как по водохозяйственному и совхозному строительству, так и по сельскохозяйственному освоению орошаемых земель. Опыт Голодной степи широко используется в мелиорации и освоении аналогичных массивов

в Каршинской степи, низовьях Амударьи, в Яван-Обикиикской долине и других зонах страны.

Совхозы Голодной степи занимают ведущее место по производительности труда и комплексной механизации уборки. Производство хлопка-сырца на одного рабочего здесь составляет 12—15 т, или в 2 раза выше, чем в старой зоне хлопководства. Уровень механизации уборки хлопка достиг 82—85% по сравнению с 38% по стране. В Голодной степи широко применяют поливы с помощью поливных машин и шлангов, эффективно используются гербициды.

Задача хлопкоробов зоны — дальнейшее совершенствование технологии возделывания хлопчатника и других культур хлопкового севооборота в целях повышения урожайности и ускорения окупаемости капитальных вложений.

Исследования показали, что на засоленных полупустынных почвах Голодной степи при промывном, полностью регулируемом водном режиме почвы возможно получать высокие урожаи хлопка и другой сельскохозяйственной продукции. Передовики, хлопкоборы Д. Кучиев, М. Дададжанов, У. Хайдаров и другие в первые годы освоения новых земель получали урожай хлопка по 25—30 ц/га, а на пятый-шестой — по 35—45 ц/га и более. Они своевременно и высококачественно выполняют все агротехнические приемы, без опоздания проводят поливы, поддерживают необходимый режим увлажнения почвы в течение вегетационного периода.

Искусство поливов по бороздам передается у хлопкоробов из поколения в поколение на протяжении длительного исторического периода. Однако квалифицированными поливальщиками обеспечены лишь хозяйства старой зоны орошения. Во вновь организуемых совхозах не хватает квалифицированных хлопкоробов. В то же время им надлежит осваивать самую совершенную технологию возделывания хлопчатника и других культур на основе комплексной механизации производственных процессов и обеспечить значительный рост производительности труда хлопкоробов.

С подобными и даже бóльшими трудностями сталкиваются хозяйства европейской части страны, в которых орошение является совершенно новым делом. Этим хозяйствам в связи с орошением предстоит подняться на новую, более высокую ступень производственной дея-

тельности, освоить новую технологию возделывания сельскохозяйственных культур, эффективно использовать материально-технические ресурсы, добиться значительного повышения продуктивности орошаемых земель.

Рассмотренные нами данные по орошению зерновых, технических и кормовых культур показали, что наивысшая продуктивность у них проявляется при полностью регулируемом водном режиме почвы, основные разновидности и подтипы которого связаны с почвенно-климатическими условиями и технической характеристикой оросительных систем.

Для поддержания на поле полностью регулируемого водного режима почвы требуются объективные методы диагностики сроков полива, точные наблюдения за ходом роста растений и формированием урожая, обеспечение хозяйств прогнозами погоды и данными о фактически сложившейся метеорологической обстановке. Без этого невозможно наладить четкую, ритмичную работу всех производственных звеньев хозяйства и межхозяйственных подразделений, занимающихся водораспределением и организацией работ на поливе.

Опыт показал необходимость организации хозяйственных или межхозяйственных лабораторий по контролю за качеством полива и организации наблюдений за влажностью почвы, за ростом, развитием сельскохозяйственных культур и формированием урожая. Объективная информация о состоянии посевов на орошаемых полях в любой момент вегетации необходима для оперативного управления процессами формирования урожая, установления точных сроков проведения поливов, подкормок, работ по защите посевов от сорняков, вредителей и болезней, а также других операций.

Оснащение агромелиоративных технологических лабораторий оборудованием и приборами должно осуществляться в плановом порядке организациями «Сельхозтехники».

В 1975—1976 гг. были созданы технологические лаборатории в совхозах Главсредволговодстроя им. майского Пленума ЦК КПСС и «Мелиоратор». Специалисты совхозов совместно с лаборантами организовали фенологические наблюдения, наблюдения за динамикой влажности почвы на эталонных полях основных культур и выдавали бригадам информацию о времени проведения очередных поливов на каждом поле. Организационный

период всегда связан с неизбежными издержками и тем не менее в первый же год работа лабораторий получила положительную оценку специалистов, бригадиров и управляющих отделениями.

Совершенствование работы лабораторий повысит культуру земледелия в хозяйствах, ускорит переход к точному регулированию основных процессов выращивания высоких урожаев.

Такие лаборатории создаются также в хлопководческих совхозах Голодной степи.

Годовые ассигнования на содержание лаборатории в количестве трех лаборантов составляют примерно 5—7 тыс. руб. Применительно к хлопководческим совхозам это будет эквивалентно дополнительному урожаю в 1 ц на площади одной бригады.

Все затраты по содержанию агромелиоративных, технологических лабораторий окупаются за счет незначительной доли того дополнительного урожая, который получат хозяйства благодаря объективной информации. Для сравнения обратимся к промышленности.

Ни у кого не вызывает сомнения необходимость создания технологических лабораторий на заводах. Само собой разумеется, что завод не сможет работать без лаборатории. Нетрудно понять, что выращивание сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях по заранее разработанной программе сложнее, чем изготовление продукции на заводе. Температурный режим воздуха и почвы, освещенность посевов, процессы нитрификации и другие факторы формирования урожая аналогичны многим исходным условиям для изготовления промышленных изделий на заводах. Но в первом случае необходимо предугадать направление процессов, практически не повторяемых во времени, и соответственно приспосабливаться к ним, а во втором точно соблюдать многократно повторяемые технологические процессы.

Технологические лаборатории, совершенная аппаратура и точные приборы являются основными рычагами ускорения научно-технического прогресса в орошаемом земледелии.

V
ГЛАВА

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЧАСТИЧНО РЕГУЛИРУЕМОГО ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ

ЗЕРНОВЫЕ КОЛОСОВЫЕ

К настоящему времени накоплен большой опыт применения влагозарядковых поливов при возделывании основных сельскохозяйственных культур в разных почвенно-климатических условиях. Именно этот подтип частично регулируемого водного режима почвы в наибольшей мере проверялся при возделывании зерновых культур не только в научно-исследовательских, но и в производственных условиях на полях колхозов и совхозов.

Среди зерновых культур наибольшей эффективностью использования запасов влаги, созданных влагозарядковыми поливами, отличается озимая пшеница. По сравнению с другими культурами она рано начинает вегетировать весной и лучше других использует влагу из глубинных горизонтов почвы.

Влагозарядковые поливы играют большую роль в формировании корневой системы пшеницы с осени, подготовке растений к зимовке, накоплении достаточного количества углеводов.

Суммарное водопотребление озимой пшеницы при влагозарядке становится более стабильным, чем в контроле без влагозарядки (табл. 92).

На участке с влагозарядковым поливом колебания коэффициентов водопотребления были значительно меньшими, чем в контроле. Причем в контроле при широком отклонении экстремальных значений коэффициента водопотребления от среднего обнаруживается тенденция повышения его при уменьшении суммарного водопотребления в связи с более резким снижением урожайности пшеницы (табл. 93).

Влагозарядковые поливы по полосам проводили с 1 по 15 сентября нормой от 550 до 1100 м³/га, в зависимости от степени иссушенности почвы. Запасы влаги, соз-

Таблица 92

Суммарное водопотребление озимой пшеницы на Аксайском ГСУ в 1956—1960 гг.

Тип водного режима почвы	Суммарное водопотребление в среднем за 5 лет, мм	Отклонения от среднего, мм	Коэффициент водопотребления	
			среднее значение	отклонения от среднего
II-А-01 (влагозарядковый полив)	3172	2980—3550	930	810—1080
Естественное увлажнение (контроль — без орошения)	2139	1906—2350	1320	790—1570

Таблица 93

Урожайность озимой пшеницы сорта Приазовская на Аксайском ГСУ за 1956—1966 гг.

Тип водного режима почвы	Вариант опыта	Средняя за 5 лет, ц/га	Отклонения от средней урожайности, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га	Число поливов	
					влагозарядковых	вегетационных
II-А-01	Влагозарядковый полив	34,5	30,1—43,6	12,4	1	—
Естественное увлажнение	Контроль (без орошения)	22,1	13,1—29,4	0	—	—

данные влагозарядкой, обеспечивали хорошие условия для развития озимой пшеницы с осени, растения приобретали высокую устойчивость к перезимовке. В отдельные годы созданных влагозарядкой запасов влаги и влаги от выпадающих осадков было достаточно для начала весеннего отрастания и развития пшеницы в период кущение — колошение. Все это обеспечивало урожайность зерна при влагозарядке на 12,4 ц/га, или на 56%, большую, чем в контроле. Урожаи при влагозарядке отличались значительно большей устойчивостью по годам, отношение экстремальных значений урожая сельскохозяйственных культур равнялось 1 : 1,45, а в контроле без полива 1 : 2,25.

По нашим расчетам, в опытах Волгоградской опытно-мелиоративной станции влагозарядковый полив под пшеницу проводили дождеванием с помощью ДДА-100М нормой 630 м³/га. Растения получали из почвы от 69 до 93% влаги в легкодоступной форме по разным горизонтам (табл. 94).

Таблица 94

Соотношение форм доступной влаги, потребленной озимой пшеницей сорта Мироновская 808 за 1970—1971 гг.

Форма влаги	Водопотребление			
	всего из слоя 0—100 см	в том числе из слоев		
		0—20 см	20—60 см	60—100 см
Всего, м³/га	3250	1091	1640	519
В том числе легкодоступная:				
м³/га	2735	755	1500	480
%	84,0	69,0	91,5	93,0

При частично регулируемом водном режиме из общего водопотребления из метрового слоя, равного 3250 м³/га, на легкодоступную форму приходилось 84%. Характерно, что доля легкодоступной влаги возрастала от поверхностных горизонтов к более глубоким. Из общего водопотребления на горизонт 0—20 см приходилось 33,8%, на горизонт 20—60 см — 50,5% и на последний горизонт 60—100 см — 16%.

Урожайность зерна за эти годы в варианте с одной влагозарядкой составила в среднем 28,7 ц/га, или на 20,0 ц/га меньше, чем в варианте с влагозарядкой и вегетационными поливами.

Несмотря на многочисленные исследования, еще не все особенности воздействия влагозарядковых поливов на культуру озимой пшеницы полностью раскрыты. Например, нуждается в детальном освещении вопрос о роли влагозарядковых поливов под озимую пшеницу, проводимых с помощью дождевальных установок, бульдозером и другими способами (рис. 25).

О влиянии способов осеннего влагозарядкового полива на урожай озимой пшеницы можно судить по данным опытов, проведенных на Ростовской опытно-мелиоративной станции в 1964—1968 гг. В. А. Козиным (1970).



Рис. 25. Влагозарядка с помощью бульдозера.

Опыты проводили на предкавказском черноземе, в зоне Богаевско-Садковской оросительной системы Ростовской области. Глубина грунтовых вод 2—4 м. Изучаемый сорт Безостая 1. В таблице 95 приведены данные водопотребления и форм использованной влаги.

Влагозарядковые поливы, проводимые перед посевом с помощью дождевальных установок ДДА-100М, обеспечивали хорошие условия влагообеспечения пшеницы не

Таблица 95

Суммарное водопотребление озимой пшеницы и удельный вес легкодоступной влаги из слоя 0—100 см в среднем за пять лет

Вариант влагозарядки	Всего потреблено влаги, м³/га	В том числе		Осадки весенне-летнего периода вегетации, м³/га
		в легкодоступной форме, м³/га	% от общего	
По бороздам	2650	2153	81,0	720
Полив дождеванием	2521	2182	86,5	720
Контроль (без орошения)	2150	1504	70,0	720

только осенью, но и во время весенней вегетации, что подтверждается данными урожайности озимой пшеницы (табл. 96).

Таблица 96

Урожайность озимой пшеницы сорта Безостая 1 при различных способах влагозарядки на Ростовской опытно-мелиоративной станции (В. А. Козин), **ц/га**

Вариант влагозарядки	В среднем за 1965—1968 гг.	Отклонения от средней урожайности по годам
По бороздам до посева	37,9	30,4—42,1
По бороздам после посева	38,3	36,8—41,1
Полив дождеванием до посева	35,3	28,4—41,2
Полив дождеванием после посева	37,5	30,6—43,3
Контроль (без влагозарядкового полива)	22,4	16,1—30,4

Опыты показали, что урожаи озимой пшеницы при осенних влагозарядковых поливах дождеванием практически достигают того же уровня, какой обеспечивался в вариантах с влагозарядкой по бороздам. В отдельные годы урожай озимой пшеницы при проведении осенних поливов дождеванием после посева был более высокий, чем при поливах по бороздам.

Полив дождеванием получил широкое применение в хозяйствах Украинской ССР не только при проведении вегетационных, но и влагозарядковых поливов под озимую пшеницу. Влагозарядковые поливы проводят обычно более грузной нормой, чем вегетационные, что достигается увеличением числа проходов агрегата ДДА-100М по поливаемой площади. В отдельных случаях их число доводят до 9—11 вместо 5—7 проходов во время вегетации. Безусловно, в этом случае резко снижается производительность агрегата, ухудшаются и сами условия промачивания почвы из-за высокой интенсивности дождя. Этот недостаток устраняется при поливе более совершенными дождевальными машинами, например «Фрегатом» или «Волжанкой», у которых интенсивность дождя значительно меньше, чем у ДДА-100М. В США для предпосевного осеннего полива под озимую пшеницу используются агрегаты Walley.

По данным УкрНИИОЗ, в южных областях Украины озимая пшеница по влагозарядке ежегодно дает высокие и устойчивые урожаи (табл. 97). Прибавка урожая

Таблица 97

Эффективность влагозарядковых поливов озимой пшеницы сорта Безостая 1 в степной зоне Украины

Место проведения опытов	Годы	Урожайность, ц/га		Прибавка от влагозарядки, ц/га
		при влагозарядке	без поливов	
Совхоз «Каховский» Херсонской области	1966—1972	48,5	24,4	24,1
Колхоз «Путь Ленина» Крымской области	1969—1971	45,4	35,4	10,0
Апостоловский ГСУ Днепропетровской области	1967—1972	42,9	21,4	21,5
УкрНИИОЗ (опытное хозяйство)	1970—1972	50,6	18,9	31,8

зерна от влагозарядки составляет в среднем более 20 ц/га с колебаниями по годам от 10 до 31,8 ц/га.

На основании длительных наблюдений и сравнения фактических данных А. А. Собко пришел к выводу, что при влагозарядковых поливах урожаи озимой пшеницы получаются выше, чем по паровым предшественникам без орошения. Превышение составляет 3,5—4,5 ц/га. На Генической опытной станции в среднем за четыре года оно равнялось 3,8—4,5 ц/га при урожае по пару 24 ц/га, на Брилевской и Каменско-Днепровской опытных станциях — 5,5 ц/га.

Однако осенние влагозарядковые поливы на юге Украины и других районах сухостепной зоны не могут обеспечить оптимального увлажнения почвы при возделывании озимой пшеницы. Это достигается лишь в том случае, когда на фоне влагозарядки проводят вегетационные поливы. При использовании дождевальных агрегатов осенние поливы под озимую пшеницу могут проводиться не только до посева, но и по всходам. Поливную норму в этом случае можно рассчитывать на увлажнение менее глубинных слоев почвы, чем рекомендовалось ранее. Важно, чтобы необходимые запасы влаги имелись в слое 0—70 и 0—80 см.

При возделывании яровых культур влагозарядковые поливы играют менее важную роль в формировании урожая, чем для озимой пшеницы. Дело в том, что с момента проведения влагозарядки до начала вегетации яровых культур проходит очень большой срок и не всегда сохраняются в почве существенные запасы влаги, которые используются растениями. Как правило, запасы влаги от влагозарядки накапливаются лишь в глубоких горизонтах почвы и могут быть использованы только после того, как растения разовьют глубокую корневую систему.

В годы с влажной осенью и ранним наступлением заморозков созданные влагозарядкой запасы почвенной влаги сохранялись во всей толще почвогрунта. Однако в такие годы из-за высокой влажности верхнего слоя почвы на участке с влагозарядкой задерживается поспевание почвы, происходит оттяжка сроков посева яровой пшеницы. Аналогичные случаи замедленного поспевания почвы весной на участках, получивших влагозарядку, отмечались в опытах на Северном Кавказе, в Поволжье и Казахстане (Козин, 1956; Петинов, 1959, и др.).

Для характеристики условий водоснабжения растений и роли отдельных горизонтов очень важно рассмотреть данные о потреблении влаги из того или иного горизонта в легкодоступной форме (табл. 98).

Таблица 98

Удельный вес влаги, потребленной пшеницей в легкодоступной форме из разных горизонтов почвы в среднем за 3 года (М. А. Козин)

Тип водного режима почвы	Горизонты почвы, см	Всего потреблено влаги, м³/га	В том числе легкодоступной	
			м³/га	% от общего
II-А-01. Осенняя влагозарядка по полосам	0—20	803	479	59,6
	20—60	853	595	70,0
	60—100	555	455	82,0
	0—100	2211	1527	69,3
Контроль (естественное увлажнение)	0—20	828	357	43,1
	20—60	796	689	74,0
	60—100	254	176	69,0
	0—100	1878	1122	60,0

КУКУРУЗА (НА ЗЕРНО)

Из полевых культур наиболее глубокой, до 2—3 м, корневой системой отличается кукуруза, она имеет хорошо развитую вторичную корневую систему и даже воз-

душные опорные корни. При разработке системы влагозарядкового орошения этой культуре уделялось особое внимание. В зоне Кисловской и Ахтубинской оросительных систем (ВЗО) под ее посевы выделяли более 50% посевных площадей. Большим достоинством кукурузы является ее способность выдерживать поливы затоплением.

Особенности водопотребления кукурузы в условиях Ростовской области в 1961 г. при влагозарядковом орошении нормой 1000 м³/га раскрывает таблица 99.

Таблица 99

Суммарное водопотребление кукурузы из разных слоев почвы на участке с одними осенними влагозарядковыми поливами, м³/га (М. А. Козин)

Тип водного режима почвы	Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Водопотребление (м³/га) из слоев почвы			
			всего (из слоя 0—100 см)	в том числе		
				0—20 см	20—60 см	60—100 см
Естественное увлажнение	Контроль (без орошения)	29,5	2550	979	1341	230
Тип II — частично регулируемый	Один влагозарядковый полив нормой 1000 м³/га	37,8	3120	1220	1450	450

В варианте с влагозарядкой водопотребление из слоя 60—100 см возросло в 1,5 раза по сравнению с контролем (табл. 99). Оно было больше и по другим слоям, что и определило лучшие условия водообеспеченности растений и позволило им сформировать более высокий урожай зерна. Однако уровень урожая зерна при одной влагозарядке низок.

Многочисленные исследования научно-исследовательских учреждений в южных областях страны, а также производственный опыт колхозов и совхозов показали, что одного влагозарядкового орошения недостаточно для получения устойчиво высоких урожаев кукурузы. Кроме того, она весьма требовательна к глубине промачивания почвы. Поэтому максимальную продуктивность

кукуруза проявляет при поддержании высокой влажности почвы во всем слое активного водопотребления. С такой задачей передовые хозяйства справляются, применяя глубокое промачивание почвы с помощью влагозарядковых поливов, на фоне которых проводятся вегетационные.

Таблица 100

Урожаи кукурузы при влагозарядковых поливах в опытах научно-исследовательских учреждений

Научно-исследовательские учреждения и ВУЗы	Годы	Урожайность зерна на влагозарядке, ц/га	Прибавка от влагозарядки, ц/га	Авторы
Волгоградская ОМС	1957—1958	25,2	10,1	М. С. Филимонов
УкрНИИОЗ	1963—1968	35,2	7,1	М. Ф. Мокрова
Одесский СХИ	1964—1966	34,5	3,0	С. Я. Розин,
Кабардино-Балкарская опытная станция	1962—1965	52,4	7,7	Н. П. Бербеков, Х. П. Гусалов, Г. К. Льгов
Краснодарский НИИСХ	1963—1965	38,9	3,3	И. Т. Ефимов

Наиболее высокие урожаи кукурузы при влагозарядке получены на Кабардино-Балкарской опытной станции. Однако в этих исследованиях в контроле без орошения урожайность кукурузы была также высокая — 44,7 ц/га, прибавка от влагозарядки составила 7,7 ц/га, или 17,4%. В это же время урожайность кукурузы при влагозарядке и вегетационных поливах была выше 100 ц/га.

На предкавказском тяжелосуглинистом черноземе и темно-каштановой суглинистой почве эффективность осенних влагозарядок под кукурузу проверялась б. Ставропольской опытно-мелиоративной станцией (Гарюгин, 1966). Поливы нормой 1500 м³/га проводили в два срока: первый — в августе — сентябре, второй — в октябре (табл. 101).

По данным Г. А. Гарюгина, ранние влагозарядковые поливы создают благоприятные условия для очистки полей от сорняков еще в осеннее время. Станцией рекомендовались с этой целью ранние влагозарядковые

Таблица 101

Влияние срока влагозарядкового полива на урожай зерна кукурузы ВИР 156 в среднем за 1963—1966 гг., ц/га

Пункты	25/VIII—10/IX	1—15/X	Контроль (без влагозарядки)
Ставропольская ОМС	50,5	47,9	32,4
Курский опорный пункт Ставропольского края	50,9	50,2	27,8

поливы совмещать с последним предуборочным поливом предшествующей культуры, если кукуруза размещалась по кукурузе или по подсолнечнику.

Норма влагозарядкового полива под кукурузу на предкавказских черноземах Ставропольского края 1000—1500 м³/га, в Ростовской области — 800—1500 м³/га.

САХАРНАЯ СВЕКЛА

В распоряжении автора нет данных о возделывании сахарной свеклы в производственных условиях на основе влагозарядковых поливов. Ее посевы обычно получают несколько вегетационных поливов. Поэтому для анализа будут использованы главным образом данные научно-исследовательских учреждений.

В 1959—1966 гг. автором изучалось влияние влагозарядкового полива на условия роста и развитие сахарной свеклы в зоне Право-Егорлыкской оросительной системы на предкавказском карбонатном тяжелосуглинистом черноземе. В этих опытах запасы влаги, создаваемые осенней влагозарядкой, сохранились к весне главным образом в глубинных слоях почвогрунта. Существенная разница в запасах почвенной влаги в слое 100—200 см наблюдалась в течение всей вегетации, в верхнем метровом слое до августа, в пахотном горизонте — до появления всходов. Однако в отдельные годы к началу полевых работ запасы влаги в метровом слое были такими же, как и в контроле (табл. 102).

В этом опыте наглядно прослеживается положительная роль влагозарядкового полива, с помощью которого создаются существенные запасы влаги во втором метре. Они хорошо используются сахарной свеклой, начиная со второго периода и до конца вегетации. В контроле (без

Таблица 102

Запасы продуктивной влаги (м³/га) на посевах сахарной свеклы в 1964 г. (Ставропольская ОМС)

Слой, см	Влагозарядка осенью				Контроль (без влагозарядки)			
	28/III	24/VI	21/VIII	25/IX	28/III	24/VI	21/VIII	25/IX
0—20	51	5	—	—	45	6	—	—
0—100	1464	1246	568	376	939	363	210	371
100—200	1410	1409	744	558	509	537	554	479
0—200	2874	2655	1312	934	1448	900	764	850

влагозарядки) нормальный рост сахарной свеклы наблюдался лишь в апреле и в начале мая. Влажность метрового слоя почвы в этот период не снижалась до 70% полевой влагоемкости. Уже в июне проявлялись явные признаки недостатка влаги в контроле, растения сильно замедлили рост, наблюдалось увядание листьев, а на участке с влагозарядкой сахарная свекла развивалась нормально. Все это в конечном счете отразилось на уровне урожая, который в варианте с влагозарядкой составил 395 ц/га, что на 85 ц/га, или на 27% выше, чем в контроле (табл. 103). Однако такой уровень урожайности сахарной свеклы для Ставропольского края очень низок.

Таблица 103

Влияние влагозарядкового полива на урожайность и сахаристость сахарной свеклы (Ставропольская ОМС)

Водный режим почвы	Годы	Урожайность свеклы, ц/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, ц/га
II-А-01. Осенняя влагозарядка	1963	386	17,3	66,8
	1964	395	16,2	64,0
	В среднем	391	16,8	65,4
Контроль (естественное увлажнение)	1963	332	16,2	53,8
	1964	310	16,7	51,8
	В среднем	321	16,5	52,8

В среднем за два года прибавка урожая при влагозарядке составила 70 ц/га, или 21,8%. Кроме того, влагозарядка оказала положительное влияние на общий сбор сахара и сахаристость. Это натолкнуло на мысль

проверить, какое влияние оказывают разреженные посевы на сахаристость в опыте с вегетационными поливами. Результаты получались положительными, если в третьем периоде вегетации (примерно в середине августа) давали последний полив грузной нормой. Исключение переувлажнений в период сахаронакопления не вызывало обычных депрессий этого процесса, и сахаристость свеклы была выше, чем на участках, получающих поздние поливы.

Исследованиями ЮжНИИГиМ в Ростовской области было установлено снижение сахаристости свеклы при большом числе поливов. Вместе с тем было определено существенное влияние на сахаристость густоты посева и питательного режима почвы.

При орошении обычно формируются более крупные корни с меньшей сахаристостью. Так, корни массой от 300 до 800 г имели сахаристость 16,6%, а у более крупных корней массой от 1200 до 1800 г она снижалась до 13,6%. Однако во всех случаях при орошении значительно возрастал сбор сахара с 1 га. Влияние густоты посева на сахаристость прослеживается также через формирование корней разной массы. На загущенных посевах (до оптимальной величины) обычно вырастают корни меньших размеров, чем на изреженных. Большое влияние на сахаристость и сбор сахара оказывают сроки уборки. Большой недобор урожая наблюдается в тех хозяйствах, где приступают к уборке в ранние сроки — в августе и первой декаде сентября. Процессы сахаронакопления продолжаются в сентябре и октябре. При выборе срока уборки руководствуются прогнозом погоды и наступлением хозяйственной спелости свеклы.

Положительное влияние влагозарядковых поливов на рост и развитие сахарной свеклы проявляется обычно в начале вегетации, особенно в годы с ранней засухой. Накопленные с осени запасы почвенной влаги обеспечивают хорошие условия для получения дружных и полноценных всходов сахарной свеклы. Однако большое влияние на это оказывают условия подготовки почвы к посеву. Основные приемы обработки — вспашка, заправка удобрениями, планировка поверхности — должны быть проведены с осени. Все приемы весенней предпосевной обработки должны быть направлены на создание хорошего ложа для семян свеклы и сохранение накопленных запасов влаги для прорастания в первый период вегетации. Положительная роль осенних влагозарядок под свеклу четко проявляется на засоленных тяжелых почвах, не поддающихся хорошей разделке весной. На таких почвах не удается получить должного эффекта от ранних подпитывающих поливов из-за образования корки.

По опыту многих зон страны для сахарной свеклы очень важны вегетационные поливы (Боярчук, 1959; Миронов, 1969, и др.). Ориентация только на влагозарядковое орошение при возделывании сахарной свеклы неверна. Эта культура нуждается в высоком агрофоне: большом содержании питательных веществ в пахотном горизонте, тщательной обработке почвы и хорошем ее увлажнении.

Таким образом, влагозарядковые поливы имеют большое значение для первого периода вегетации озимой пшеницы. Их роль в формировании урожая яровых культур — пшеницы, кукурузы и сахарной свеклы — значительно снижается, их нельзя противопоставлять вегетационным поливам. Именно разумное сочетание влагозарядковых и вегетационных поливов позволило добиться повышения общей эффективности орошения. К настоящему времени накоплено достаточно данных, характеризующих влагозарядку как один из эффективных приемов в системе правильного орошения.

Достоинства влагозарядковых поливов должны определяться не только по конечному результату и урожаю продукции, но и на основе других объективных показателей, характеризующих условия роста и развития растений.

В качестве одного из показателей улучшения водообеспечения растений может служить коэффициент эффективности влагозарядки, определяемый по формуле

$$K = \frac{W_к - W_о}{M_о},$$

где $W_о$ — запасы влаги до влагозарядки, м³/га; $W_к$ — запасы влаги в активном слое почвы, сохранившиеся к началу вегетации возделываемой культуры, м³/га; $M_о$ — поливная норма влагозарядкового полива, м³/га.

При расчете этого показателя большое значение имеет продолжительность периода, исчисляемого с момента проведения влагозарядки и до появления всходов яровых культур.

Таким образом, объем воды, поданной на поле при влагозарядке, надо подразделить по крайней мере на две составные части: на эффективную, то есть ту часть, которая сохраняется в активном слое почвы к моменту вегетации растений, и неэффективную, теряющуюся на глубинную фильтрацию и испарение с поверхности почвы еще до посева культуры.

Отношение полезной влаги к общей норме влагозарядкового полива и будет равно коэффициенту эффективности влагозарядки.

Собранные автором экспериментальные данные, полученные научно-исследовательскими учреждениями Поволжья, Северного Кавказа и юга Украины, приведены в таблице 104.

Таблица 104

Эффективность осенней влагозарядки

Учреждение	Годы	Срок влагозарядки	Норма влагозарядкового полива, м³/га	Содержание доступной влаги в почве (в м³/га) в метровом слое		
				до влагозарядки	перед началом вегетации	коэффициент эффективности влагозарядки Кэф
ЮжНИИГиМ (Ростовская область)	1953—1957	IX—X	1200	600	1440	0,7
Энгельсская ОМС (Саратовская область)	1954—1956	IX	1650	720	1350	0,5
УкрНИИОЗ (Херсонская область)	1959—1960	X	1200	850	1510	0,6

Особенно важно иметь данные о коэффициенте эффективности влагозарядок для оросительных систем с недостаточной водообеспеченностью. При составлении плана водопользования на таких системах заранее определяют наиболее рациональное использование воды.

ЛИМАННОЕ ОРОШЕНИЕ И ДРУГИЕ ПОДТИПЫ ЧАСТИЧНО РЕГУЛИРУЕМОГО ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ

Характеристика остальных подтипов частично регулируемого водного режима почвы дана по материалам исследований ЮжНИИГиМ и других научно-исследовательских учреждений, а также на основе обобщения производственного опыта.

В комплексе мероприятий по использованию местного стока важное место отводится лиманному орошению. Формирующийся на водосборе сток улавливается с помощью простейших мелиоративных приемов на пониженных площадях. Площадь орошения со спокойным рельефом может быть доведена до 10% общего водосбора. Наиболее благоприятные условия для этого имеются в Прикаспийской низменности на территории Казахстана и Поволжья. В Казахской ССР сосредоточено около 80% всех площадей лиманного орошения страны. Второе место по площади лиманов занимает Поволжье.

Первые глубокие исследования по лиманному орошению были проведены в Поволжье П. А. Витте. В последующем изучением лиманного орошения занимались Б. А. Шумаков, Н. Н. Антипов-Каратаев, А. Г. Ларионов и др. Определенный вклад в развитие лиманного орошения на современном этапе мелиоративного строительства внесли фундаментальные исследования Б. Б. Шумакова.

Наиболее существенные особенности лиманного орошения: включение в полевой влагооборот большого объема воды, который ранее терялся во время половодий, чередование глубокого промачивания почвогрунтов в годы с обильными паводками с незначительным увлажнением почвы в маловодные годы, длительное переувлажнение почвы, неравномерное увлажнение общего массива.

При таком типе водного режима почвы наиболее выгодное использование земель достигается под кормовыми угодьями — сенокосами и пастбищами.

Хорошие результаты в ряде опытов были получены при распашке лиманов под посев кормовых культур. Однако в маловодные годы без паводков такие посевы оказываются малопродуктивными.

Лиманное орошение оказывает мелиорирующее действие на почвы, способствует накоплению гуминовых веществ в верхнем горизонте, формированию более ценных по кормовым достоинствам фитоценозов.

Лиманное орошение высоко оценивается специалистами сельского хозяйства тех областей и районов, где оно играет важную роль в повышении продуктивности кормовых угодий.

Общий фонд земель, пригодный для лиманного орошения, по расчетам проектных организаций, составляет более 5 млн. га.

Самые крупные системы лиманного орошения построены и намечаются к строительству в Казахской ССР в зоне отгонного животноводства. Развитие лиманного орошения позволит хозяйствам заметно укрепить кормовую базу, повысить продуктивность животноводства.

На лиманах хороший урожай сена дают травосмеси из костра безостого и пырея, мятлика лугового, бекмании и других компонентов. Костер безостый и пырей хорошо выносят длительное затопление. Они отличаются также достаточно высокой солевыносливостью. Большой интерес для возделывания на лиманах представляют овсяница луговая, райграс высокий и ежа сборная, из бобовых трав — люцерна желтая.

Для расчета нормы лиманного орошения Б. Б. Шумаковым разработана следующая формула:

$$M_л = K_в У - 10 M_1 \Sigma P_1 - 10 M_2 \Sigma P_2,$$

где $M_л$ — норма лиманного орошения, м³/га; $K_в$ — коэффициент водопотребления, м³/т; $У$ — плановый урожай, т/га; M_1 и M_2 — коэффициенты использования осадков в вегетационный и невегетационный периоды; ΣP_1 и ΣP_2 — сумма осадков в вегетационный и невегетационный периоды.

Глубину промачивания при регулировании продолжительности затопления вычисляют по следующей формуле

$$H = \frac{M_л}{A W_{ПВ} - W_0},$$

где H — глубина слоя промачивания, м; A — скважность почвы, выраженная в целых единицах; $W_{ПВ}$ — запас влаги, соответствующий полевой влагоемкости; W_0 — запас почвенной влаги до момента затопления.

Водный режим почвы при лиманном орошении характеризуется своими особенностями. Вегетация растений начинается при избыточном увлажнении почвы, а заканчивается обычно при явно выраженном дефиците влаги в верхних слоях.

Коэффициенты водопотребления указанных в таблице 105 культур при лиманном орошении ниже, чем на

Таблица 105

Суммарное водопотребление и коэффициенты водопотребления отдельных сельскохозяйственных культур при лиманном орошении

Культура	Урожайность, т/га	Суммарное водопотребление, м³/га	Коэффициент водопотребления	Место проведения опытов
Кукуруза на зерно	3,5	4200	1200	Казахская ССР
» » силос	30,0	4500	150	Казахская ССР
» » »	35,0	3500	100	Ростовская область
Яровая пшеница	1,5	2800	1870	Волгоградская область

богарных посевах. Это служит доказательством более эффективного использования воды растениями при лиманном орошении и целесообразности более широкого применения этого способа мелиораций засушливых степей.

На условно орошаемых землях и полях-спутниках, отнесенных по классификации к третьему подтипу частично регулируемого водного режима почвы, потребность сельскохозяйственных культур во влаге обычно удовлетворяется не полностью.

От времени и интенсивности проявления дефицита влаги зависит сила его отрицательного воздействия на урожай.

На условно орошаемых землях, получающих один вегетационный полив весной, посевы могут развить мощный вегетативный аппарат, но в последующем из-за недостатка влаги они страдают в большей мере, чем богарные посевы. Нередко прибавка урожая от таких поливов оказывается небольшой, не покрывающей всех издержек производства. Именно такая обстановка характерна для возделывания зерновых культур на условно орошаемых землях в Казахстане и Средней Азии.

В то же время для зерновых в более увлажненной зоне одного полива может быть достаточно для полного удовлетворения потребностей растений. В этом случае его эффективность резко возрастает. Поэтому вопросы о числе поливов и их норме должны решаться на основе точной характеристики почв и сложившихся погодных условий. С этим непосредственно должно быть связано решение вопросов о густоте травостоя и формировании

фотосинтетического потенциала. Если при регулируемом типе эти вопросы решаются на основе активного управления водным режимом, то при частично регулируемом типе необходимо предвидеть возможные дефициты и не допускать излишнего загущения. При частично регулируемом типе очень часто загущенные посевы страдают от недостатка воды и питания значительно сильнее, чем незагущенные.

При частично регулируемом типе водного режима почвы создается возможность для получения более высоких урожаев сельскохозяйственных культур, чем на богарных землях.

В целях повышения эффективности такого орошения необходима более обоснованная увязка всего комплекса мелиоративных мер с агротехническими, четко налаженное метеорологическое обслуживание сельскохозяйственного производства.

VI
ГЛАВА

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ СО СЛОЕМ ВОДЫ НА ПОЛЕ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ РИСА

Особенности роста, развития и водопотребления риса рассмотрены на основе анализа работы новых рисоводческих хозяйств Минводхоза СССР, организованных в низовьях рек Амударьи и Сырдарьи, и обобщения передового опыта рисосеяния в других районах страны.

Рисосеяние в нашей стране успешно развивается на основе долгосрочной программы, предусматривающей увеличение производства риса до размеров, обеспечивающих полную потребность населения за счет собственного производства. После решений майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС определены основные зоны, в которых на промышленной основе ведется строительство инженерных оросительных систем, создаются специализированные рисосеющие хозяйства. Работы выполняются крупными строительными организациями.

За 1966—1975 гг. построено и введено в действие 520 тыс. га инженерных рисовых систем. К началу сева 1976 г. общая площадь таких систем составила 630 тыс. га.

Крупные базы рисосеяния созданы на Северном Кавказе, в низовьях Волги и Приморском крае, в низовьях рек Сырдарьи и Амударьи, на юге Украины.

Показатели развития рисосеяния в СССР по состоянию на 1 января 1975 г. по сравнению с 1966 г. и удельный вес хозяйств Минводхоза СССР представлены в таблице 106.

По сравнению с 1966 г. посевная площадь риса увеличилась на 278,6 га, валовой сбор — на 1328 тыс. т и государственные закупки — на 1 млн. т. Седьмая часть валовых сборов и шестая часть объема государственных закупок в настоящее время приходится на совхозы Минводхоза СССР (рис. 26).

Таблица 106

Развитие рисосеяния в СССР на 1 января 1975 г.

Республика	Инженерные рисовые системы, тыс. га	Посевная площадь риса, тыс. га	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, тыс. т	Государственные закупки, тыс. т
РСФСР	323,3	246,9	39,2	966,2	637,0
Украинская ССР	61,7	38,9	44,0	171,1	120,0
Узбекская ССР	53,4	79,4	35,6	282,6	217,0
Казахская ССР	120,9	111,8	39,0	433,5	335,0
Другие республики, вместе взятые	—	18,4	31,2	57,5	27,0
Всего в СССР	559,3	495,4	38,6	1910,9	1336,0
В том числе совхозы Минводхоза СССР	104,5	70,1	39,2	275,1	213,8

В подчинении Минводхоза СССР находится 24 строящихся рисоводческих совхоза, расположенных на четырех массивах в разных почвенно-климатических условиях.

В низовьях Сырдарьи организовано 9 рисоводческих совхозов, строительство которых осуществляет Управление Каракалпакирсовхозстрой. По состоянию на 1 января 1975 г. в совхозах введено в действие рисовых инженерных систем на площади 42,3 тыс. га, из которых 35 тыс. га занято посевами риса. За девятую пятилетку совхозы продали государству 410 тыс. т риса, или 137% плана. Урожайность риса увеличилась на 11,1 ц/га и достигла в 1975 г. 47,1 ц/га.

Почвенный покров на массиве представлен долинными луговыми и лугово-болотными почвами, значительная площадь подвержена засолению. Грунтовые воды на орошаемых луговых почвах дельты Амударьи характеризуются средней минерализацией — от 2 до 10 г/л, почвы тяжелого механического состава, содержание физической глины в пахотном горизонте 65—80%, а гумуса 0,6—1,5%.

Климат резко континентальный, осадков выпадает за год 250 мм, сумма положительных температур более 3800 °С, дней с температурой выше 10 °С от 186 до 190. Переход среднесуточной температуры через 10 °С весной 8—10 апреля, осенью 14 октября.

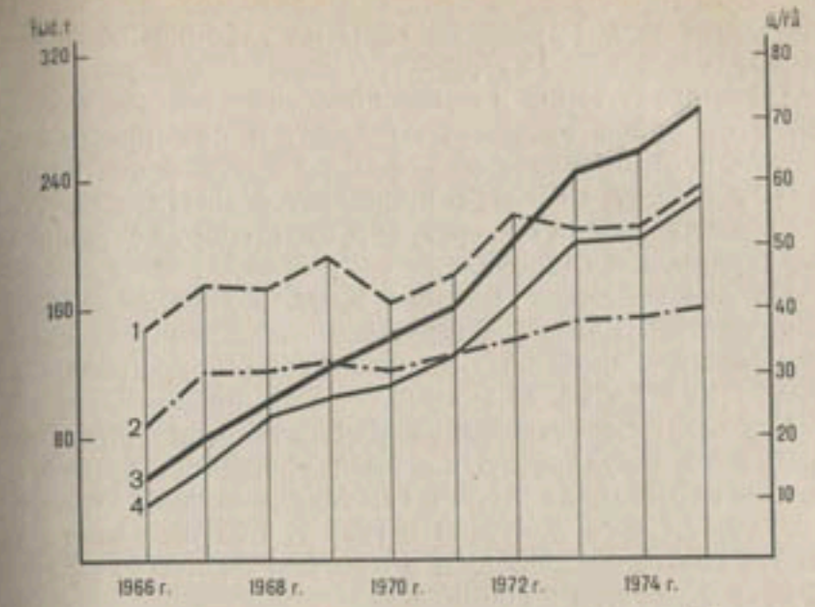


Рис. 26. Валовой сбор (*3*), государственные закупки (*4*) и урожайность риса (*1* — в передовых совхозах, *2* — средняя) в совхозах Минводхоза СССР.

По обеспеченности водными ресурсами это один из наиболее перспективных районов развития рисосеяния. В перспективе здесь может быть освоено под рисовый комплекс более 200 тыс. га.

В низовьях и среднем течении Сырдарьи под рисосеяние осваивают два массива — Кзыл-Кумский в Чимкентской области и левобережный в Кзыл-Ординской области.

Весь комплекс работ по строительству водохозяйственных и совхозных объектов, а также по организации сельскохозяйственного производства выполняет Главриссовхозстрой.

На Кзыл-Кумском массиве создано шесть совхозов. По состоянию на 1 января 1975 г. в совхозах было 28,1 тыс. га орошаемых земель. Посевы риса в 1975 г. проводили на площади 15,8 тыс. га. Урожайность риса в среднем за пять лет составила 38,7 ц/га, максимальная в 1973 г. — 43,1 ц/га.

Почвенный покров представлен преимущественно светлыми сероземами и аллювиальными почвами, на нижней террасе залегают лугово-болотные и солончако-

ные комплексы. Грунтовые воды на глубине 2,5—5,0 м, минерализация 3—15 г/л.

По притоку тепла и интенсивности солнечной инсоляции этот район весьма благоприятен для рисосеяния. Основной ограничивающий фактор здесь оросительная вода. Дефицит во влаге проявляется почти ежегодно. Водоподача полностью регулируется сооружениями на Сырдарьинском гидроузле.

На левобережном массиве Кзыл-Ординской области в подчинении Главриссовхозстроя имеется шесть совхозов. Площадь введенных в эксплуатацию орошаемых земель в них равна 35,1 тыс. га, под рисом находится 16,8 тыс. га. Совхозы выполнили пятилетний план продажи риса государству. Средняя урожайность риса за пять лет составила 41,2 ц/га. Максимальная урожайность — 47,1 ц/га получена в 1974 г. Ведущее место занимает совхоз им. Ильича, в котором ежегодно получают риса более чем по 50 ц/га.

Почвенный покров на левобережном массиве представлен пустынно-сероземными такыровыми, а также луговыми и болотно-луговыми почвами.

По продолжительности вегетационного периода, притоку тепла и суровости зим этот массив значительно уступает ранее рассмотренным. Здесь вызревают только раннеспелые сорта риса типа Дубовский 129 и Кубань 3. Этот массив служит северной границей современного рисосеяния на Азиатском континенте.

Рисоводы совхозов Кзыл-Ординской области добились очень высоких показателей в освоении передовой технологии возделывания риса. Передовые звенья и бригады рисоводческих хозяйств области получают риса более чем по 100 ц/га.

Главриссовхозстроем осваивается под рисосеяние еще Акдолинский массив, расположенный в Прибалхашье. Здесь создано три совхоза. Их производственная деятельность находится в стадии организации. По существу, эти совхозы — пионеры организованного земледелия в данном районе. До сих пор земли Прибалхашья использовались как экстенсивные пастбища.

Мировые центры производства риса, как правило, размещены на массивах, хорошо обеспеченных влагой речного стока или осадков.

В нашей стране, по данным годовых отчетов эксплуатационной службы республиканских министерств мелиорации и водного хозяйства, в 1973 г. на возделывание риса было затрачено 12,94 млрд. м³ оросительной воды, а с учетом потерь в каналах при транспортировке к рисовым полям — около 15 млрд. м³, что равняется годовому стоку реки Кубани. На каждый гектар риса было подано 28,1 тыс. м³ оросительной воды. Диапазон колебаний оросительной нормы даже по основным рисосеющим районам страны очень велик — от 12,7 тыс. м³ в Приморском крае до 43,1 тыс. м³ на Акдолинском массиве. Следовательно, возможности сокращения затрат воды на рис большие.

В последние годы в связи с крайне резким и очень продолжительным маловодьем в бассейнах рек Средней Азии этот вопрос приобрел особую остроту, потребовалось, например, ввести ограничения на посевы риса в низовьях Сырдарьи. В других районах бассейна этой реки ограничена подача воды для орошения зерновых и кормовых в целях сохранения посевов хлопчатника.

В условиях маловодья, а оно для рек Средней Азии в связи с плановым расширением орошаемых земель будет нарастать, требуется усиление исследований по разработке агромелиоративных приемов и комплекса других мероприятий по дальнейшему сокращению оросительных норм за счет повторного использования воды из коллекторно-сбросной сети, применения для полива минерализованной воды из местных источников, хранилищ и водоемов. Со всей остротой стал вопрос о необходимости уточнения ряда агротехнических и биологических вопросов: по районированию раннеспелых сортов риса, применению почвенных гербицидов, не требующих дополнительных сбросов воды с полей, совершенствованию методов применения селективных гербицидов типа 3,4-Д, 2,4-Д и др.

Удельный вес отдельных статей расходов воды с рисового поля колеблется в большом интервале. Существенное влияние на это оказывают подтипы водного режима почвы (табл. 107).

Оросительные нормы из взятых нами данных по подтипам колебались от 69,7 тыс. до 6,3 тыс. га при отношении большего к меньшему 11,1 : 1.

Самая большая оросительная норма наблюдается при подтипе III-А-02 с частично регулируемым режимом затопления на примитивно устроенных оросительных системах с цепочкой чеков. Именно при этом типе прояв-

Таблица 107

Основные элементы водного баланса рисового поля, м³/га

Подтип водного режима почвы, хозяйство, год, сорт риса	Оросительная норма	Транспирация	Испарение	Фильтрация	Проточные и сбросные воды	Влагозапас в подстилающем слое	Прочие расходы
III-А-01. Совхоз «Восход» Главриссовхозстроя, 1974 г., УзРОС 7-13	34 790	6320	4650	5600	9 100	1920	7100
III-А-02. Ростовская область, 1953 г., Дубовский 129	69 652	3838	3489	4393	52 932	—	5000
III-Б-03. Совхоз «Комсомольский» Херсонской области, 1970 г., Краснодарский 424	20 490	4950	3100	6100	3 700	—	2640
III-Б.03. Совхоз им. 50 лет Казахстана Алма-Атинской области, 1969 г., Дубовский	39 720	5650	6720	4900	14 100	—	8350
III-В-04. Совхоз «Цимлянский» Ростовской области, 1962 г., Дубовский 129	22 100	3950	4420	4200	6 430	—	3100
III-Г-05. Колхоз им. Шверника Ростовской области, 1954 г., Белый Скомс	6 430	3610	2820	—	—	—	—
III-А-01. Совхоз им. 50 лет ВЛКСМ Каракалпакской АССР, 1972 г., УзРОС 259	29 600	6700	4700	7100	6 600	—	4500
III-Г-05. Учхоз КСХИ, 1954 г., Белый Скомс	7 000	4605	2395	—	—	—	—

ляется самое невыгодное отношение производительного расхода T к суммарной величине оросительной нормы M, равное 0,05 (или 5%).

Более стабильными статьями расхода при всех подтипах водного режима почвы являются транспирация T и испарение E. Отношение $T_{max} : T_{min} = 1{,}85$, по существу, оно зависит от климатических условий. Характерно, что для сравниваемых пунктов отношение испаряемости характеризуется также величиной 1,82. Все это убедительно свидетельствует о зависимости транспирации и испарения от напряженности климатических условий.

В сумме транспирацию и испарение при водном режиме почвы со слоем воды на поле по аналогии с другими типами водного режима можно называть суммарным водопотреблением риса. Именно таким термином принято обозначать эти два показателя расходной части водного баланса почвы применительно к пшенице, кукурузе и любой другой культуре, возделываемой без слоя воды. И очень редко этот термин применяется к рису (Тулякова, 1971).

И это не случайно. У всех культур, возделываемых без слоя воды, T и E составляют более 95% всей расходной части водного баланса. По существу, только ими можно характеризовать весь объем расхода влаги. Именно поэтому в отдельных случаях в понятие суммарного водопотребления вкладывается не только T и E, но и другие статьи, практически не меняющие количественной стороны. У риса, как было показано, транспирация и испарение в сумме составляют не более 40% оросительной нормы, то есть отличается и количественно, и качественно.

Пожалуй, самой главной особенностью, характеризующей сущность культуры риса со слоем воды, являются чрезмерно высокие оросительные нормы, из них на транспирацию приходится не более 25%. В то же время производительный расход воды на транспирацию T в пределах одной климатической зоны изменяется незначительно. Отсюда следует вывод о возможности возделывания риса с меньшими затратами воды. В нашей стране созданы сорта риса и разработана агротехника при периодических поливах без слоя воды. В этом случае удается сократить оросительную норму до 8—9 тыс. м³/га, из них на транспирацию приходится около 50%. Видимо, это и есть одно из перспективных направлений научных ис-

следований по рису, от которого можно ожидать серьезных успехов в сокращении расхода воды.

К сожалению, в настоящее время еще нет возможности внедрить этот способ в широком масштабе в колхозах и совхозах по ряду технических причин.

Большие резервы уменьшения затрат воды имеются и при выращивании культуры риса со слоем воды, особенно за счет проточности. Исследованиями б. Кубанской опытной рисовой станции, ЮжНИИГиМ и других учреждений было установлено, что при возделывании риса во многих случаях можно обойтись без проточности или свести ее до незначительных размеров, что не влияет на урожайность риса.

Во всех случаях снижение проточности позволяло сократить оросительную норму без снижения, как правило, урожайности риса. Исключение составляют данные по совхозу «Восход» Чимкентской области, где рис высевают на засоленных почвах, поэтому без проточности урожайность резко падала. Сокращение оросительной нормы здесь нельзя признать обоснованным, так как удельные затраты воды на получение 1 т риса оказались выше, чем при периодической проточности (табл. 108).

В системе мер по снижению оросительной нормы риса существенная роль отводится мероприятиям по борьбе с сорняками. В последние годы для этого используют агротехнические, мелиоративные приемы и химические средства — гербициды. Среди агротехнических приемов важное место отводится севооборотам, системе обработки почвы, подготовке семян и уходу за посевами, из мелиоративных приемов на первый план выдвигается применение глубокого слоя воды, при котором достигается гибель сорняков, но рис выживает. Конечно, это возможно на инженерных системах с чеками автономного питания и сброса. Применение гербицидов типа 3,4-Д требует изменения режима орошения, перед обработкой чеки освобождают от воды, а через 2—3 дня после обработки вновь затапливают.

В целях сокращения потерь воды в 1974 г. в совхозы Каракалпакирсовхозстроя, Кзыл-Ординского управления и других зон страны сбросы воды с чеков были запрещены. Освобождение чеков от воды достигалось за счет прекращения водоподачи расхода имевшихся запасов на испарение и фильтрацию. Этот прием был прове-

Таблица 108

Влияние проточности на урожайность риса

Вариант опыта	Год	Оросительная норма, м³/га	Урожайность риса, ц/га	Коэффициент водопотребления, м³/т	Хозяйство
Проточность постоянная	1956	24 930	62,0	4000	Колхоз «Заря» Веселовского района Ростовской области
	1968	35 200	47,1	7460	Совхоз «Восход» Чардаринского района Чимкентской области
Проточность периодическая	1956	14 618	63,4	2310	Колхоз «Заря» Веселовского района Ростовской области
	1957	15 734	43,8	3580	
То же	1957	20 850	45,9	4560	Колхоз им. Чапаева Славянского района Краснодарского края
» »	1968	27 100	49,5	5500	Совхоз «Восход» Чардаринского района Чимкентской области
Без проточности	1956	12 950	62,5	2060	Колхоз «Заря» Веселовского района Ростовской области
	1957	13 100	43,4	3020	То же
» »	1957	15 612	46,4	3380	Колхоз им. Чапаева Славянского района Краснодарского края
» »	1968	20 150	35,2	5820	Совхоз «Восход» Чардаринского района Чимкентской области

Таблица 109

Экономия оросительной воды за счет изменения технологии обработки посевов риса гербицидами 2,4-Д в совхозе им. Ильича Кзыл-Ординской области (1974 г.)

Показатели	Бригада № 2	Бригада № 3
Площадь посевов риса, га	160	182
Способ подготовки посевов для обработки гербицидами	Применялся сброс воды с чеков	Чеки освобождали за счет впитывания и испарения
Потребовалось для подготовки, дней	6	8
Сброшено оросительной воды в сеть, тыс. м³	60,0	5,0
Урожайность риса, ц/га	48,2	53,5

рен на посевах риса и дал положительные результаты.

По данным таблицы 109, в бригаде № 3 лишь с отдельных чеков с недостаточно качественной планировкой пришлось отвести воду в сбросную сеть с отдельных ложбин. Хорошая подготовка посевов и обработка в летнее время вполне возможна без сброса, это позволяет уменьшить затраты воды и не оказывает отрицательного влияния на урожайность риса.

Дальнейшее сокращение технологических затрат воды возможно за счет применения почвенных гербицидов типа ордрам, которые действуют длительное время — около двух месяцев. Эти гербициды вносятся до посева риса, никаких маневрирований с поливным режимом при этом не требуется.

Для борьбы с многолетниками, а также для очистки чековых валиков, обочин дорог и других засоренных участков, расположенных не на посевах риса, многие хозяйства широко используют гербициды 2,4-Д в виде аминных солей или эфиров. Но в случае применения эфиров должны выполняться особые меры предосторожности, чтобы не погубить посевы других культур на смежных полях. Запрещено применение эфиров в зоне хлопководства.

Особого внимания заслуживает разработка мер борьбы с сорняками при возделывании риса с периодическими поливами.

Автором изучалась система мер борьбы с сорняками при возделывании риса с периодическими поливами в Ростовской области. Результаты этих опытов позволили выявить реакцию основных сорняков на различные дозировки и нормы внесения гербицида 2,4-Д, установить наиболее благоприятный срок для проведения обработок, когда рис проявлял наибольшую устойчивость к гербициду, а сорняки сильнее всего повреждались. Этот срок совпадал с фазой начала кущения риса или перед кущением (Козин, 1962).

Выявленные в этом опыте закономерности реакции риса на гербицид 2,4-Д до сих пор не утратили своего значения. Их необходимо учитывать при организации борьбы с сорняками на валиках чеков и обочинах дорог, а также при использовании гербицидов этой группы для борьбы с камышом и другими многолетниками.

Рис очень чувствителен к гербициду 2,4-Д в ранние фазы роста до фазы кущения. Предпосевная и послепосевная обработка почвы на рисовом поле недопустима. Она резко снижает всхожесть семян, а соответственно и урожай зерна. Урожай риса в опытах при обработке до посева уменьшался в 3 раза и при обработке после посева в 2 раза по сравнению с контролем.

По реакции на предпосевное внесение гербицида 2,4-Д рис отличается от пшеницы и кукурузы, на посевах которых такой прием вполне оправдан и не вызывает отрицательных последствий (табл. 110).

При обработке посевов риса в фазе трех листьев были обнаружены отклонения от нормы в развитии корневой системы. Морфологические изменения локализуются в зоне узла кущения. Вначале в этой зоне наблюда-

Таблица 110

Влияние способов обработки почвы гербицидом 2,4-Д на урожайность сельскохозяйственных культур

Культура	Урожайность, ц/га		
	контроль	обработка гербицидом 2,4-Д, кг/га	
		до посева	после посева
Кукуруза	86,0	87,0	85,0
Яровая пшеница	32,1	31,5	31,7
Рис при периодических поливах	28,8	9,4	15,7

лось утолщение нижней стеблевой части, где закладывалось большое число зачатков, вторичных корешков, которые, достигнув 1,5—2,0 мм, прекращали рост, засыхали и отмирали. В результате у растений, поврежденных гербицидами, корневая система была представлена первичными корнями, что вызвало резкое снижение урожайности. Только при обработке посевов в начале фазы кущения достигается хорошая очистка посевов от сорняков и сохранение самих растений риса.

Методика определения элементов водного баланса рисового поля далека от совершенства, особенно в части раздельного учета транспирации и испарения с водной поверхности чека под покровом стеблестоя риса. Как правило, для этой цели используют сосуды и рейку, вносящие самое существенное изменение фитоклиматической обстановки на чеке. Данные о величине испарения обычно получаются очень завышенными. Более точные методы изучения всех элементов баланса, разработанные в последние годы, только начали применяться в агрофизических опытах.

К нерегулируемым статьям, как было указано, относятся также осадки, исходные и конечные запасы почвенной влаги, объем воды, требующийся для первоначального насыщения почвогрунта. Из этой группы особый интерес представляет показатель расхода воды на фильтрацию, которая подразделяется на вертикальную и боковую. Интерес к этому показателю неслучаен. Массивы с легкими грунтами, имеющими большую фильтрацию, следует исключать из орошения, в противном случае резко возрастет оросительная норма. Точная характеристика фильтрационных свойств почвогрунта необходима для решения вопроса о возможности применения риса в качестве мелиорирующей культуры на засоленных почвах, требующих капитальной промывки.

Водный режим почвы на рисовом поле в отличие от ранее рассмотренных типов характеризуется полным насыщением ее влагоемкости и преобладанием нисходящих токов воды. Именно эти процессы позволяют использовать рис для проведения промывки засоленных почв. Обычный прием промывки почвы сводится, по существу, к тем же процессам, которые складываются при культуре риса. Некоторое увеличение затрат оросительной воды в связи с возделыванием риса по сравнению с расчетными окупается стоимостью получаемой продукции.

МЕЛИОРИРУЮЩАЯ РОЛЬ РИСА

Вопрос о применении риса в качестве мелиорирующей культуры еще не получил достаточного освещения в литературе. Большой интерес представляют фактические данные, полученные в производственных условиях, на полях колхозов и совхозов.

В последние годы многими научно-исследовательскими учреждениями, проектными организациями, специалистами колхозов и совхозов поднимался вопрос о мелиорирующем эффекте риса и экономической целесообразности использования этой культуры для вовлечения в сельскохозяйственный оборот засоленных орошаемых земель на системах, обеспеченных коллекторно-сбросной сетью (Зайцев, 1969; Величко, 1969; Кружилин, Корчагина, Виноградов, 1969; Петров, Бобченко, Сидько и др., 1965).

По данным ЦСУ СССР, на 1 ноября 1971 г. около 20% общей площади орошаемых земель было засолено с содержанием легкорастворимых солей более 0,25%. На значительных площадях засоление вызвало резкое снижение урожаев сельскохозяйственных культур или возделывание их вообще стало невозможным. Засоленные земли расположены главным образом в сухостепной и полупустынной климатических зонах страны, характеризующихся большим притоком тепла — более 2500 °С активных температур и значительным превышением испаряемости над осадками, то есть как раз там, где вполне возможно созревание риса.

Возделывание риса в качестве мелиорирующей культуры в европейской части страны возможно на сильнозасоленных землях дельты Терека, Кума-Манычской впадины и Прикаспийской низменности. При проектировании новых массивов орошения по этой причине здесь приходится исключать из орошаемой территории большие массивы земель, что вносит серьезные организационные и технические трудности.

В хлопкосеющей зоне страны, где ведется большая работа по созданию новых районов хлопководства, многие массивы пахотнопригодных земель могут быть вовлечены в сельскохозяйственный оборот только после промывки верхнего корнеобитаемого слоя почвы пресной оросительной водой.

Норма промывных поливов изменяется от 5 тыс. до 25 тыс. м³/га, в зависимости от степени и характера за-

соления (Волобуев, 1965). На сильнозасоленных землях, требующих промывных норм более 20 тыс. м³/га, где промывка растягивается на длительный срок, хорошие результаты дает промывка с помощью культуры риса. В этой зоне требования риса в притоке тепла полностью обеспечены.

Мелиорирующему эффекту культуры риса уделялось внимание в исследованиях ЮжНИИГиМ в 1958—1964 гг. при освоении засоленных земель Пролетарского массива Ростовской области и на Сарпинской низменности в Калмыцкой АССР.

Наиболее интересные данные о промывке засоленных земель с помощью культуры риса под посевы хлопчатника получены в хлопководческом совхозе им. Тимирязева Главриссовхозстроя.

Этот совхоз расположен в зоне Арысь-Туркестанского канала. В результате ряда ошибок (главным образом из-за отсутствия дренажа) земли совхоза были вторично засолены и практически оказались выключенными из сельскохозяйственного оборота. Производственно-финансовая деятельность хозяйства была парализована.

По данным почвенной съемки в 1951—1953 гг. Средазгипроводхлопка, в совхозе им. Тимирязева было 11 тыс. га засоленных земель, а к 1966 г. их площадь достигла 14,1 тыс. га, причем из общей площади ввода орошаемых земель, равной 9,8 тыс. га, к 1966 г. в той или иной степени было засолено 9,1 тыс. га, или 93%.

После передачи этого совхоза Главриссовхозстрою были предприняты попытки по оздоровлению деятельности хозяйства, была усилена работа по строительству коллекторно-дренажной сети, создана специализированная ПМК-23 по мелиоративным работам на засоленных землях. Ежегодно стали проводить осенне-зимние промывки на площади 500—800 га в год.

Однако в первые годы не на всех полях они обеспечивали должное рассоление. Частые неудачи были на массивах, требующих высоких промывных норм, поливы рассчитывали на длительный период, включая летние месяцы. В связи с этим в совхозе им. Тимирязева было решено проверить в хлопковом севообороте летнюю промывку с помощью риса. Впервые в 1967 г. в качестве производственного опыта рис был посеян на площади 140 га. Этот опыт оказался весьма удачным, весной были получены дружные всходы риса, режим затопления принимался обычный, рекомендованный для рисосеющих совхозов Чимкентской области. На отдельных чеках, засоренных просянками, применяли обработку гербицидом СТАМ Ф-34А. Со всей площади получили риса по 30 ц/га.

После одного года возделывания риса на участке произошло значительное опреснение почвы до глубины 1,5—2,0 м. При всей важности эффекта рассоления для этого хозяйства решающую роль играла экономическая сторона вопроса возделывания риса. Специалисты и рабочие совхоза почувствовали, что таким путем можно оздоровить и земли, и всю производственную деятельность хозяйства.

С 1968 по 1972 г. в совхозе ежегодно высевают рис на площади 500—550 га. Институтом «Союзгипрорис» проведены последовательные солевые съемки, фиксирующие исходное засоление почвы перед промывкой и остаточное содержание солей после нее. Посевы риса размещают на инженерной оросительной системе в полях хлопкового севооборота. Поля спланированы с уклоном 0,001—0,003, чеки нарезают площадью 0,05—1,0 га, соединяют в виде цепочки по 16—30 чеков каждая.

Участок обеспечен горизонтальным открытым и закрытым дренажем глубиной 2,8—3,0 м с междренным расстоянием 200—300 м. Степень дренированности составляет 40—50 м на 1 га орошаемой площади. Модуль дренажного стока за период промывки составлял 0,35—0,80 л·с/с·га.

Почвенный покров представлен светлыми сероземами, лугово-сероземными разностями и солончаками, преимущественно среднего и тяжелосуглинистого состава с засолением от 0,6 до 2,85—4,0%, или от 80 до 560 т/га в метровом слое почвы. Грунтовые воды до промывки залегали на глубине 2—5 м, их минерализация 2—10 г/л.

Коэффициент фильтрации среднесуглинистых и тяжелосуглинистых почв до затопления равнялся с поверхности 0,2—0,8 м/сут, на глубине 0,25 м — 0,3—1 м/сут, в период же вегетации он снижался до 0,15—0,05 м/сут.

Оросительная норма в среднем по совхозу в 1967 г. составляла около 40 тыс. м³/га, в 1968 г. — 37 тыс., в 1969 г. — 35 тыс. и в 1970 г. — 38 тыс. м³/га.

В 1968 г. институтом «Союзгипрорис» определены основные показатели, составляющие общую величину оросительной нормы: расход на транспирацию риса

11 тыс. м³/га, или 30%, постоянная проточность и сброс 7 тыс. м³/га, или 19%, фильтрация и насыщение почвогрунта 19 тыс. м³/га, или 51%.

Изменение солевого состава лугово-сероземной, солонцевато-солончаковатой сильнозасоленной тяжелосуглинистой почвы под влиянием культуры риса определялось по данным почвенных съемок Союзгипрориса в 1968 г. (Калинин, 1971).

В таблице 111 приведены данные по рассолению почвы при промывке.

Таблица 111

Вынос солей из почвы при промывке

Показатели	Засоление	
	сильное	среднее
В слое 0—100 см		
Вынесено солей:		
т	131	60
% исходного количества	83,9	64,4
В слое 0—200 см		
Вынесено солей:		
т	234	96
% исходного количества	78,8	34,8

Приведенные данные свидетельствуют о реальной возможности использования культуры риса для промывки засоленных почв. Однако этот способ применим при обязательном выполнении следующих условий:

поля должны быть тщательно спланированы, лучше под горизонтальную плоскость; при наличии уклонов порядка 0,003 приходится устраивать чеки небольшого размера. При некачественной планировке и густой сети валиков на поле остаются пятна непромытого грунта, находящегося в валиках или на выключках;

под посев риса надо отводить по возможности большие массивы, оконтуренные глубокими дренами, исключающими перемещение солей на смежные поля;

не следует допускать полного сброса воды с чека при возделывании риса, даже кратковременное освобождение посевов из-под слоя воды приводит к сильному угнетению растений, вызванному реставрацией засоления;

агротехника риса на засоленных почвах должна быть уточнена с учетом особенностей каждого участка.

Оросительная норма при возделывании риса на засоленных почвах Арысь-Туркестанского массива изменялась по отдельным участкам от 32 тыс. до 40 тыс. м³/га, а в среднем за эти годы оросительная норма равнялась 36 тыс. м³/га.

На землях легкого механического состава и с высокой дренированностью массива при скорости фильтрации более 0,3—0,5 см/сут рис выращивают практически без проточности и без сброса. Наивысший эффект от промывки достигается как раз при сведении сброса до минимума, когда основная масса воды попадает в коллекторную сеть через дрены, вымывая из почвы растворимые соли. Однако в каждом случае к решению этого вопроса надо подходить с учетом комплекса условий, от которых зависит исход работы по промывке земли и получение урожая риса.

Большое значение имеет степень засоленности почвы. Улучшение свойств солончаковых почв должно начинаться с понижения уровня грунтовых вод. Мероприятия по улучшению солончаков и солончаковых почв должны быть направлены на удаление избытка легкорастворимых солей из корнеобитаемого слоя. При возделывании риса на солончаках и солончаковых почвах, если на массиве имеется хорошая дренажная и коллекторно-сбросная сеть, достигается сравнительно быстрое рассоление. Конечно, все будет зависеть от степени засоления и качества выполняемых работ.

Улучшение солонцов и солонцовых почв также следует осуществлять на основе устройства коллекторно-дренажной сети. Все мероприятия должны быть направлены на разрушение солонцового слоя, улучшение его физико-химических свойств, что достигается с помощью гипсования.

Из химических мелиорантов также применяют карбонат кальция, но его действие несколько слабее. Наиболее эффективно комплексное воздействие на физические, химические и биологические свойства почвы с помощью системы мелиоративной обработки, увеличения запасов органического вещества, внесения органических и минеральных удобрений и возделывания многолетних трав с мощной корневой системой, способствующей разрыхлению верхнего слоя почв.

Таблица 112

Урожайность и стоимость продукции в период освоения земель в совхозе им. Тимирязева

Культура	Год освоения				Итого
	1-й	2-й	3-й	4-й	
Рис (зерно)					
Урожайность ц/га	29—32	—	—	—	30
Стоимость продукции, руб/га	900	—	—	—	900
Люцерна (сено)					
Урожайность, ц/га	—	30	70	90	190
Стоимость продукции, руб/га	—	90	210	270	570
Всего, руб/га	900	90	210	270	1470

В хлопкосеющем совхозе им. Тимирязева в период промывки и первичного окультуривания почв получают значительное количество продукции, стоимость которой покрывает издержки производства (табл. 112).

Суммарная стоимость сельскохозяйственной продукции составляла в среднем за год 367 руб/га, издержки по возделыванию сельскохозяйственных культур в период первичного освоения 230—260 руб/га. В совхозе получена в среднем за год прибыль более 100 руб/га. Урожайность хлопка-сырца в первый год посева по пласту люцерны трехлетнего срока 15—16 ц/га.

Иногда высказывается точка зрения о более целесообразном возделывании риса на одном и том же поле не менее двух лет. Применительно к условиям Арысь-Туркестанского канала с крайне напряженным водным балансом, когда за один год может быть выделено для промывок оросительной воды не более чем на 500 га, предпочтение отдается одногодичному возделыванию риса на одном и том же поле и отведению этого поля на следующий год под посев люцерны (Козин, 1973).

В случае ограниченного объема оросительной воды в источниках при одногодичной культуре риса достигается экономия удельных затрат воды, ускоряется период освоения земель, улучшаются и другие показатели (рис. 27).

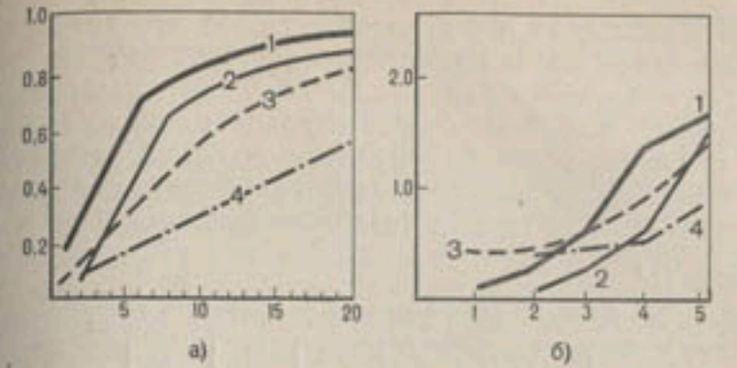


Рис. 27. Темпы освоения засоленных земель при разных способах их промывки в совхозе имени Тимирязева Главриссовхозстроя (*а*). Объем валовой сельскохозяйственной продукции за год при разных способах промывки (*б*):

1 — при промывке без риса (посев люцерны в первый год после промывки); *2* — то же, на второй год; *3* — то же, при возделывании риса один год; *4* — то же, при возделывании риса два года.

С ограниченными водными ресурсами приходится сталкиваться не только на Арысь-Туркестанской системе. Это характерно для всех инженерных систем, рассчитанных на строго определенный состав сельскохозяйственных культур. Включение в севооборот риса с его очень большой оросительной нормой неизбежно вызывает напряжение в водопользовании. Это необходимо заранее предусмотреть в системе намечаемых мероприятий по мелиорации сильнозасоленных земель с помощью этой культуры.

При выборе способа окультуривания почвы необходим глубокий анализ всего комплекса условий не только технического порядка, но и организационно-хозяйственного, что слабо учитывается в большинстве работ технического направления. Огромное значение имеют обеспеченность хозяйств квалифицированными кадрами, уровень культуры земледелия и др. Кроме того, нельзя противопоставлять один метод промывок другим, возведя его в целесообразный для всех случаев и условий. Именно так обстоит дело с применением риса в качестве промывной культуры. Этот метод не является универсальным, и применять его целесообразно в особых случаях, например на сильнозасоленных почвах со спокойным рельефом, где возможна поделка рисовых чеков, обеспечена должная дренированность и имеется достаточное количество оросительной воды.

Для создания и регулирования водного режима почвы со слоем воды на поле особо важную роль играет хорошее выравнивание рисовых чеков. Выравнивание поверхности поля под горизонтальную плоскость — одно из основных условий получения должного эффекта от орошения и один из главных методов сокращения затрат оросительной воды при возделывании риса (табл. 113).

Таблица 113

Влияние планировки на урожайность риса

Хозяйство	Система	Площадь чека, га	Валовой сбор риса, ц	Урожайность зерна, ц/га	Автор
Колхоз им. Мичурина Краснодарского края	О-Л-3-У карт-5 Чек № 1 спланирован	3,84	155,0	40,3	Е. Б. Величко (1969)
	Чек № 14 не спланирован	1,63	52,0	31,8	
Совхоз им. Ильича Тереноезекского района Кзыл-Ординской области	Спланирован	3,5	182,1	52,0	А. К. Морозов (1974)
	Не спланирован	1,5	47,2	36,0	

Многовековой опыт культуры риса указывает на тесную коррелятивную связь урожая риса с качеством подготовки поверхности рисовых чеков, ее выравненностью. Идеальные условия создаются на абсолютно выравненной поверхности с отклонениями отметок отдельных точек чека от средней плоскости не более чем на 1 см. В этом случае водный режим на рисовом чеке поддается точному регулированию. А рису требуется в фазу кущения минимальная глубина затопления, равномерная по всему чеку; в другие фазы глубина может быть большей.

По данным ВНИИриса, ЮжНИИГиМ, УкрНИИОЗ и других научно-исследовательских институтов, на хорошо спланированных полях достигается сокращение затрат оросительной воды на 15—20% при повышении урожайности риса.

Очень большое значение имеет контроль за выполнением планировочных работ не только в период их проведения, но и при сдаче системы в эксплуатацию. Правилами приема земель в эксплуатацию предусматривается замочка чеков, которая позволяет выявить дефекты, но устраняют их обычно спустя длительное время. Перед замочкой хорошо провести инструментальную нивелировку и по ее данным внести выборочные исправления. Этого нельзя выявить визуально, так как человеческий глаз не в состоянии уловить разницу в отметках в 10 и даже 20 см, если она имеется на площади в 2—5 га, а точки находятся одна от другой на расстоянии 200—300 м. Именно инструментальный контроль за ходом планировочных работ должен применяться в каждом хозяйстве, где ведется строительство крупных инженерных рисовых систем.

В процессе эксплуатации рисовых систем неизбежно происходит деформация поверхности чеков. Уже через 2—3 года отклонения отметок отдельных точек в пределах чека достигают ±8 см, затем ±10 см и более. Условия возделывания риса на таких чеках резко ухудшаются. Причинами деформации служат вспучивание и усадка грунта. Вспучивание возникает в местах срезок, а усадка на местах насыпок. Эти причины деформации рельефа носят временный характер и постепенно затухают через 2—3 года выращивания риса. Кроме того, поверхность чеков нарушается при обработке почвы отвальными орудиями. Порой, если к работе допускаются неквалифицированные механизаторы, эти нарушения оказываются весьма значительными.

Все это свидетельствует о необходимости применения специальных профилактических мер при обработке почвы в чеках всеми видами почвообрабатывающих орудий, а также проведения регулярной эксплуатационной планировки с помощью длиннобазовых планировщиков. Большой интерес в этом отношении представляет замена отвальной вспашки фрезерной обработкой. По этому вопросу проведено немало исследований в Кубанском СХИ.

Таким образом, третий тип водного режима почвы со слоем воды на поле позволяет удовлетворить потребности риса в воде и в сочетании с комплексом агромелиоративных мероприятий по регулированию питательного и воздушного режимов почвы, а также мер по очистке посевов от сорняков и уходу за посевами получать урожаи риса по 70—80 ц/га и более.

VII
ГЛАВА

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ ПРИ ОРОШЕНИИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

К настоящему времени накоплено много опытных данных о влиянии водного режима почвы, регулируемого поливами, на условия жизни растений и формирование урожая. Широкое развитие мелиоративных работ требует более углубленного исследования и познания закономерностей водопотребления растений, на основе которых можно было бы решать практические вопросы орошаемого земледелия, в частности программировать урожаи в хозяйстве на конкретный год и прогнозировать возможный рост урожайности на перспективу.

Программирование урожаев включает разработку комплекса взаимосвязанных мероприятий, точное выполнение которых обеспечивает получение заранее рассчитанного урожая данной культуры при высоком качестве его. Решение таких задач под силу лишь высококвалифицированным специалистам в хорошо организованных орошаемых хозяйствах, полностью обеспеченных машинами и материалами, и вполне осуществимо в условиях наших колхозов и совхозов, а также в более крупном масштабе, например на отдельных оросительных системах.

Первостепенную роль в земледелии следует отводить самим растениям. Это утверждение принадлежит К. А. Тимирязеву, который считал бесполезным изучение свойств почвы и других факторов без связи с растением. «Совершенно другие результаты дает прием исследований, который центральным предметом считает возделываемое растение и его нужды, а все остальные — почву, климат и прочие — рассматривает только по отношению к нему»*.

Сельскохозяйственная наука более 100 лет пыталась раскрыть закономерности взаимодействия всех или главных факторов формирования урожая, но только в последние годы наши познания приблизились к такому уровню, когда возможен переход работы из стадии поиска к практическому использованию научных достижений. Решающую роль в этом играют новые методы научных исследований, оснащение экспериментаторов совершенной аппаратурой, средствами автоматики и телемеханики, позволяющими автоматизировать сам процесс исследований с фиксацией его отправных моментов, хода и конечных результатов эксперимента. Исследования стали проводить комплексно на разных уровнях, начиная с клетки и ее микроструктур и кончая целыми растениями и растительными сообществами. Широ-

* К. А. Тимирязев. Избранные сочинения, 1948, т. II, с. 23.

ко и успешно проводится моделирование жизненных процессов в искусственной обстановке с точной характеристикой условий среды.

В историческом плане заслуживает внимания краткая характеристика основных закономерностей или гипотез, возводившихся в степень законов, которые оставили след в развитии орошаемого земледелия и растениеводства, на которые опирается в настоящее время теория урожая. В середине XIX в. Ю. Либихом сформулирован закон минимума, гласящий, что урожай зависит от элемента питания, находящегося в минимуме. Сам Ю. Либих исходил как бы из независимого влияния на растение отдельных питательных веществ, из чего следовало неверное толкование прямой пропорциональной зависимости урожая от фактора, находящегося в минимуме. Графически это выражалось бы прямой линией, восходящей под тем или иным углом и при достижении определенного уровня переходящей в горизонтальную линию.

В дальнейшем толкование закона вылилось в более общую форму: рост урожаев сельскохозяйственных культур возможен при одновременном воздействии на весь комплекс условий или факторов, находящихся в неразрывной связи, так как воздействие на один из них влечет за собой изменение других.

В степных районах страны влаги, как основного фактора жизни растений, недостаточно. Удовлетворение потребностей растений во влаге обеспечивает значительный рост урожая возделываемых культур. Вместе с тем искусственное удовлетворение потребности во влаге с помощью орошения требует улучшения и условий минерального питания растений, хорошего ухода за посевами и других мер.

Е. А. Митчерлих впервые сформулировал в математической форме закон урожая, или закон действия факторов роста, согласно которому прибавка урожая зависит от каждого фактора роста и его интенсивности, она пропорциональна разнице между возможным максимальным и действительно полученным урожаем. Прирост урожая Δy от внесения элементов питания Δx выражается уравнением

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = C\,(A - У),$$

где A — максимальный возможный урожай; $У$ — действительно полученный урожай; C — коэффициент использования отдельных факторов роста, определенный Е. А. Митчерлихом: для N равный 0,2, для K_2O — 0,4, для P_2O_5 — 0,6; x — количество внесенного фактора, включая количество его, содержащееся в почве.

Повышение урожая определяется по формуле

$$У = A\,(1 - e^{-cx}),$$

где e — основание натурального логарифма.

Е. А. Митчерлих стремился раскрыть закономерности воздействия факторов роста на урожай главным образом применительно к элементам минерального питания.

Связь урожая с водным режимом нашла отражение в законе равнозначимости факторов в жизни растений, сущность которого заключается в том, что получение высоких и устойчивых урожаев возможно при обеспечении всеми факторами одновременно в соответствии с требованиями растений (Вильямс, 1936). Определение соотношения этих факторов — очень сложный вопрос, так как речь

идет о постоянно меняющемся процессе. Воздействие на один фактор в изолированном виде приводит к ложным выводам. В подтверждение можно привести многочисленные данные экспериментов, относящиеся не только к прошлому, но и к последнему периоду. Этим недостатком страдают многие исследования, проводимые по классическому методу полевого опыта с равным фоном. Именно при такой постановке легко определяется точка перегиба кривой.

Еще Гельригелем был поставлен опыт по определению оптимальной влажности почвы при возделывании ячменя в сосудах. В графическом виде результаты этого опыта выражаются одновершинной кривой с наибольшей ординатой в зоне влажности, равной 40—60% полной влагоемкости почвы. При такой постановке опыта питание растений находится в непосредственной зависимости от интенсивности аэрации. С увеличением количества воды в почве ухудшаются условия аэрации, соответственно уменьшается количество усвояемой пищи, переходящей в недоступную форму.

Это положение было развито в опытах Э. Вольни, который, кроме влажности почвы, изучал освещенность и удобрения, а также их совместное влияние на урожай. Данные опыта подтверждали ранее установленные связи урожая с каждым фактором, а также проливали свет на характер комплексного влияния факторов.

При оптимальной влажности урожай почти удваивался без удобрений и почти утраивался с удобрениями. При плохом освещении и оптимальной влажности урожай в 2 раза выше, чем при низкой влажности. При средней освещенности урожай повышался в 3,5 раза, а при сильной — в 6 раз. Полное удобрение было эффективным только при хорошей освещенности и оптимальной влажности. Из этих данных виден постепенно нарастающий эффект комплексного воздействия факторов.

Прогрессивный рост урожаев возможен лишь в том случае, когда обеспечено воздействие человека на весь комплекс органически связанных и взаимозависимых факторов. Как уже подчеркивалось выше, воздействие на любой из факторов неминуемо влечет за собой необходимость воздействия и на все остальные. Это положение в полной мере относится к современному этапу развития сельского хозяйства с его главным направлением на интенсификацию.

ОРОШЕНИЕ И ВОДНЫЙ РЕЖИМ РАСТЕНИЙ

Анализ литературных источников по водному режиму растений при орошении касается основных работ, опубликованных в последние двадцать лет и классических исследований наших ученых более раннего периода. Фундаментальные исследования водного режима растений были начаты Н. А. Максимовым и его школой в 20—30-х годах нашего столетия, когда перед сельским хозяйством со всей остротой встала проблема борьбы с засухой в Поволжье, на Северном Кавказе и юге Украины.

Теоретические положения Н. А. Костякова и других мелиораторов по форсированию мелиоративных работ в целях борьбы с засухой в числе первых поддержали физиологи Н. А. Максимов, Н. С. Петинов, А. С. Кружилин, Ф. Д. Сказкин и др., которые расширили и углубили исследования по вопросам орошения. Лабораторные и полевые опыты проводились в экспедиционных исследованиях и на экспериментальных базах новых научно-исследовательских

учреждений в Поволжье и на Северном Кавказе, в Закавказье и Средней Азии.

Несмотря на огромные трудности организационного периода, техническое несовершенство строящихся тогда оросительных систем и сооружений, физиологам удалось получить достоверные данные о положительной роли орошения в засушливой зоне для всех культур, в том числе и для зерновых. Эффект орошения зерновых культур был значительно выше, чем любого другого агротехнического приема, прибавка урожая измерялась десятками и сотнями процентов. Из всех факторов роста растений в засушливой зоне в минимуме находилась влага, поэтому при правильном орошении урожаи зерновых нередко удваивались.

Урожаи зерновых культур на орошаемых землях в Поволжье достигали 35—40 ц/га. Вместе с тем эти исследования и производственный опыт показали, что проблема орошения сельскохозяйственных культур отличается большой сложностью, для разрешения которой требуется дальнейшее глубокое изучение водного режима растений, начиная с микромолекулярных и клеточных структур и кончая целыми растениями в поле; необходима разработка методов оценки орошения и диагностики сроков полива; выведение высокопродуктивных сортов, изучение их реакции на орошение и устойчивости к полеганию. Большая помощь производству требовалась от почвоведов по овладению процессами регулирования водного, воздушного и питательного режимов почвы. Возрастала потребность в обеспечении сельского хозяйства прогнозами погоды.

С развитием физической и коллоидной химии, термодинамики и совершенствованием методов исследований ученые нашей страны А. М. Алексеев (1968), Н. А. Гусев (1968, 1971), Н. А. Максимов (1952); Д. А. Сабинин (1963) и ученые зарубежных стран H. Walter (1955), А. Крафтс, Х. Карриер, К. Стокинг (1951), H. L. Chrysler (1934), P. Kramer (1955) установили отдельные закономерности поступления воды в растительную клетку и характер оводненности клеточной плазмы. Еще в 50-х годах при изучении этого сложного процесса предпочтение отдавалось осмотическим явлениям, а протоплазме клетки отводилась пассивная роль. В настоящее время большое внимание уделяется процессам, связанным с жизнедеятельностью клетки, ее микроструктурам, биоколлоидам протоплазмы, белкам, углеводам и др.

Накопление фактического материала и его анализа позволили с большей детализацией подойти к описанию процессов поступления воды в растения, определить параметры изменения осмотического давления клеточного сока и внешнего раствора, выявить группу растений с наиболее высокими показателями осмотического давления клеточного сока, которые обитают преимущественно в пустынных и полупустынных районах, растут на засоленных почвах. Исследованиями П. А. Генкеля (1963), Т. А. Красносельской (1933) установлена возможность диагностирования и повышения устойчивости растений к засухе. Разработанные на этой основе предложения нашли применение в селекционной работе по созданию засухоустойчивых растений. К сожалению, показатели ксероморфности, очень полезные для богарного земледелия степной зоны, не привели к созданию сортов, в полной мере способных использовать высокий фон минерального питания при высокой влажности почвы. Сорта пшениц степного экотипа (типичные ксерофиты) при орошении развивали мощную вегетативную массу, быстро полегали и давали низкий урожай зерна.

Не принесла пользы орошаемому земледелию и теория закалки к засухе. В опытах с зерновыми колосовыми культурами закалка к засухе неизменно приводила к отрицательным результатам. Детальные наблюдения за ходом развития эмбрионального колоса помогли раскрыть причину этого явления. Дифференциация конуса нарастания стебля на колоски начинается у пшеницы очень рано, еще в самом начале кущения. Закаливание в этот период неизбежно вызывало уменьшение числа колосков и числа цветков, что в конце концов вызывало снижение урожая. Таким образом, выявлялся срок и суть «критического периода» растений к недостатку почвенной влаги.

Вопрос о критическом периоде растений получил освещение в трудах И. Н. Гальченко (1936), А. С. Кружилина (1944), Ф. Д. Сказкина (1968), Н. С. Петинова (1959) и других физиологов. Он сыграл большую роль в разработке практических мероприятий по режиму орошения сельскохозяйственных культур. Сложность условий, в которых приходится добывать растениям влагу из почвы в течение их жизни, непрерывно меняющаяся метеорологическая обстановка, в которой протекает жизнедеятельность растений, привели к возникновению у растений систем водопотребления с широким диапазоном возможностей.

Этому условию отвечает не противопоставление осмотических сил коллоидным, а наиболее целесообразное сочетание действия этих сил. В условиях достаточного водообеспечения, видимо, более рационален путь поступления воды в растительную клетку с наименьшими энергетическими затратами, то есть за счет осмотических систем, а в более сложной обстановке растение шире использует другой путь добывания воды, непосредственно связанный с активизацией деятельности протоплазмы. Именно такую трактовку мы встречаем в работах Н. С. Петинова (1959). Связывание воды может осуществляться как молекулярными компонентами, осмотически действующими веществами, так и коллоидными мицеллами, причем в первом случае воду можно называть осмотически связанной, а во втором — коллоидно-связанной.

Общее содержание связанной воды в растительных клетках зависит от влажности почвы. При достаточной влажности связанной воды чаще всего бывает 20—40% общего количества воды в клетках (Петинов, 1959), при иссушении почвы связанная вода в клетках составляет 50—70%. Изучение относительной насыщенности клеток водой, ее фракционного состава и осмотического давления должно проводиться во взаимосвязи; только в этом случае можно установить определенную закономерность в их изменении.

Исследованиями А. М. Алексеева и Н. А. Гусева (1957, 1968, 1971) и других было установлено, что на водоудерживающую способность коллоидов протоплазмы оказывают влияние минеральные удобрения. Фосфорнокислые удобрения повышают водоудерживающую способность коллоидов, увеличивают количество связанной воды, растения приобретают большую устойчивость к изменениям водного режима. По данным И. Е. Рогалева (1949), в этом случае особую роль приобретает количество коллоидно-связанной воды. М. С. Миллер (1955) считал, что калийные удобрения способствуют увеличению не связанной, а свободной воды в клетках, что приводит к более интенсивному обмену веществ, реакциям гидролиза и способствует оттоку пластических веществ из листьев в колос.

Работами последнего периода (Алексеев, 1968; Гусев, 1968, 1971; Гринева, 1968; Сказкин, 1968; Петинов, Кембель, 1968; Рыжов, 1967,

и др.) было установлено, что состояние водного режима растений в значительной мере определяется свойствами протоплазмы и ходом обмена веществ, влияющими на состояние коллоидов. Показана связь водного режима растений со строением, количеством и состоянием белковых веществ, с формами белковых макромолекул, а также со структурой самой протоплазмы и ее высокомолекулярных компонентов.

Из других свойств растительной клетки, изученных в связи с проблемой регулирования водного режима растений, заслуживают внимания:

вязкость протоплазмы, которая существенно увеличивается при обезвоживании (Максимов, 1952; Васильева, 1957). В работах П. А. Генкеля (1963) отмечена связь высокой вязкости протоплазмы и жаростойкости у растений в пределах вида;

водопоглощающая способность листьев, которая может отражать состояние водообеспеченности растений; чем ниже влажность почвы, тем выше водопоглощающая способность листьев при помещении их в воду;

проницаемость протоплазмы клеток, которая, по утверждению Н. А. Максимова, существенно реагирует даже на ход суточных изменений влажности растений;

сосущая сила и осмотическое давление клеточного сока — важные показатели потребности растений в воде (Алексеев, 1968; Шардаков, 1963; Петинов, 1959; Walter, 1955).

По мнению J. Overbeek (1944), сосущую силу можно определить по формуле:

$$S = P + A - W,$$

где S — сосущая сила; P — осмотическое давление вакуолярного сока; W — упругое противодавление клеточной оболочки; A — активное давление, под которым понимается часть внутриклеточного давления, зависящая от дыхания клетки.

Работами Н. Г. Васильевой (1957), И. Н. Гальченко (1936), О. Г. Грамматикати (1952), Н. С. Петинова (1959) и других доказано, что осмотическое давление находится в коррелятивной зависимости от состояния влажности почвы и обводненности тканей растений. Концентрация клеточного сока, зависящая от условий водоснабжения, минерального питания и возраста растений, может служить в качестве метода диагностирования сроков полива (Лобов, 1949; Петинов, 1956; Васильева, 1957).

Таким образом, анализ исследований водного режима растений, проводимых физиологами с использованием современных методов, свидетельствует о большой связи водного режима растительных клеток с водным режимом почвы, которую необходимо учитывать в практической деятельности на орошаемых землях колхозов и совхозов.

В исследованиях агромелиоративного и агроклиматического направлений главное внимание уделялось водопотреблению сельскохозяйственных культур, фитоценозам в природной обстановке, установлению влияния на водопотребление климатических факторов, почвенного покрова и гидрогеологических условий.

Суммарное водопотребление определяют несколькими методами: по притоку тепла на данное поле, по дефициту влажности воздуха, по суммарному учету факторов, определяющих величину испарения. Затраты тепла на испарение равны произведению скрытой теплоты

испарения L (в кал/г) на испарение ε, $L=597-0{,}6\,t$, где t — температура испаряющей поверхности, °С. При температурах 10—30 °С, соответствующих (наиболее часто) температуре зеленой поверхности растений в период активной вегетации, L равно 580—590 кал/г.

Если известны остаточная радиация, турбулентный теплообмен P (поток тепла от зеленой поверхности растений в атмосферу) и поток тепла в почву β, затраты тепла на испарение можно определить по уравнению теплового баланса

$$L\varepsilon = R - P - \beta; \quad \varepsilon = \frac{R-P-\beta}{L}.$$

Для определения потребности растений в воде В. С. Мезенцевым (1960) предложена формула

$$\varepsilon_\phi = 0{,}0275e^2\varepsilon_d,$$

где ε_ϕ — потребность в воде, мм; e — среднемноголетняя годовая абсолютная влажность воздуха, мм ртутного столба; ε_d — сумма дефицитов влажности воздуха.

В. С. Мезенцевым также установлена зависимость суммарного испарения за год от радиационного баланса и турбулентного теплообмена:

$$L\varepsilon_0 = 1{,}15 - 8{,}0,$$

где $L\varepsilon_0$ — затраты тепла на испарение, ккал/см²·год; R — средний радиационный баланс за год, ккал/см². Приближенно $R=94{,}5-1{,}15\,\varphi$, где φ — географическая широта местности.

Скорость расхода тепла на испарение v (в кал/см²·мин) рассчитывают по формуле

$$v = \frac{R-P}{1+0{,}64\,\frac{\Delta t}{\Delta e}},$$

где Δt и Δe — разности температуры и абсолютной влажности воздуха на двух высотах — 20 и 150 см.

Расчет турбулентного потока тепла в воздух P (в кал/см²·мин) вычисляют по формуле

$$P = \frac{R-\beta}{1+1{,}56\,\frac{\Delta e}{\Delta t}}.$$

Для расчета β — потока тепла в почву (в кал/см²·мин) чаще всего используют зависимость, установленную Г. Х. Цейтиным:

$$\beta = \frac{c}{\tau}\left[S_1 - \frac{\alpha}{10}\,S_2\right],$$

где c — объемная теплоемкость почвы, кал/см³·град; α — коэффициент температуропроводности; S_1 и S_2 — величины, показывающие температуру почвы на разных глубинах по времени; τ — время в минутах, за которое начисляется среднее значение тепла в почве.

При достаточном увлажнении поток тепла в почву составляет не более 5—15% радиационного баланса, поэтому иногда им пренебрегают в расчетах.

Суммарная потребность фитоценоза в воде ε_ϕ при оптимальной влажности почвы:

$$\varepsilon_\phi = \frac{R-P-\beta}{L}.$$

В Англии нашел применение метод Х. Л. Пенмана (1968, 1972). В его основе — уравнение теплового баланса водоема. По Х. Л. Пенману возможная транспирация то же самое, что по А. М. Алпатьеву суммарная потребность в воде фитоценоза

$$\varepsilon_\phi = fE_0,$$

где E_0 — испарение с водной поверхности; f — коэффициент, для Западной Европы летом $f=0{,}8$, зимой $f=0{,}6$, весной и осенью $f=0{,}7$, в среднем за год $f=0{,}7$.

Х. Л. Пенман вычисляет E_0 по сложной зависимости его от радиационного баланса, скорости ветра, температуры и влажности воздуха. Множество метеорологических факторов — достоинство и вместе с тем недостаток метода, часто не бывает этих данных или требуются многочисленные наблюдения.

М. И. Будыко (1948) предложил комплексный метод, учитывающий влияние радиационного баланса, температуры и влажности воздуха:

$$E_0 = \rho D\,(qW - q),$$

где E_0 — испаряемость; ρ — плотность воздуха; D — коэффициент обмена для теплого периода 0,60—0,70 см/с; qW — удельная влажность насыщенного водяным паром воздуха при температуре испаряющей поверхности; q — удельная влажность воздуха на высоте 2 м.

В США широкое признание получили формулы С. В. Торнтвейта (Thornthwaite, 1948) и Х. Блейни — В. Криддла (Blaney, Criddle, 1950). По формуле С. В. Торнтвейта

$$\varepsilon_\phi = 1{,}67T\left(\frac{10t}{I}\right)\alpha,$$

где ε_ϕ — суммарная потребность в воде фитоценоза за 30 дней; T — потенциальное испарение; t — среднемесячная температура воздуха, °С; α — кубическая функция; I — теплобалансовый индекс, составляющий сумму 12 месячных показателей i, которые определяются по формуле

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)1{,}514.$$

Величину α можно определить по формуле

$$\alpha = \frac{0{,}926}{2{,}42 - \log\beta}.$$

В этой формуле не учитывается воздействие влажности воздуха, тип растительных формаций. Исследованиями Гипроводхоза (1963 г.) вскрыты ее недостатки и непригодность для применения в условиях нашей страны.

Формула американских ученых (Blaney, Criddle, 1950) в метрических единицах имеет вид:

$$\varepsilon_\phi = KP\,\frac{46t + 813}{100},$$

где ε_ϕ — суммарная месячная потребность в воде фитоценоза, мм; K — компонент, зависящий от типа растительного покрова; P — средняя за год месячная продолжительность дня (в процентах от среднего числа часов в месяце); t — среднемесячная температура воздуха, °С.

Более простая их формула имеет вид:

$$\varepsilon_\phi = 25{,}4KF,$$

где K — эмпирический коэффициент, установленный за вегетационный период каждой культуры и численно равный сумме месячных коэффициентов $KE = \varepsilon\,\frac{tP}{100}$ за те же месяцы вегетации культуры.

Во многих странах Западной Европы получила распространение формула Л. Тюрка (1958):

$$\varepsilon_\phi = \frac{P + \alpha + V}{\left[1 + \left(\frac{P+\alpha}{e} + \frac{V}{2e}\right)^2\right]^{1/2}},$$

где ε_ϕ — потребность в воде за декаду, мм; P — атмосферные осадки за декаду, мм; α — расход воды из почвы за декаду при отсутствии осадков, мм; e — испаряющая способность воздуха за декаду (в мм), определяемая по формуле

$$e = \frac{t+2}{16}\sqrt{i},$$

где t — средняя за декаду температура воздуха, °С; i — приток коротковолновой радиации, ккал/см²·день; V — показатель, зависящий от растительности,

$$V = 25\sqrt[4]{\frac{MC}{L}},$$

где M — конечный урожай сухого вещества, кг/га; L — продолжительность вегетационного периода в днях; C — константы по Л. Тюрку: маис, свекла 0,67, картофель 0,83, злаки, лен 1,0, горох, клевер и бобовые, кроме люцерны, 1,17, люцерна, луговые злаки 1,33. При $C=1$ и $\frac{M}{L}=8$ (около 0,4 ц сухого вещества в день) $V=70$, если водоснабжение культуры не ограничено.

Для орошаемых культур Л. Тюрк предложил формулу

$$\varepsilon_\phi = 0{,}13\,\frac{t}{t+15}\,(i + 50),$$

где ε_ϕ — потребность в воде за декаду, мм; i — средний за декаду приток коротковолновой радиации, кал/см² в день; t — средняя температура воздуха, °С.

Критический обзор методов определения испаряемости с достаточной полнотой дает М. И. Будыко (1948). Необычное изобилие формул, предложенных для расчета испарения с поверхности достаточно влажной почвы и растительного покрова, служит бесспорным доказательством их региональной ограниченности. Без введения в формулы дополнительных коэффициентов, корректирующих воздействие на испарение региональных условий, результаты оказываются неточными.

СУММАРНОЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И УРОЖАЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

В полевой обстановке сельскохозяйственные растения формируют свой фитоклимат, вступают во взаимодействие с внешними силами в виде растительных сообществ, фитоценозов, которые обладают способностью формировать меняющийся по фазам развития фитоклимат и тем самым оказывать большое влияние на испарение. Одиночные растения расходуют воды в 1,5—2 раза больше, чем в сообществе.

Не каждый фитоценоз создает оптимальный, активно действующий фитоклимат, а только тот, который характеризуется полным смыканием растений над поверхностью почвы, когда на 1 м² поверхности почвы приходится 3,5—4,0 м² листовой поверхности. Именно такая густота обеспечивает формирование высоких урожаев. В трактовке вопроса о связи потребности в воде фитоценоза с уровнем урожайности выявилось два направления: бóльшему урожаю соответствует бóльшая потребность в воде до тех пор, пока имеются неиспользованные энергетические ресурсы, после чего дальнейшее повышение урожая не сопровождается ростом потребления воды; бóльшему урожаю всегда соответствует бóльшая потребность в воде фитоценоза.

По мнению А. М. Алпатьева, оба направления могут оказаться справедливыми при некоторых условиях.

Для определения зависимости урожая зерновых хлебов от суммарного расхода воды Л. А. Разумовой (1951) предложено уравнение регрессии. Для засушливых районов Казахстана, Заволжья и Кулунды получены высокие коэффициенты корреляции (0,80—0,96) урожая и потребления влаги, а также показаны пределы применения уравнений связи урожая с ресурсами влаги. Однако не все данные были получены при оптимальном водоснабжении растений, только отдельные опыты были проведены при орошении. Установлению связи суммарных рас-

ходов воды с продуктивностью кукурузы были посвящены работы Ю. И. Чиркова (1967) для европейской части СССР.

В странах Западной Европы этому вопросу посвятил свои исследования Р. Келлер (1965). Для альпийских лугов и древесно-кустарниковой растительности в Рейнской области (ФРГ) Р. Келлер приводит уравнение связи годового потребления воды (в мм) с годовой продуктивностью сырой массы F (г/м²) и климатом L в логарифмическом виде

$$\lg W = \frac{(\lg F)^2}{1 + \lg F} + L.$$

В Польше установлением связи потребления воды с урожайностью культурных растений занимался И. Остроменский, в Югославии Z. Vladisavljevic (1960). Во многих исследованиях верхний предел урожайности опытных культур был низок и не отражал всего диапазона возможных урожаев. Каждому уровню плодородия и агротехники соответствует своя кривая, отражающая зависимость рассматриваемых величин.

По мнению сторонников второго направления, в трактовке связи потребности в воде фитоценозов с урожайностью надо различать два этапа, или два отрезка кривой, отражающей связь потребности в воде и урожаев.

На первом этапе, или отрезке кривой, четко выявляется рост потребности в воде и урожаев, когда бóльшему урожаю соответствует бóльшая потребность в воде.

На втором этапе увеличение урожая не сопровождается ростом потребности в воде. Имеются в виду условия оптимальной влажности почвы на всех этапах развития и полное использование фитоценозом энергетических ресурсов.

Каждый фитоценоз имеет свой предел испарения, определяемый ресурсами тепла в данном географическом пункте при данных погодных условиях года. В отдельных зонах часто и в достаточном количестве в период вегетации выпадают атмосферные осадки, создающие оптимальную или близкую к ней влагообеспеченность растений. В этом случае даже при средних урожаях наблюдается полное использование теплоэнергетических ресурсов испарения. Однако значительная часть ресурсов влаги расходуется на испарение с поверхности почвы непродуктивно.

Высокопродуктивным фитоценозам свойственно более рациональное использование водных ресурсов за счет сокращения удельного веса испарения с поверхности почвы и увеличения транспирации до 80—90%.

Биофизическим методам изучения и расчета потребности в воде фитоценозов также посвятили свои работы В. И. Алексеев и Э. В. Гершунов (1963), Д. М. Кац (1961), Б. Н. Мичурин (1959), В. Ф. Пушкарев (1958), Г. Т. Селянинов (1937), С. И. Харченко (1967), И. А. Шаров (1959) и др. За рубежом биофизический метод разрабатывают Д. Велев, И. Е. Цонев в Болгарии, М. Пиха в Чехословакии, К. Матуль в Польше, Л. Тюрк во Франции, Х. Блейни и В. Криддл в США, В. Хауде в ФРГ, А. Прескотт в Австралии и др. Наиболее характерный признак для биофизических методов — отражение изменений потребности растений по этапам развития. В целом за вегетационный период потребность в воде фитоценоза можно приравнять к испаряемости, определенной в данной местности наиболее достоверным способом.

Вопрос о связи суммарного водопотребления или суммарного испарения с урожаем получаемой продукции заслуживает самого тщательного анализа при всех типах водного режима почвы, свойственных орошаемому и богарному земледелию.

В данной работе рассмотрены три типа водного режима почвы при орошении. Кроме того, приведены данные о водном режиме почвы, складывающемся в сухостепной зоне без орошения, когда запасы почвенной влаги создаются за счет естественных осадков. Такой тип водного режима обозначается терминами «контроль», «богара» или «естественное увлажнение». Основные формы связи урожая зерновых культур с водопотреблением установлены автором для условий Северного Кавказа. На рисунке 28 представлены фактические данные об урожаях и водопотреблении яровой пшеницы, кукурузы и озимой пшеницы. На этих графиках показаны данные, относящиеся к естественному увлажнению, к регулируемому и частично регулируемому водным режимам почвы.

Даже при общем взгляде на графики нетрудно заметить существенное сходство кривых у рассматриваемых культур. Наибольшее сходство проявляется на первом

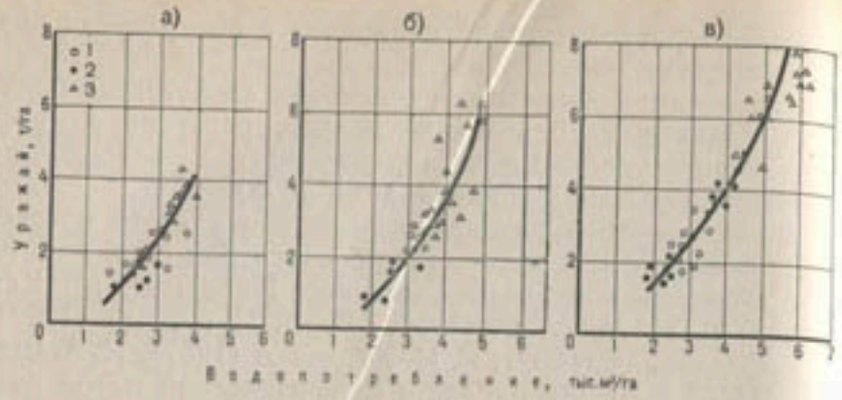


Рис. 28. График связи урожая с водопотреблением:
а — яровая пшеница; *б* — озимая пшеница; *в* — кукуруза; *1* — частично регулируемый водный режим; *2* — контроль (без орошения); *3* — полностью регулируемый водный режим.

участке, отображающем связь урожая с водопотреблением при естественном увлажнении. У всех культур, судя по определившейся тенденции, начало графика не совпадает с нулем координат, а смещено по оси абсцисс к определенной величине водопотребления. Для обеспечения наименьшей урожайности рассматриваемых зерновых культур посевы должны получить за вегетационный период не менее 1000—1100 м³ воды.

На первом участке график представлен прямой, характерной для функциональной зависимости рассматриваемых параметров. Для более глубокого понимания этого вопроса зависимость урожая от водопотребления рассмотрена по отдельным культурам. На основе анализа данных опытов с яровой пшеницей автором составлено уравнение связи водопотребления с урожаем зерна в следующем виде:

$$У = K \frac{E}{E - O},$$

где $У$ — урожай зерна, т/га; E — суммарное водопотребление, м³/га; O — осадки за вегетацию пшеницы, м³/га; K — коэффициент, отражающий влияние уровня агротехники, сортовой продуктивности и других факторов: $K = (1 - (a + c + t)$, где a — освоенность севооборотов, системы удобрений, мероприятий по уходу за посевами; c — отклонения от требований сортовой агротехники и продуктивность районированных сортов по сравнению с перспективными; t — превышение среднесуточной температуры в период полива зерна над оптимальной.

Таблица 114

Сравнение фактических и расчетных урожаев яровой пшеницы

Сорт	Сумма осадков O, м³/га	Суммарное водопотребление E, м³/га	Характеристика года	Урожай, т/га		Отношение расчетного урожая к фактическому
				фактический	расчетный	
Харьковская 46	728	2050	Среднезасушливый	1,56	1,36	0,87
То же	1919	3160	Средневлажный	2,52	2,39	0,95
Мелянопус 69	1050	2535	Средний	1,26	1,36	1,08
То же	665	2045	Засушливый	1,21	1,18	0,97
Донская гарновка	730	1945	»	1,04	1,16	1,11

Расчетные и фактические урожаи яровой пшеницы приведены в таблице 114.

Важное достоинство этой формулы — простота расчета. Однако точность вычисленных данных относительна. Наиболее точные результаты получаются, если при расчете величины K_1 учитывают фактические отклонения указанных параметров в течение вегетации.

Таким образом, формула $У = K_1 \frac{E}{E - O}$ применима для расчетов при возделывании яровой пшеницы без орошения. Используя статистические данные об урожаях яровой пшеницы при орошении и без него, можно установить зависимость между ними (табл. 115).

Имея данные об урожае пшеницы без орошения и характеристику засушливости года, можно рассчитать урожай при орошении.

Следует отметить, что нижеприведенная формула применима также для установления зависимости водопотребления и урожая озимой пшеницы.

$$У = K_1 \frac{E}{E - O},$$

где E — суммарное водопотребление озимой пшеницы из почвы слоем 1 м за весенний период вегетации; O — сумма осадков за этот же период; K_1 — коэффициент, который, кроме вышеуказанных факторов, должен учитывать также сохранность травостоя озимой пшеницы после зимовки. В годы с хорошей сохранностью в Ростовской области $K = 0{,}85 \div 0{,}9$.

Таблица 115

Сравнение урожаев яровой пшеницы при орошении и без него в Ростовской области (М. А. Козин)

Характеристика года	Урожай, ц/га		Отношение расчетного урожая к фактическому
	без орошения (контроль)	при орошении (регулируемый водный режим)	
Сильнозасушливый	6,5	22,8	3,5
Среднезасушливый	10,4	29,4	2,8
Средний	13,4	33,6	2,5
Средневлажный	19,5	43,5	2,2

Сопоставление урожаев, вычисленных по этой формуле и фактических, представлено в таблице 116.

Таблица 116

Сравнение фактических и расчетных урожаев озимой пшеницы сорта Безостая 1 (по данным Ростовской ОМС)

Характеристика года	Сумма осадков O, м³/га	Суммарное водопотребление E, м³/га	Урожай, т/га		Отношение расчетного урожая к фактическому
			фактический	расчетный	
Средний (1965 г.)	1510	3120	1,61	1,63	1,02
Средневлажный (1966 г.)	2202	3204	3,04	2,90	0,96
Засушливый (1967 г.)	1116	2736	1,61	1,50	0,93

В годы с влажным и теплым осенне-зимним периодом пшеница дает наиболее высокие урожаи, что подтверждает тесную связь урожая с суммарным водопотреблением.

При анализе данных о водопотреблении озимой пшеницы наблюдается большое расхождение. Это объясняется различными методами расчета осадков. Так, А. М. Алпатьев, А. Р. Константинов и С. М. Алпатьев принимают в расчетах всю сумму осадков за вегетационный период, а Д. В. Ярмизин и другие рекомендуют учитывать не более 60% этой суммы. Однако озимая пшеница весной быстро отрастает, поэтому не следует пре-

небрегать какой-либо частью осадков весеннего и летнего периодов.

Аналогичная картина складывается с глубиной расчетного слоя почвы. При определении суммарного водопотребления мощность слоя принимают от 0,6 до 3 м. В целях унификации лучше пользоваться методикой гидрометеорологических станций. В соответствии с ней для озимой пшеницы и других зерновых культур в южных районах страны мощность расчетного слоя почвы должна быть равна 1 м.

Применение единой методики позволит получить сравнимые данные по зонам страны и сделать ценные практические выводы.

Связь урожая кукурузы, возделываемой без орошения, с суммарным водопотреблением также описывается уравнением $У = K_1 \frac{E}{E - O}$. Расчетные и фактические урожаи, полученные на экспериментальном участке ЮжНИИГиМ, на Ростовской ОМС и в Кабардино-Балкарской АССР, приведены в таблице 117.

Бóльшая доля суммарного водопотребления покрывается за счет осадков, и чем больше их сумма, тем вы-

Таблица 117

Урожай зерна кукурузы и суммарное водопотребление при возделывании на неорошаемых землях

Автор, место, год	Гибрид	Сумма осадков O, м³/га	Суммарное водопотребление E, м³/га	Урожай зерна, т/га		Отношение расчетного урожая к фактическому
				фактический	расчетный	
Г. К. Льгов, Кабардино-Балкарская АССР, 1960	ВИР 156	2810	3740	3,94	3,45	0,88
М. А. Козин, ЮжНИИГиМ:						
1960	ВИР 42	1760	2840	2,56	2,30	0,90
1961	ВИР 42	1130	2550	1,67	1,53	0,92
1962	ВИР 156	2750	3420	4,95	4,35	0,88
Н. И. Александрин, Ростовская ОМС, 1957	ВИР 42	1500	2075	3,00	3,20	1,06
А. А. Запорожченко, ВНИИК, 1966	ВИР 42	1627	2707	2,20	2,30	1,05

ше урожай рассматриваемых зерновых культур. Вышеуказанная формула применима для всех зерновых культур в условиях Ростовской области при суммарном водопотреблении от 1500 до 3000 м³/га и урожае зерна более 1 т/га. Ее нельзя использовать в случае нарушений требований агротехники.

Особенности связи урожая с водопотреблением исследовали также Н. Б. Мещанинова, Л. А. Разумова, А. М. Алпатьев, Г. К. Льгов и др.

По данным Н. Б. Мещаниновой (1971), зависимость урожая яровой пшеницы от суммарного водопотребления в степной зоне Западной Сибири и в Поволжье за вегетационный период выражается уравнением

$$У = 0{,}09E - 6{,}8,$$

где $У$ — урожай зерна, ц/га; E — суммарное водопотребление за вегетационный период, мм.

Данная формула применима для урожая от 5 до 42 ц/га и для суммарного водопотребления от 130 до 470 мм.

А. М. Алпатьев (1969) считает, что нельзя строго фиксировать участок кривой, на котором проявляются увеличение урожаев и рост суммарного водопотребления. Надо полагать, что каждому уровню плодородия почвы и уровню агротехники соответствует своя форма связи урожая с водопотреблением. Эта связь может быть представлена в виде семейства кривых.

По мнению А. Н. Костякова (1951), при определенном уровне водопотребления для данных условий рост урожая будет происходить без увеличения суммарного водопотребления, что наступает при полном использовании растительным покровом притока солнечной энергии. Таким образом, при возделывании зерновых культур без орошения в сухостепной зоне проявляется тесная положительная связь урожая с водопотреблением. Она прослеживается также при частично регулируемом водном режиме почвы, затем переходит в более сложные формы при регулируемом режиме и особенно сложные при водном режиме со слоем воды на поле, когда водопотребление достигает «потолка» и урожай становится зависимым от других факторов.

Для конкретного хозяйства, расположенного в сухостепной или полупустынной зоне, когда известны приток воды, тепла, питательных веществ и другие факторы,

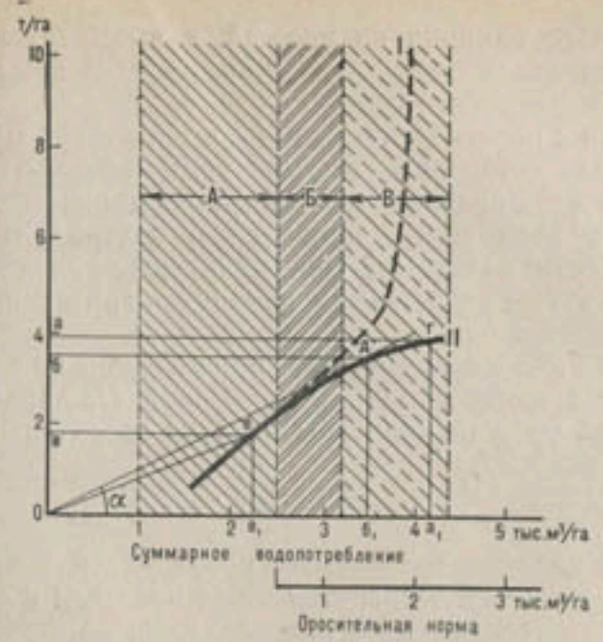


Рис. 29. Схема связи урожая с водопотреблением озимой пшеницы.

очень важно выявить зависимость урожая сельскохозяйственной культуры от суммарного водопотребления и оросительной нормы (рис. 29).

По оси абсцисс отложены суммарное водопотребление и оросительные нормы, по оси ординат — урожай. Зона А характеризуется естественным водообеспечением растений (без орошения), зона Б — водным режимом почвы второго типа, частично регулируемым, и зона В — водным режимом почвы первого типа, регулируемым с помощью поливов.

Максимальный объем воды, соответствующий суммарному водопотреблению данной культуры в условиях определенного хозяйства, зависит от притока солнечной энергии. А соотношение транспирации и физического испарения, из которых складывается суммарное водопотребление, может регулироваться в известных пределах с помощью агротехники, подбора сортов, густоты травостоя и других факторов.

Объем подаваемой на поле оросительной воды можно регулировать в широком интервале. В отдельных случаях на поле подается воды больше, чем требуется возделываемой культуре. Излишек воды не оказывает поло-

жительного влияния на урожай, а вызывает временное или длительное переувлажнение почвы и даже ухудшение мелиоративного состояния земель.

Точка *г* перегиба кривой *II* соответствует максимальному количеству оросительной воды, полезно расходуемому на формирование урожая, а суммарное водопотребление в этой зоне — проявлению потенциальной продуктивности возделываемой культуры или сорта при соответствующих режимах питания, агротехники и других условиях.

Угол наклона прямой *Од*, проведенной из начала координат в любую точку *е* на кривой *II*, характеризует удельный урожай культуры на 1 м³ оросительной воды:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{ве}{ев_1}.$$

Угол наклона прямой *Од*, проведенной в виде касательной к точке *дс*, является максимальным и соответствует наиболее выгодному использованию оросительной воды. В этой точке удельный урожай культуры на 1 м³ оросительной воды наибольший, а удельные затраты оросительной воды на единицу урожая наименьшие. Значит, в условиях конкретного года и определенного хозяйства удельный расход оросительной воды уменьшается с ростом урожая не беспредельно, а только до *бд*. Дальнейшее повышение урожая на отрезке *дг* до максимальных размеров будет происходить с некоторым ухудшением использования оросительной воды. За точкой *г* увеличение оросительной нормы будет отрицательно влиять на формирование урожая. Растения не способны потребить такого количества воды из-за ограниченного притока солнечной энергии.

Сравнение кривых *I* и *II* позволяет выявить влияние на урожай водного режима почвы и других факторов.

В зоне *А* водообеспечение растений характеризуется только кривой *I*, отражающей связь урожая с суммарным водопотреблением в условиях без орошения, когда источником влаги для растений являются осадки. Именно в этой зоне проявляется тесная связь урожая с водообеспечением растений, которую для зерновых культур можно выразить уравнением $У = K_1 \frac{E}{E - O}$. Даже незначительное сокращение количества осадков неизбежно вызывает снижение урожая.

Питательный режим, фотосинтетически активный потенциал и другие факторы влияют на урожай только в том случае, когда растения получают необходимое количество влаги. Как бы ни были велики нормы минеральных удобрений, они не повысят урожая, если посевы не получат минимальное количество воды.

В зоне *Б* потребность растений в воде обеспечивается естественными осадками и поливами, пополняющими запасы почвенной влаги. Формирование урожая происходит в более благоприятных условиях водоснабжения. Однако разовые поливы не могут на протяжении всего вегетационного периода создать оптимальный водный режим, который, как и в первой зоне, в отдельные периоды бывает напряженным и ограничивает рост урожая. В этой зоне возрастает роль мероприятий по регулированию питательного и воздушного режимов почвы, формированию соответствующей густоты травостоя и созданию других условий. Кривая *II* показывает, что суммарное водопотребление здесь возрастает до размеров, соответствующих формированию более высоких урожаев. Прибавка урожая по сравнению с зоной *А* составляет 150—200% и более, в зависимости от сложившихся условий. Однако отклонения урожая от среднего уровня проявляются очень часто.

В зоне *В* (с регулируемым водным режимом почвы) создаются наиболее благоприятные условия для проявления потенциальной продуктивности возделываемого сорта.

Характер связи водопотребления с урожаем в зоне *В* весьма сложен. Именно в этой зоне при сравнительно небольшом увеличении удельного водопотребления обеспечивается существенный рост урожая. Как правило, для этого не требуются дополнительные капитальные затраты, надо лишь правильно использовать созданные фонды и осуществлять научно обоснованный комплекс агротехнических, биологических и организационно-хозяйственных мер.

Основные черты рассмотренной схемы связи водопотребления с урожаем наблюдаются при возделывании сельскохозяйственных культур во всех трех природно-климатических зонах. Вместе с тем в каждой из них имеются свои особенности. В полупустынной зоне с ее скудным естественным увлажнением устойчивые урожаи возможны только при орошении.

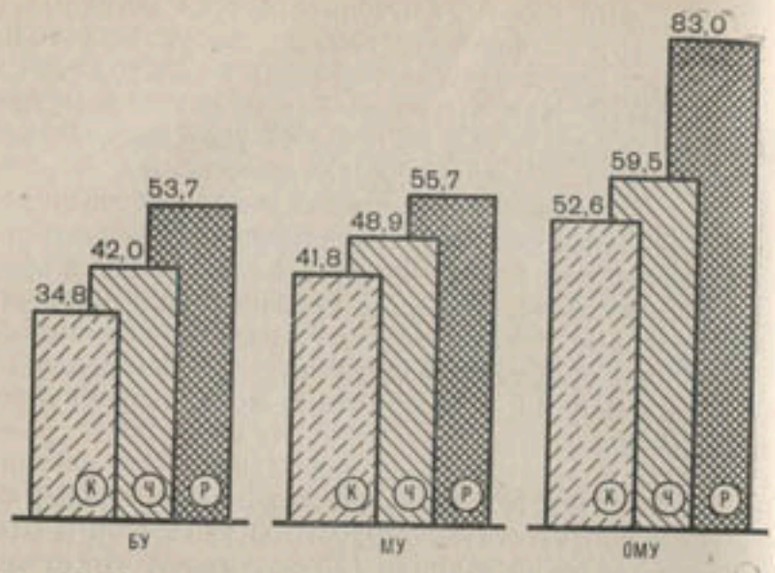


Рис. 30. Урожайность кукурузы в зависимости от водного режима почвы и удобрений:

БУ — контроль (без удобрений); МУ — минеральные удобрения; ОМУ — органо-минеральные удобрения; К — контроль (без полива); Ч — частично регулируемый водный режим почвы; Р — регулируемый режим почвы.

При исследовании кукурузы и зерновых колосовых неоднократно отмечалась связь характера развития растений с факторами роста и влияние этих факторов на урожай.

В многофакторном опыте с применением органических, минеральных и органо-минеральных удобрений под кукурузу при трех типах водного режима почвы (регулируемом, частично регулируемом и при естественном увлажнении) были получены следующие данные, представленные на рисунке 30. По мере подключения новых факторов нарастал эффект их влияния на рост и развитие.

Эффективность действия минеральных удобрений зависела от обеспеченности растений влагой, в свою очередь, оптимальный водный режим почвы приводил к значительному повышению эффективности действия минеральных удобрений.

Результаты этого опыта позволили установить основные формы связи изучаемых факторов с урожаем кукурузы и выявить долю влияния каждого из них в условных единицах. В качестве основного критерия при анализе служил урожай кукурузы, получаемый при естественном увлажнении и естественном плодородии почвы, то есть без орошения и без удобрений.

В этом опыте регулируемый с помощью орошения режим влажности почвы без удобрений позволял поднять урожай кукурузы до 57,6 ц/га, а с удобрениями — до 83 ц/га. Прибавка урожая при орошении без удобрений составила 22,8 ц/га, или 65%, а с удобрениями — 48,2 ц/га, или 140% к контролю, при полной норме всех удобрений без орошения — 17,8 ц/га, или 50% к контролю, а при орошении — 25,4 ц/га, или 73%.

В дополнительном урожае, полученном за счет орошения и удобрений и в данном случае равном 48,2 ц/га, на долю орошения приходятся 43%, а остальные (57%) — на удобрения. Такой расчет носит методический характер, применимый лишь для данного опыта, так как в формировании урожая в любом случае участвует множество других факторов, которые, согласно методике классического эксперимента, считают относительно равноценными.

В работах Г. А. Гарюгина (1966), А. А. Собко (1968) значения долевого участия орошения и удобрения в формировании дополнительного урожая зерновых культур, в том числе и кукурузы, в сухостепной зоне были примерно такие же.

Этим же вопросом занимались С. Д. Лысогоров и Ф. В. Сухоруков (1972) на примере двух культур: кукурузы и озимой пшеницы. Кроме того, они изучали влияние на урожай третьего фактора — глубины вспашки. Данные опыта подвергались корреляционному и регрессивному анализу на ЭВМ.

В опыте использовали гибрид кукурузы ВИР 156 и озимую пшеницу Безостая 1.

В этих опытах прослеживался аналогичный нарастающий эффект от совместного воздействия изучаемых факторов с проявлением максимума при наиболее благоприятном их сочетании. Однако наблюдалась и неравноценность связи факторов с урожаем.

Данные парной корреляции свидетельствовали о слабой положительной связи урожая с глубиной вспашки и более сильной — с удобрениями и влажностью почвы. Их исследования позволили установить, что минимальный урожай зеленой массы кукурузы возможен при превышении определенного притока факторов.

С. Д. Лысогоров определил наименьшие запасы почвенной влаги, необходимые для получения самого малого урожая на черноземах Херсонской области,

$$X_{\text{э min}} = \frac{B_0}{B_э} = \frac{140{,}647}{0{,}190} = 740 \text{ м}^3/\text{га},$$

где $B_э$ — влажность завядания.

В районах с неустойчивым увлажнением, на юге Украины и Северном Кавказе, большое влияние на формы связи урожая с водопотреблением оказывает меняющаяся по годам обеспеченность естественными осадками. С этим в первую очередь сталкиваются при возделывании зерновых культур с коротким циклом развития. Например, озимая пшеница на неорошаемых паровых полях в отдельные годы дает урожай до 50 ц/га (Бородин, 1960). В этом случае коэффициенты водопотребления озимой пшеницы составляют 330—350, что свидетельствует о рекордно экономном использовании воды на образование зерна.

Известно, что в проектах орошения закладываются коэффициенты водопотребления озимой пшеницы не менее 1000. Отсюда следует вывод, что применяемые решения не отвечают оптимальным условиям, при которых в природной обстановке пшеница способна проявлять высокую продуктивность. Итак, коэффициент водопотребления, равный 330—350, вполне обоснованно можно принимать за основной ориентир при разработке путей совершенствования режимов орошения.

Такая задача совсем недавно считалась неразрешимой для хозяйств, применяющих поверхностные способы полива с их низкой маневренностью. В настоящее время дождевальные машины позволяют приступить к разработке наиболее экономичных поливных режимов. Однако подобные исследования развиваются крайне медленно. Проблема совершенствования техники полива — одна из самых насущных проблем орошаемого земледелия. Ее разрешение можно ускорить при подключении к работе ведущих научно-исследовательских институтов АН СССР и ВАСХНИЛ.

Принципиальная схема связи урожая с суммарным водопотреблением и оросительной нормой учитывает также влияние сопутствующих условий — агротехнических, биологических и организационно-хозяйственных,

поддающ.ся направленному регулированию. Особый интерес представляют общие связи урожая с типами водного режима почвы, на основе которых возможно решение практических задач по программированию урожаев на предстоящий год и прогнозирование их роста на перспективу.

Научно обоснованное прогнозирование становится неотъемлемой частью всей программы работ по интенсификации сельского хозяйства. Оно необходимо также для централизованного планирования объема производства и урожая сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях.

Ранее действующий порядок планирования производства сельскохозяйственной продукции с ориентацией на ретроспективу, когда все вопросы решались самим хозяйством, перестал отвечать требованиям технического прогресса, осуществляемого в масштабах всей страны.

Еще большие трудности возникают при разработке перспективных планов на 10—15 лет и более. В основу перспективного планирования должны быть заложены научно обоснованные методы определения потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур при орошении с учетом почвенно-климатических особенностей и совершенствования технологии их возделывания, достижений селекции.

Разработкой таких методов занимаются многие научно-исследовательские учреждения в нашей стране и за рубежом.

Отдельные предложения ведущих ученых — К. П. Афендулова, Т. Н. Куликовской, А. А. Климова, М. К. Каюмова, Г. Е. Листопада, С. Д. Лысогорова, А. А. Ничипоровича, Ю. К. Росса, Г. П. Устенко, И. С. Шатилова, Д. И. Шашко и других отвечают насущным требованиям развивающегося сельскохозяйственного производства, исходят из фактического уровня экономики и вполне могут найти применение в практике орошаемого земледелия.

Для производственных условий наибольший интерес представляют предложения по программированию урожаев на основе учета естественного плодородия почвы, климатических показателей, поступления солнечной энергии, влагообеспеченности и других показателей.

И. С. Шатилов, М. К. Каюмов и другие разработали метод программирования урожая по притоку фотосин-

тетически активной радиации (ФАР) и использованию ее посевами:

$$У_{max} = \frac{K_ф Q}{C},$$

где $У_{max}$ — максимально возможный урожай абсолютно сухого вещества (биомассы), ц/га; $K_ф$ — коэффициент использования фотосинтетически активной радиации посевами, %; Q — приток фотосинтетически активной радиации, ккал/га; C — калорийность единицы урожая органического вещества.

Коэффициент использования фотосинтетически активной радиации посевами представляет собой отношение аккумулированной энергии к сумме ФАР, поступившей на поле.

К достоинствам этого метода следует отнести возможность получения исходных данных почти для любого пункта земледельческой зоны. Показатели прихода энергии ФАР по основным зонам страны определены существующей сетью гидрометслужбы. На метеорологических станциях установлены систематические наблюдения за притоком энергии ФАР или другими показателями солнечной инсоляции, по которым можно определить его. От количества и качества поступающей на поле энергии солнца зависят все основные процессы формирования урожая — фотосинтез и транспирация, поступление минеральной пищи и усвоение углекислого газа, рост и развитие растений. Взаимосвязь этих процессов обусловлена единым притоком энергии ФАР, который может служить в качестве основного показателя возможной в данных условиях продуктивности сельскохозяйственных культур.

По методу И. С. Шатилова и М. К. Каюмова рассчитаны урожаи основных сельскохозяйственных культур, эквивалентные различным уровням использования энергии ФАР по зонам (табл. 118).

Приток энергии ФАР в зоне А (юг Украинской ССР и Северный Кавказ) и в зоне Б (Поволжье) определен по декадам вегетации культур на основе разработок Х. Молдау, Ю. Росса, Х. Тооминга, И. Уиндла, а для зоны В (юг Казахстана и республики Средней Азии) — по материалам И. Т. Ефимова (1973). Годовой приток энергии ФАР по зонам изменяется от 45 до 65 ккал/см^2 (табл. 119).

Таблица 118

Урожай в зависимости от коэффициента использований энергии ФАР, ц/га

Культура	Зона и сорт	Приток ФАР за вегетационный период, млрд. ккал/га	Уровень использования ФАР			
			1%	3%	5%	7%
Хлопчатник	В I	3,8	15,0	45,0	75,0	105,0
	В II	4,3	17,0	51,0	85,0	119,0
Кукуруза	А I	3,5	26,3	78,7	131,0	184,0
	А II	4,0	35,0	105,0	175,0	245,0
	Б I	2,5	22,0	66,0	110,0	154,0
	Б II	3,2	28,0	84,0	140,0	196,0
	В I	4,2	36,5	109,6	182,5	255,5
	В II	4,5	39,0	117,0	195,0	273,0
Сахарная свекла	А	4,0	200,0	600,0	1000,0	1400,0
	Б	3,2	160,0	480,0	800,0	1120,0
	В	5,2	220,0	660,0	1100,0	1540,0
Люцерна на сено	А	4,1	43,0	129,0	215,0	301,0
	Б	3,5	36,0	108,0	180,0	252,0
	В	5,2	54,0	162,0	270,0	378,0
Пшеница озимая	А	2,75	21,5	64,0	107,0	148,5
	Б	2,50	19,5	58,5	97,5	136,5
	В	2,85	22,2	66,6	111,0	155,4
Пшеница яровая	А	2,4	18,6	55,8	93,0	130,2
	Б	2,3	15,3	45,7	76,2	106,8
	В	2,5	19,5	58,5	97,5	136,5
Рис	А	3,0	31,0	93,0	155,0	217,0
	Б	2,8	30,0	90,0	150,0	210,0
	В	3,7	34,0	102,0	170,0	238,0

Примечание. I и II — раннеспелые и позднеспелые сорта.

Наибольшая часть годового притока ФАР приходится на период вегетации люцерны и сахарной свеклы. При возделывании зерновых из-за ранней уборки значительная часть притока ФАР не используется посевами, что свидетельствует о необходимости применения повторных и пожнивных посевов.

Для определения возможного в конкретном хозяйстве урожая той или иной культуры необходимы сведения о плодородии почвы и потребности дополнительного внесения минеральных удобрений, водном режиме почвы в целом за вегетационный период и по отдельным фазам, о газообмене посева, площади листового аппарата и фотосинтетическом потенциале.

Таблица 119

Приток энергии ФАР за период вегетации сельскохозяйственных культур

Показатели	Зона***		
	А	Б	В
Приток ФАР за год, ккал/см²	55,1	52,0	65,0
Из годового притока приходится за период вегетации, %:			
озимой пшеницы	50,0	48,2	43,5
яровой пшеницы	43,5	44,2	38,5
кукурузы	63,5*—72,6**	48,0—61,5	64,6—69,2
риса	54,5	54,0	58,0
люцерны	84,5	78,7	80,0
сахарной свеклы	78,9	71,1	80,0
хлопчатника	—	—	58,5—66,2

* Для раннеспелых сортов.
** Для позднеспелых сортов.
*** Зоны: А — Северный Кавказ и южная часть Украинской ССР; Б — Поволжье и Дагестанская АССР; В — Казахстан и республики Средней Азии.

Кроме того, необходима точная характеристика организационно-хозяйственных и технических условий: отстроенность и совершенство оросительной сети, освоенность севооборотов и других показателей, характеризующих культуру земледелия, которые еще не поддаются точному учету в виде параметров математических формул. В расчетах и таблицах влияние этих факторов на уровень урожаев сельскохозяйственных культур отражается группировкой показателей по периодам освоения орошаемых земель.

Характеристику плодородия почвы и основные данные для расчета норм внесения минеральных и органических удобрений можно получить для каждого поля либо непосредственно в хозяйстве, либо в зональной агрохимической лаборатории. Основные методы расчета норм удобрений рассматриваем применительно к регулируемому водному режиму почвы.

На основе теории продуктивности растений, разрабатываемой в нашей стране и за рубежом (Ничипорович, 1963, 1966; Будаговский, 1973; Устенко, Ягнова, 1966; Шатилов, 1973; Каюмов, 1972; Watson, 1958; Синягин, 1970; Степаненко, 1973), в настоящее время ре-

комендовано несколько методов определения оптимальной структуры посевов и площади листьев.

Наиболее обширные данные накоплены о фотосинтетическом потенциале $\Phi_п$ (м²/сут), который характеризуется суммой ежедневных показателей площади листьев в посевах за весь вегетационный период или за более короткие отрезки.

По данным А. А. Ничипоровича, хорошими посевами считаются такие, у которых $\Phi_п \geqslant 2$ млн. м²/сут в расчете на каждые 100 дней фактической вегетации. В этом случае возможно получить урожай, использующий 5—7% и более энергии ФАР. Непременным условием является также поддержание полностью регулируемого водного режима почвы.

Под термином «листовой индекс» подразумевается суммарная площадь листьев. Оптимальный листовой индекс в условиях регулируемого водного режима почвы равен 4—5, для частично регулируемого он снижается до 2,5—3,0.

Излишняя плотность листьев в условиях регулируемого режима усиливает ростовые процессы в ущерб урожаю товарной продукции, а при недостатке воды и минерального питания приводит к резкому снижению общего урожая.

Наряду с фотосинтезом в растениях совершается и другой процесс, требующий энергетических затрат, источником которых также является солнечная инсоляция, но с более широким диапазоном длин волн, — это транспирация. Очень важно рассматривать процессы фотосинтеза и транспирации во взаимосвязи на основе энергетических затрат.

Принимая в качестве исходных данные об урожае для разных уровней коэффициента ФАР, можно рассчитать для них суммарную потребность в воде.

Уравнение связи имеет следующий вид:

$$E = 100 \frac{AnQV}{\Phi g},$$

где E — суммарное водопотребление, м³/га; $A = \frac{T}{E} + C$ — удельный вес транспирации в суммарном водопотреблении; T — транспирация; C — поправка на продуктивность сорта; n — коэффициент пересчета урожая на товарную продукцию, для зерновых он равен $^1/_2$ части веса сухого органического вещества; Q — содержание химически связанной энергии в 1 кг органического вещества, ккал/кг; V — урожай,

т/га; Φ — коэффициент использования энергии ФАР; g — скрытая теплота испарения, применительно к условиям транспирации равна 590 ккал/л.

В Ростовской области приток фотосинтетически активной радиации за период вегетации озимой пшеницы равен 2,75 млрд. ккал/га. Параметры вышерассмотренной формулы для этой культуры представлены в таблице 120.

Таблица 120

Основные параметры формулы для озимой пшеницы при ФАР=2,75

Показатели	Коэффициент использования энергии ФАР				
	1%	2%	3%	4%	5%
Масса абсолютно сухого вещества M, ц/га	61,0	122,0	183,0	244,0	305,0
Урожай товарной продукции при стандартных условиях $У$, ц/га	21,5	43,0	64,0	85,7	107,0
Отношение $\frac{T}{E}$	0,50	0,60	0,65	0,70	0,75
Коэффициент A	0,53	0,78	0,83	0,84	0,86
Коэффициент водопотребления K	1235	881	630	480	392
Суммарное водопотребление E, м³/га	2610	3790	4100	4120	4400

Масса органического вещества M определяется по формуле:

$$M = \frac{Q'\Phi}{10\,000Q},$$

где Q' — приток фотосинтетической радиации за период вегетации культуры; Φ — коэффициент использования энергии ФАР; Q — калорийность органического вещества данной культуры; 10 000 — показатель пересчета урожая в центнеры и проценты.

Урожай товарной продукции при стандартной влажности вычисляют по формуле:

$$У = Mnk,$$

где M — масса абсолютного сухого вещества, ц/га; n — коэффициент пересчета на товарную продукцию (0,3 для зерна); k — коэффициент пересчета на стандартную влажность.

Расчетные коэффициенты водопотребления озимой пшеницы близки к фактическим, полученным опытным путем при высокой агротехнике.

Урожаю пшеницы в 107 ц/га соответствует коэффициент водопотребления около 400 и суммарное водопотребление 4200 м³/га. При такой характеристике водного режима на Пржевальском государственном сортоиспытательном участке урожай зерна озимой пшеницы Мироновская юбилейная в 1972 г. составил 110 ц/га.

Наиболее важная роль в увеличении урожая возделываемой культуры до уровня 5—7% ФАР принадлежит агротехническим мероприятиям, направленным на эффективное использование питательных веществ и запасов почвенной влаги. Большое значение имеют меры по сокращению потерь на физическое испарение, о чем свидетельствует повышение коэффициента A, характеризующего непременное увеличение удельного веса транспирации в составе общего расхода влаги на водопотребление.

Этот метод расчета представляет несомненный интерес для проектных разработок в связи с возможностью получения основных данных в сети гидрометслужбы и в научно-исследовательских учреждениях. В настоящее время накоплен большой фактический материал по характеристике водного режима посевов. Он получен с помощью коэффициентов водопотребления, рассчитанных по суммарному водопотреблению и товарной продукции. В то же время особое внимание следует обратить на изучение всех параметров суммарного водопотребления, чтобы разработать научно обоснованные приемы снижения непроизводительных потерь воды на физическое испарение, не связанное с фотосинтезом.

Таким образом, вопрос о водном режиме посевов, способных обеспечить получение рекордно высоких урожаев, следует решать не столько мелиоративными приемами увеличения водоподачи на поле, сколько агротехническими — экономным использованием водных ресурсов.

Проблема совершенствования технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях становится наиболее острой в системе мер по ускорению технического прогресса. На ее основе можно объективно судить об уровне культуры земледелия, достигнутом в хозяйстве, районе или в целом по зоне.

Освоение культуры орошаемого земледелия, в свою очередь, означает возможность получения самых высоких урожаев сельскохозяйственных культур при наиболее рациональном использовании производственных фондов и материально-технических средств. Эта сложная проблема, как показал опыт освоения крупных массивов орошения в европейской части страны и в республиках Средней Азии, решается поэтапно, в 2—3 разнокачественных периода. Характеристика периодов очень сложна и распространяется на многие стороны организационно-технической деятельности. Коротко периоды можно охарактеризовать следующими показателями.

В первый период вводят и осваивают севообороты, осуществляют мероприятия по первичному окультуриванию земель, обучают кадры приемам орошения и новой технологии возделывания сельскохозяйственных культур на орошаемых землях, накапливают фактический материал, необходимый для оценки рекомендованных приемов агротехники и комплекса машин. Продолжительность периода 5—6 лет, в зависимости от сложности почвенных условий, темпов строительства и оснащения хозяйств необходимым оборудованием и энергетикой, отлаженной работы оросительной системы и коллекторно-сбросной сети в полном соответствии с проектными показателями. Освоение засоленных земель обычно требует дополнительных затрат и более длительного срока освоения.

Во второй период хозяйства завершают освоение севооборотов, совершенствуют технологию возделывания культур, отрабатывают комплекс сортовой агротехники, поливные режимы и мероприятия по регулированию фотосинтетического потенциала, воздушного и питательного режимов почвы. Возможен пересмотр рекомендованной и заложенной в проект технологии возделывания сельскохозяйственных культур с расчетом на более высокий уровень продуктивности. Продолжительность периода 5—6 лет, но она может быть значительно сокращена, что в первую очередь зависит от общего уровня производственной деятельности хозяйства, роста культуры земледелия. Основной показатель для работ этого периода — высокие и устойчивые урожаи (выше проектных).

Третий период характеризуется полной отстроенностью хозяйств, переходом на точно регулируемое земледелие, обеспечивающее проявление потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур с высокой экономической эффективностью. Урожай сельскохозяйственных культур в этот период может быть эквивалентен 5—7-процентному коэффициенту использования энергии ФАР. О выполнимости такой задачи свидетельствуют данные передовиков производства и опыт работы лучших хозяйств. Урожаи риса, кукурузы, озимой пшеницы и сахарной свеклы, эквивалентные 5—7-процентному коэффициенту использования энергии ФАР, получают передовые хозяйства в разных зонах страны. Поэтому можно считать, что в настоящее время районированные сорта этих культур способны давать урожай значительно выше средних показателей, если будет обеспечен должный уровень агротехники и будут осуществлены системы мер по согласованному регулированию водного, питательного и воздушного режимов почвы.

Несколько сложнее обстоит дело с яровой пшеницей. В настоящее время районированные сорта пшеницы характеризуются низким биологическим потолком урожайности из-за неблагоприятного соотношения вегетативных и генеративных частей растения. Эти сорта не способны усваивать высокие нормы азота, быстро полегают и поражаются грибными болезнями. Для условий орошаемого земледелия, видимо, наиболее подходящей будет короткостебельная пшеница. Именно такие сорта дают урожай, эквивалентный 5-процентному коэффициенту использования энергии ФАР.

Серьезная отработка комплекса агротехнических и селекционных мероприятий требуется также для кормовых культур, особенно люцерны. Потенциальная продуктивность этой культуры во многих случаях не проявляется из-за нарушения технологии возделывания и уборки. В то же время она характеризуется самыми благоприятными биологическими возможностями. Ее вегетационный период практически соответствует всему периоду возможной вегетации. В сухостепной зоне страны другой культуры с таким широким диапазоном приспособленности к температурным условиям нет.

VIII
ГЛАВА

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРОШЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПОВ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ

В соответствии с инструкцией Минводхоза СССР экономическая эффективность орошения сельскохозяйственных культур так же, как и эффективность тех или иных видов мелиораций, исчислялась нами по эффекту сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях.

Экономическая эффективность мелиораций в Голодной степи и других крупных регионах страны определена путем исчисления коэффициента рентабельности капиталовложений или срока их окупаемости с учетом доли налога с оборота, относимой на мелиорацию земель.

Применительно к отдельным сельскохозяйственным предприятиям срок окупаемости и другие показатели, характеризующие эффективность орошения, определялись только по результатам хозяйственной деятельности совхозов. Во всех случаях определялись валовая продукция сельского хозяйства в натуральном и стоимостном выражении, себестоимость ее производства, урожайность сельскохозяйственных культур и другие показатели.

При составлении этого раздела были учтены отдельные теоретические разработки и практические указания, содержащиеся в работах Е. Е. Алексеевского (1972), Б. А. Кудрина (1967), К. К. Шубладзе (1970), Б. Г. Штепы (1969), А. Н. Аскоченского (1967), И. С. Шатилова (1973) и др.

Эффективность орошения сельскохозяйственных культур определяется в первую очередь ростом их урожайности и увеличением валового сбора продукции. В целом по стране и по отдельным зонам валовой сбор и урожайность сельскохозяйственных культур на орошаемых землях, как правило, характеризуются данными учета ЦСУ

Таблица 121

Валовой сбор сельскохозяйственной продукции с орошаемых земель (1973 г.)

Продукция	Единица измерения	СССР (в целом)	В том числе		
			юг Украины и Северный Кавказ без Дагестанской АССР	Поволжье и Дагестанская АССР	Средняя Азия и юг Казахской ССР
Зерно всех культур	тыс. т	7 038	2620	491	2903
	% к 1965 г.	270	400	190	280
В том числе кукуруза	тыс. т	1 199	529	32	552
	% к 1965 г.	282	319	93	347
Рис	тыс. т	1 765	778	161	757
	% к 1965 г.	303	280	655	346
Хлопок-сырец	тыс. т	7 662	—	—	7252
	% к 1965 г.	135	—	—	137
Сахарная свекла (фабричная)	тыс. т	5 081	509	51	4194
	% к 1965 г.	115	127	960	111
Овощи	тыс. т	8 975	3520	909	1676
	% к 1965 г.	188	176	181	191
Корма	тыс. т корм. ед.	11 723	3460	505	5848
	% к 1965 г.	281	442	285	230
Валовая сельскохозяйственная продукция	млрд. руб.	7,25	1,00	0,25	4,90
	руб. на 1 га пашни	721	585	300	836

СССР без характеристики особенностей орошения (табл. 121).

В целом по трем зонам производится от всего объема в СССР: зерна 85,5%, кукурузы 93,5, риса 96,3, хлопка-сырца 94,7, сахарной свеклы 94, овощей 69,3 и кормов 83,8%. В первых двух зонах больший объем в валовом сборе продукции приходится на корма, овощи и зерно, в третьей зоне — на хлопок и корма.

Производство многих видов продукции на орошаемых землях увеличилось в 2—3 раза за счет расширения посевных площадей и роста урожайности сельскохозяйственных культур (табл. 122).

За рассматриваемый период достигнут значительный прирост урожайности всех культур, однако только по отдельным из них, например по хлопчатнику, уровень

Таблица 122

Урожайность сельскохозяйственных культур на орошаемых землях СССР и по зонам страны, ц/га

Культура	СССР		В том числе					
			юг Украины и Северный Кавказ		Поволжье и Дагестанская АССР		Средняя Азия и юг Казахской ССР	
	1973 г.	прирост к 1965 г.	1973 г.	прирост к 1965 г.	1973 г.	прирост к 1965 г.	1973 г.	прирост к 1965 г.
Зерновые (всего)	27,1	13,3	39,2	9,5	20,7	7,5	25,0	15,0
Пшеница озимая	26,6	13,7	38,7	12,7	17,0	4,3	26,8	16,5
» яровая	15,3	7,3	24,1	10,4	15,1	5,6	13,9	6,7
Кукуруза	38,9	16,5	46,6	15,0	14,2	1,6	40,6	19,7
Рис	38,2	11,3	42,5	4,7	30,6	8,2	37,7	17,2
Хлопчатник	28,0	4,8	—	—	—	—	28,7	4,7
Сахарная свекла (фабричная)	324,0	25,0	300,0	68,3	266,3	72,3	332,1	19,8
Многолетние травы (на сено)	53,7	14,1	51,3	12,4	41,3	4,8	60,6	20,6

урожая может характеризовать возможности орошения, возможности полностью регулируемого водного режима почвы и применяемого комплекса организационно-технических мер.

Большие резервы роста урожайности имеются во всех зонах, что выясняется при анализе работы передовых хозяйств и данных научно-исследовательских учреждений.

Разработанная автором книги классификация типов водного режима почвы позволяет сделать более глубокий и объективный анализ эффективности орошения по зонам.

Формирование и регулирование водного режима почвы при орошении, как отмечалось, непосредственно связано со строительством оросительных систем, а также созданием и оснащением эксплуатационных учреждений и сельскохозяйственных предприятий землеройной и другой техникой по уходу за системами, поливными устройствами, дождевальными агрегатами или простейшим инвентарем для проведения поливов.

На строительство оросительных систем, обеспечивающих создание регулируемого, то есть I типа, водного

режима почвы и со слоем воды, то есть III типа, затрачивается значительно больше капиталовложений, чем на строительство систем влагозарядкового орошения. Однако экономическая эффективность, возможный ассортимент производимых сельскохозяйственных продуктов и другие показатели оправдывают увеличение затрат, свидетельствуют о целесообразности строительства технически совершенных оросительных систем.

Специальный подход требуется при анализе систем различного уровня технического оснащения, используемых для формирования разновидностей регулируемого типа водного режима почвы, а также систем особого назначения, создаваемых для орошения полей на экспериментальных базах, обеспечивающих проведение фундаментальных исследований с точным учетом всех факторов формирования урожая при программировании его уровня.

Основные сведения об удельной стоимости оросительных систем с характеристикой их назначения и применения представлены в таблице 123.

Оросительные системы вида (I, *а*) в последние годы построены на экспериментальной базе Всесоюзного научно-исследовательского института техники полива и небольшом массиве в хозяйстве «Копанка» Молдавской ССР. Полив на таких системах полностью автоматизирован, эксплуатационные затраты доведены до минимума. Однако очень серьезным препятствием для широкого внедрения таких систем являются большие удельные расходы на строительство напорных трубопроводов. В хозяйстве «Копанка» они составляют 240—300 м/га. Даже на перспективу такой расход труб, видимо, будет слишком дорогим для сельского хозяйства. Полив на таких системах обычно проводят дальнеструйными аппаратами с высокой интенсивностью дождя, которая вызывает эрозию почв. Капиталовложения в хозяйстве «Копанка» составили 5,1 тыс. руб/га.

В настоящее время широкое применение в практике строительства новых закрытых оросительных систем получили системы вида (I, *б*), рассчитанные на применение многоопорных дождевальных машин «Фрегат» и «Волжанка». На этих системах затраты напорных труб сокращены до 20 м/га.

С агромелиоративной точки зрения эти машины являются пока наилучшими. Они характеризуются очень

Таблица 123

Виды оросительных систем, их основные технические и эксплуатационные данные

Тип водного режима почвы	Оросительная система	Капиталовложения на 1 га, тыс. руб.	Затраты на эксплуатацию и поливы за год, руб.	Способы полива и машины	Зоны применения и культуры
Регулируемый	I. Закрытого типа, распределительная сеть в трубопроводах				
	а. Оросительная сеть из трубопроводов, полив с помощью дальнеструйных аппаратов. Водоподача автоматизирована	4,5—6,5	40—60	Стационарные дальнеструйные дождеватели	А. Экспериментальные участки. Для зерновых, кормовых, овощных и многолетних культур
»	*б.* Оросительная сеть из закрытых трубопроводов. Полив с помощью передвижных машин	2,5—3	60—70	Дождевание машинами «Фрегат», «Волжанка»	Широко в зонах А и Б, испытания в зоне В; зерновые, кормовые и технические культуры
Регулируемый	II. Открытого типа, лотки				
	а. Поливы поверхностными способами, распределение с помощью шлангов, трубок, сифонов	2—2,5	100—120	По бороздам и полосам, трубки, сифоны, шланги, ПШН-160	Широко в зоне В. Для всех культур

Продолжение

Тип водного режима почвы	Оросительная система	Капиталовложения на 1 га, тыс. руб.	Затраты на эксплуатацию и поливы за год, руб.	Способы полива и машины	Зоны применения и культуры
	б. Поливы дождевальными машинами	1,8—2,5	80—90	Дождевание машинами ДДА-100М, ДН-70 и др.	Широко в зонах А и Б; для полевых культур и кормовых угодий
Со слоем воды на поле	III. В земляном русле с облицовкой и без нее				
	а. Поливы по чекам	2,5—3	70—80	По чекам	Во всех зонах рис и сопутствующие культуры
Регулируемый	*б.* Поливы другими способами, включая дождевание	1,5—1,3	120—130	По бороздам, полосам, комбинированное с дождеванием	Во всех зонах преимущественно старые системы. Для всех культур
Частично регулируемый	IV. В земляном русле Поливы поверхностными способами	0,8—1	70—80	Поверхностными способами преимущественно по чекам и полосам	Во всех зонах; озимые зерновые и кормовые культуры
То же	V. Лиманного увлажнения	0,3—0,5	20—50	По ярусам или сплошное затопление	Кормовые угодья

малой интенсивностью дождя — 0,2—0,3 мм/мин, полностью соответствующей скорости поглощения воды почвой даже при длительном поливе, обеспечивают увлажнение почвы на глубину до 80—100 см. В течение вегетации регулируется запрограммированный водный режим почвы, отвечающий требованиям растений. В настоящее время на базе машины «Фрегат» создают машины фронтального передвижения при поливе. На оросительных системах вида I, *б* удельные капиталовложения составляют: в зоне Северо-Крымского канала — 2,2—2,6 тыс. руб., в зоне Каховской оросительной системы — 2,5—3,0, в Поволжье от 2 тыс. до 4 тыс. руб.

Открытые оросительные системы в лотках II, *а* с поливом поверхностными способами широко распространены в зоне хлопководства. Впервые такие системы были построены в начале 60-х годов в Голодной степи. Капиталовложения здесь составляют 3,2 тыс. руб/га.

В крайне засушливых климатических условиях Средней Азии поверхностные поливы, видимо, и в перспективе останутся основными способами орошения. Технический прогресс здесь развивается по пути механизации поверхностных поливов: распределение воды с помощью сифонов, поливных трубок, гибких шлангов и др.

В связи с опасностью вторичного засоления широкое применение в этой зоне получил закрытый дренаж — горизонтальный и вертикальный. При наличии дренажа на таких землях хорошие результаты дают запасные поливы большими нормами, промывные поливы, а также промывной тип орошения.

Оросительные системы вида II, *б* с поливом дождевальными машинами в европейской части страны появились в восьмой пятилетке. В предшествующий период поливы дождеванием применялись в зоне оросительных систем вида III, *б* с каналами в земляном русле. В настоящее время поливы дождеванием предусматривают при строительстве многих видов систем. Общая площадь земель, политых дождеванием в стране, составляет 34% (табл. 124).

Оросительные системы вида III, *а* с поливами по чекам повсеместно применяют для возделывания риса. При строительстве таких систем большой объем земляных работ (до 3—5 тыс. м³/га) выполняют на планировке полей под горизонтальную плоскость. Каждый рисовый чек оборудуют водозапорным и водосбросным сооруже-

Таблица 124

Рост площадей, орошаемых дождеванием

Год	Всего по СССР			В том числе в европейской части		
	всего полито, тыс. га	в том числе дождеванием		всего полито, тыс. га	в том числе дождеванием	
		тыс. га	%		тыс. га	%
1964	8 075	358	4,4	1454	316	22
1965	8 205	545	6,6	1629	474	29
1970	9 843	1677	17,0	2434	1465	60
1971	10 340	2021	19,6	2709	1754	64,7
1972	10 845	2439	22,5	3009	2168	72
1973	11 472	2939	25,6	3443	2617	76
1974	12 120	3409	28,1	3861	3019	78,2
1975	12 993	4421	34,0	4503	3920	87

ниями. Капиталовложения в строительство инженерных рисовых систем составляют: в Краснодарском крае — 1,8—2,8 тыс. руб/га, в Астраханской области — 3,1—3,6 тыс., в Кзыл-Ординской области — 2,6 тыс. руб/га.

Оросительные системы влагозарядкового орошения (ВЗО) рассчитывали и строили упрощенно без необходимых сооружений. На таких системах применялся полив затоплением.

Наиболее простые решения для водораспределения и водозадержания на полях принимаются при строительстве систем лиманного орошения. Как при влагозарядковом, так и при лиманном орошении обеспечивается лишь частичное регулирование водного режима почвы.

РЕГУЛИРУЕМЫЙ ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

Эффективность орошения в хозяйствах зерново-животноводческого направления, расположенных в европейской части страны

В обеих климатических зонах европейской части страны, то есть на юге Украины, Северном Кавказе и в Поволжье, на основе орошения земель намечено создать крупные базы производства товарного зерна. Специализация хозяйств здесь зерново-животноводческая. Ороси-

тельные системы строят в основном закрытого вида I, *б*. Полив проводят с помощью передвижных дождевальных машин «Фрегат» и «Волжанка».

Ранее построенные системы открытого вида II, *а* и II, *б*. Поливы на таких системах проводят поверхностными способами и дождеванием с использованием машин и установок различных конструкций: ДДА-100М, ДН-70.

Анализ эффективности орошения в масштабе целой оросительной системы, что особенно важно в мелиорации, часто приводится на примере орошаемых земель Северо-Крымского канала. В колхозах и совхозах этой системы заблаговременно, еще до прихода оросительной воды, изучали особенности орошения на опыте хозяйств Херсонской области. В эти хозяйства направляли на продолжительную (на весь период сельскохозяйственных работ) стажировку. И к моменту прихода оросительной воды в хозяйствах уже были квалифицированные рабочие и звеньевые.

Регулируемый водный режим и сравнительно высокий питательный режим почвы выдерживаются на государственных сортоиспытательных участках и в опытно-показательных совхозах, специально организованных для разработки и внедрения основных приемов возделывания зерновых культур на орошаемых землях.

По опыту работы этих совхозов можно судить об эффективности всего комплекса мероприятий, связанного с применением орошения в хозяйствах зерново-животноводческого направления. В качестве главных показателей эффективности орошения приняты: урожайность сельскохозяйственных культур и продуктивность скота, объем производимой продукции, себестоимость производства единицы продукции, прирост объема производимой продукции и др. Обеспеченность потребности населения в этих ценных продуктах является одним из главных показателей роста благосостояния населения, характеризует выполнение одной из главных экономических задач девятой пятилетки.

Рассмотрим отдельные показатели экономической эффективности орошения на примере совхоза «Комсомольский» Херсонской области. Совхоз зерново-животноводческого направления, общая площадь земельных угодий 8,4 тыс. га, пашни 6,3 тыс. га, в том числе орошаемой 2,8 тыс. га, или 44,1%. Основная зерновая культура в совхозе — озимая пшеница, возделывают также кукурузу и рис. В совхозе освоены севообороты, применяют передовые приемы агротехники, под посевы на орошаемых землях вносят органические и минеральные удобрения, в среднем на орошаемую пашню 11,5 ц/га минеральных удобрений, в том числе под рис 15,1 ц/га. Орошение и высокая культура земледелия в совхозе повысили показатели сельскохозяйственного производства (табл. 125).

Таблица 125

Производство продуктов растениеводства и животноводства в совхозе «Комсомольский»

Показатели	Среднегодовое по периодам		Средний прирост	
	1966—1970 гг.	1971—1974 гг.	объем	%
Валовой сбор зерна, тыс. т:				
пшеницы	7,8	8,5	0,7	9,0
кукурузы	0,6	1,0	0,4	3,0
риса	1,6	4,1	2,5	152,0
Государственные закупки:				
зерна, тыс. т	6,1	8,4	2,3	37,7
мяса, т	333,0	450,0	117,0	35,1
молока, тыс. т	2,0	2,6	0,6	30,0
яиц, тыс. шт.	217,0	385,0	168,0	77,4
Производство продуктов животноводства на 100 га, ц:				
мяса	51,0	74,5	23,5	46,1
молока	313,0	435,0	122,0	39,0

При выделении доли животноводческой продукции, приходящейся на орошаемые земли по удельному весу кормов, получаемых с этих земель, оказалось, что валовая продукция сельского хозяйства, относящаяся к орошаемым землям, равна 2,1 млн. руб., или 86% общей суммы. Отсюда следует, что продуктивность одного гектара орошаемых земель эквивалентна двум гектарам богары. Богарные земли в совхозе используются эффективно, средняя за 9 лет урожайность зерновых составила 26 ц/га.

В совхозе «Комсомольский» высокая товарность зерна — в восьмой пятилетке равнялась 60%, за четыре года девятой пятилетки достигла 62%. Значительный

Таблица 126

Экономическая эффективность производства сельскохозяйственных продуктов при орошении в совхозе «Комсомольский»

Показатели	Среднегодовые по периодам		Средний прирост, %
	1966—1970	1971—1974	
Урожай зерна, ц/га:			
озимой пшеницы	50	51,7	3,4
кукурузы	40,3	50,9	26,3
риса	48,3	53,5	10,8
Себестоимость производства 1 ц зерна, руб:			На богаре
озимой пшеницы	3,08	3,83	3,69
кукурузы	4,34	5	6,17
риса	9,22	11,51	—
Произведено продукции на один человеко-день, ц:			
озимой пшеницы	11,1	12,5	—
кукурузы	4,3	3,4	—
риса	3,3	3,7	—
Чистый доход (прибыль), тыс. руб:	548	826	—
в растениеводстве	567	845	—
» животноводстве	10	47	—

удельный вес в балансе зерна приходится на рис, который высевают на 300 га. В совхозе имеются большие резервы дальнейшего повышения эффективности орошаемых земель (табл. 126).

Капиталовложения во внутрихозяйственную оросительную сеть и другие объекты мелиоративного назначения в совхозе составляют 0,9 млн. руб. и окупились за счет прибыли (прирост дополнительной продукции) на шестой год орошения.

В настоящее время в совхозе проводят реконструкцию оросительной сети, в результате которой появятся дополнительные возможности для совершенствования технологии и повышения экономических показателей сельскохозяйственного производства.

Эффективность работы хлопководческих хозяйств (на опыте совхозов Голодной степи)

В Голодной степи с помощью орошения формируется в основном регулируемый водный режим почвы, автономного и промывного подтипов. Наибольшее распространение получили оросительные системы второго вида (II, *а*), каналы старшего порядка с расходом от 1,5 до 15 м³/с облицованы железобетонными плитами по полиэтиленовой пленке. Внутрихозяйственная оросительная сеть открытая из сборных железобетонных лотков. На отдельных полях с уклонами более 0,003 построена закрытая самонапорная оросительная сеть из асбестоцементных труб.

Полив проводят в основном по бороздам, с распределением воды в борозды гибкими поливными трубопроводами. На участках с недостаточным напором воды применяют поливные машины ПШН-160. Производительность труда на поливе при указанной технике повысилась до 2—2,5 га в смену. Анализ эффективности орошения на системах второго вида (II, *а*) проведем на примере Голодной степи.

Таблица 127

Окупаемость капиталовложений в орошение и освоение земель на массиве Голодной степи

Показатели	По проекту на год организационно-технического устройства*	Фактически в 1974 г.
Число хлопководческих совхозов	50	40
Площадь орошаемых земель в обороте, тыс. га	275	226
Посевная площадь, тыс. га:		
всего	250	200
в том числе хлопчатника	184	155,7
Урожайность хлопчатника, ц/га	25	22
Валовой сбор хлопка, тыс. т	460	342,1
Валовая продукция сельского хозяйства, млн. руб.	298	177,5
Чистый доход совхозов, млн. руб.	102,5	48,6
Налог с оборота, отнесенный к эффекту сельскохозяйственного производства, млн. руб.	188,6	140,4
Капиталовложения в объекты производственного назначения, млн. руб.	1319	1102,3
Эксплуатационные затраты, млн. руб.	14	12,5
Коэффициент экономической эффективности по совокупному чистому доходу	0,21	0,16
Срок окупаемости, лет	5	6,5

* В связи с рядом изменений и переутверждений проекта показатели приведены расчетные на основе последнего проекта Юго-Западного массива.

На 1 января 1975 г., как отмечалось, в этой зоне организовано 40 хлопководческих и 4 плодово-овощеводческих совхоза, которыми осваивается 266,1 тыс. га вновь выделенных орошаемых земель. Земли новой зоны осваивают в 3 раза быстрее, чем массив площадью 210 тыс. га в старой зоне.

Работу совхозов Голодной степи можно характеризовать рядом основных экономических показателей, рассматривая достигнутый уровень в сравнении с проектным (табл. 127).

На расчетный год совхозы имели различный уровень отстроенности, наиболее высокий — 75—85% к проектному — был в девяти хозяйствах, переданных в постоянное подчинение органам сельского хозяйства, меньший —

Таблица 128

Характеристика производственно-финансовой деятельности отдельных совхозов Голодной степи

Показатели	Совхоз			
	им. Титова	«Самаркандский»	им. Кичанова	«Правда»
Посевная площадь, тыс. га: всего	7 821	6 193	6 009	7 212
в том числе хлопчатника	6 600	5 100	4 635	5 430
Урожайность хлопка, ц/га	30,4	29,4	31,6	28,5
Валовой сбор, тыс. т	20,1	15,1	14,7	15,48
Основные производственные фонды, млн. руб.	31,7	14,4	13,5	22,1
В том числе мелиорация земель	2,6	1	1	3,4
Стоимость валовой продукции, млн. руб.	9,1	6,7	7,3	8,2
Прибыль, млн. руб.	2,3	3	1,6	1,5
Работающих, человек	2 782	1 374	1 088	1 357
Энерговооруженность, кВт: всего	32 568	21 094	18 204	24 618
на одного работающего	11,7	15,4	17,6	20,3
Отработано человеко-дней, тыс.	4 125	2 764	314	330
Произведено на один человеко-час, руб.	2—22	2—42	2—55	2—17
В том числе:				
в растениеводстве	—	—	2—55	2—21
» животноводстве	—	—	—	0—94
Себестоимость хлопка, ц/руб	34—30	32—04	41—63	34—10

35—40% — в шести совхозах, организованных в последние два года, а в остальных — 40—70%.

Всего за период комплексного строительства с 1961 по 1973 г. совхозы продали государству 1588 тыс. т хлопка-сырца. Его стоимость с учетом налога с оборота той части, которая относится к сельскохозяйственному производству, составила 2,9 млрд. руб., что значительно превышает производственные издержки совхозов, связанные с возделыванием хлопка, и капиталовложения на весь комплекс. Средние показатели эффективности по массиву значительно возрастут после отстроенности совхозов и повышения культуры земледелия до уровня передовых хозяйств этой зоны (табл. 128).

ЧАСТИЧНО РЕГУЛИРУЕМЫЙ ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

Эффективность капиталовложений и эксплуатационных затрат в оросительные системы влагозарядкового и лиманного орошения

В Казахстане, Поволжье и на Северном Кавказе в районах отгонного животноводства получили применение оросительные системы IV и V типов под влагозарядковое и лиманное орошение. С помощью таких систем создается частично регулируемый водный режим почвы.

Капиталовложения в строительство систем влагозарядкового орошения колеблятся от 300 до 1100 руб/га, в зависимости от водозабора, техники полива и объема планировочных работ.

Кисловская оросительная система имела общую площадь орошения 40,2 тыс. га, из них 20,3 тыс. га влагозарядкового, 15,1 тыс. га вегетационного и 4,7 тыс. га лиманного орошения. Капиталовложения в расчете на 1 га орошаемой площади составили: вегетационное орошение — 1900 руб., влагозарядковое — 610 и лиманное — 390 руб. По данным Заволжской опытно-мелиоративной станции (Черных и Баранчикова, 1967), влагозарядковые поливы по крупным чекам нормой 3—4 тыс. м³/га обеспечивали прибавку урожая на 1 га: зерна яровой пшеницы на 5—8 ц, озимой пшеницы на 8—12 ц, зеленой массы кукурузы на 50—80 ц. Однако урожайность этих культур была низкой и составила: яровой пшеницы 10—12 ц/га, озимой 15—22, зеленой массы кукурузы 120—200 ц/га и сильно колебалась по годам.

Поливы большими нормами на дренированных землях приводили к потерям воды на глубинную фильтрацию и вымыванию из активного слоя почвы подвижных питательных веществ. На полях с тяжелыми подстилающими грунтами стали образовываться болота.

На Северном Кавказе и юге Украины влагозарядковые поливы дают высокий эффект при возделывании озимой пшеницы. Однако в этой зоне специальных систем, построенных под влагозарядковое орошение, аналогичных Кисловской, не строили. Как правило, все экономические расчеты при определении эффективности влагозарядок под озимую пшеницу сводились к определению прибавки урожая зерна на 1 га в натуральном и денежном выражении. По данным ЮжНИИГиМ, осенний влагозарядковый полив обеспечивает прибавку урожая зерна озимой пшеницы 10—15 ц/га. Дополнительные затраты хозяйств на проведение полива и на другие работы, связанные с влагозарядкой, составляют 20—30 руб/га. Чистый доход от влагозарядкового полива под озимую пшеницу составлял 35—68 руб/га. Такого высокого эффекта не дают вегетационные поливы озимой пшеницы, эффективность которых полностью зависит от качества и времени проведения влагозарядкового полива.

Эффективность систем лиманного орошения обычно определяют не только по дополнительному урожаю корма и его стоимости, но и по соответствующему увеличению продукции животноводства и ее стоимости в части, приходящейся на дополнительный корм.

При определении экономической эффективности лиманного орошения большое значение имеет правильный выбор расчетного процента обеспеченности стока. Б. Б. Шумаковым разработан аналитический метод выбора характеристик для определения оптимального процента обеспеченности систем лиманного орошения в конкретных условиях.

В Советском Союзе площадь лиманного орошения может быть доведена до 4,3 млн. га, в том числе в Казахстане до 2,6 млн. и в РСФСР до 1,5 млн. га при расчете на сток 50-процентной обеспеченности, или почти в 3 раза бóльшая площадь при расчете на 25-процентную обеспеченность, то есть, когда обвалованная площадь лиманов будет затапливаться полностью один раз в четыре года.

В Казахской ССР стоимость капиталовложений в строительство систем лиманного орошения составляет 0,6—1,6 тыс. руб.

В настоящее время на лиманах выращивают ценные корма. Срок окупаемости капиталовложений в строительство глубоководных и ярусных лиманов составляет 5—6 лет.

Эффективность капиталовложений в строительство рисовых оросительных систем, обеспечивающих формирование водного режима почвы со слоем воды на поле

Во многих зонах страны построены и введены в действие оросительные системы вида III, *а* — инженерные рисовые системы. Опыт эксплуатации этих систем свидетельствует о их высокой экономической эффективности. Урожай риса на таких системах в первые годы достигает 40—45 ц/га, а в последующие 46—50 ц/га и более. При действующих закупочных ценах на рис капиталовложения в мелиорацию земель и совхозное строительство быстро окупаются за счет чистого дохода сельскохозяйственных предприятий.

По данным Укргипроводхоза, капиталовложения в рисовые оросительные системы в зоне Краснознаменского и Северо-Крымского магистральных каналов окупались чистым доходом сельскохозяйственных предприятий за 6 лет, а с учетом относимой к сельскому хозяйству части налога с оборота за $4^1/_2$ года. Примерно такой же срок окупаемости капиталовложений в строительство рисовых инженерных систем в Краснодарском крае и Ростовской области.

Несколько удлиняется срок окупаемости капиталовложений при машинном водозаборе или машинной откачке сбросных вод. В низовьях Волги рисовые оросительные системы с машинным водозабором характеризуются такими экономическими показателями: капиталовложения 3,5—4,0 тыс. руб/га при урожайности риса 45 ц/га окупаются за $7^1/_2$ лет.

В низовьях Сырдарьи и Амударьи из-за крайне примитивного способа возделывания ранее себестоимость риса была в 1,5—2 раза выше, чем на инженерных системах в европейской части страны. До 1966 г. даже закупочные цены на рис в республиках Средней Азии

были в 2 раза выше, чем в Краснодарском крае. В настоящее время производство риса в низовьях Сырдарьи и Амударьи стало рентабельным и обеспечивает окупаемость капиталовложений в комплексное строительство водохозяйственных и сельскохозяйственных объектов.

Показатели экономической эффективности производства риса в совхозе им. Ильича Теренозекского района Кзыл-Ординской области системы Минводхоза СССР приведены в таблицах 129, 130.

Земли совхоза расположены в зоне Левобережного массива орошения Кзыл-Ординской области. Общая площадь землепользования совхоза 19 тыс. га, в том числе пашни 6 тыс. га, которая находится в зоне инженерной рисовой системы. Рис возделывают на 50% пашни в 8-польном севообороте, а на остальной площади — кормовые культуры (люцерна). В хозяйстве имеется ферма на 1900 голов крупного рогатого скота, в том числе 507 коров. Совхоз организован в 1966 г. Первый урожай риса — 31,5 ц/га с площади 1300 га собран в 1967 г.

За восемь лет совхоз получил 82,9 тыс. т риса, из которых 63 тыс. т, или 82,2%, продал государству. Возделывание риса и его уборка ведутся на основе комплексной механизации при высокой производительности труда (табл. 129).

Таблица 129

Показатели освоения земель, производства и закупок риса в совхозе им. Ильича Главриссовхозстроя

Показатели	1967—1970 гг.	1971—1974 гг.	В том числе	
			1973 г.	1974 г.
Освоено новых земель под пашню (нарастающим итогом), га	4070	6008	6008	6008
Посевы риса в среднем за год, га	1820	2910	3000	3000
Урожайность риса в среднем за год, ц/га	39,1	44	50,8	51,7
Валовой сбор риса в среднем за год, тыс. т	7,1	13,6	15,3	15,5
Продано по госзакупке в среднем за год, тыс. т	5,8	11,2	12,6	13,1
Товарность, %	82	82,5	82,5	84,5

Таблица 130

Экономическая эффективность орошения в совхозе им. Ильича Главриссовхозстроя

Показатели	В среднем		
	за 1967—1970 гг.	за 1971—1974 гг.	в том числе 1974 г.
Стоимость валовой продукции сельского хозяйства:			
всего, тыс. руб.	2350	4280	5020
на 1 га севооборотной площади, руб.	635	725	836
Себестоимость всей производимой продукции:			
всего, тыс. руб.	1859	3257	3640
на 1 га севооборотной площади, руб.	486	552	606
Чистый доход:			
всего, тыс. руб.	492	1023	1380
на 1 га севооборотной площади, руб.	245	210	256
Уровень рентабельности сельскохозяйственного производства, %	55	38	42
Величина мелиоративных фондов на 1 га севооборотной площади, руб.	665	710	812
Срок окупаемости мелиоративных фондов чистым доходом хозяйства, лет	2,7	3,4	3,2

До орошения эти земли представляли собой малопродуктивные пастбища с урожаем сена 1,5—2,0 ц/га. При подсчете показателей эта доля была исключена. Рисосеяние на Левобережном массиве высокорентабельно, капиталовложения в орошение окупаются еще в ходе строительства оросительных систем. Вместе с тем уровень ведения сельскохозяйственного производства в этом совхозе еще не совершенен.

После майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС в системе Минводхоза создано 24 рисоводческих совхоза. Строительство хозяйств и мелиоративных объектов ведут Главсредазриссовхозстрой и Главриссовхозстрой. Они же руководят непосредственно всей работой по освоению орошаемых земель и сельскохозяйственным производством. За сравнительно короткий срок в этих зонах созда-

ны крупные массивы рисосеяния, на которых уже производят шестую часть всего валового сбора риса в стране.

Передовые совхозы Главриссовхозстроя ориентируются на достижение показателей производства лучших рисосеющих хозяйств страны (табл. 131).

Таблица 131

Основные показатели работы рисоводческих совхозов

Показатели	«Красноармейский» Краснодарского края	«Пятиозерный» Крымской области	Совхозы Главриссовхозстроя при Минводхозе СССР	
			им. Ильича Кзыл-Ординской области	«Восход» Чимкентской области
Площадь сельскохозяйственных угодий, тыс. га	10,6	6,5	21,5	19,3
Пашня орошаемая, тыс. га	9,9	5,3	6	8,4
Посевы риса, тыс. га	5,1	2	3	4,9
То же, ко всей пашне, %	51,5	30,6	50	58,3
» » » всем посевам, %	61	51	52,1	59
Удельный вес риса в товарной продукции, %	73	51	79	78,1
Валовая продукция на одного работающего, тыс. руб.	6,1	6	7,1	4,6
Себестоимость 1 ц риса, руб.	13,1	14,2	17,1	21,5

По основным показателям развития рисосеяния, включая объем валовой продукции на одного работающего, совхоз им. Ильича достиг уровня одного из ведущих рисосеющих хозяйств Крымской области — совхоза «Пятиозерный», организованного в более ранний период. Совхоз «Восход» — один из крупнейших в системе Минводхоза СССР, по многим показателям достиг проектного уровня. Коллективу специалистов и рабочих предстоит большая работа по совершенствованию культуры земледелия, более продуктивному использованию каждого гектара севооборотной площади.

Применяя рассмотренные способы регулирования водного режима почвы на инженерных рисовых системах в сочетании с комплексом высокой агротехники, рисоводы наращивают производство риса до размеров, полностью обеспечивающих потребность населения в

этом ценном продукте за счет собственного производства.

Капиталовложения в строительство инженерных рисовых систем окупаются за счет дополнительной продукции в течение 3—7 лет, в зависимости от зоны рисосеяния, способов водозабора и условий эксплуатации построенных систем.

Таким образом, капиталовложения в строительство технически совершенных оросительных систем, обеспечивающих формирование регулируемого водного режима почвы, быстро окупаются за счет увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и прироста ценной дополнительной продукции. В Голодной степи на основе регулируемого водного режима почвы урожаи хлопка-сырца на 6—7-й год освоения достигают 20—22 ц/га, валовая сельскохозяйственная продукция — более 1000 руб/га севооборотной площади. Благодаря комплексной механизации уборки и всех процессов возделывания хлопчатника производительность труда хлопкоробов Голодной степи в 2—3 раза выше, чем в старых зонах хлопководства.

В хозяйствах зерново-животноводческого направления на основе регулируемого водного режима почвы обеспечивается устойчивое производство зерна и кормов за счет увеличения урожайности по сравнению с посевами на богарных землях: яровой пшеницы в 2—3 раза, озимой пшеницы в 1,7—2,5 и кукурузы в 2,5—4,1 раза. Совершенствование технологии возделывания и режима орошения позволит значительно улучшить эти показатели, чего уже добились многие передовые хозяйства.

ВЫВОДЫ

1. Водный режим почвы при орошении, так же как и без него, сохраняет зависимость от климатических условий и водно-физических свойств почвогрунтов в части формирования общих запасов влаги, ее недоступной, доступной и легкодоступной форм, определяющих продуктивность возделываемых сельскохозяйственных культур. Однако в отличие от богары он поддается управлению с помощью способов полива, сроков их проведения, величины поливных норм, глубины увлажнения, степени дренированности поля.

Формирование водного режима почвы при орошении непосредственно зависит от технической оснащенности и водообеспеченности оросительных систем, уровня агротехники, квалификации поливальщиков и других организационно-технических условий.

2. Под влиянием указанных факторов на орошаемых землях формируется и поддерживается водный режим почвы, отличный от богары.

Типы водного режима почвы при орошении, как правило, различают: по объему доступной влаги в слое активного водопотребления; по глубине формирования ее запасов; по периодичности пополнения запасов, от которых в конечном счете зависят условия удовлетворения потребностей растений во влаге в период вегетации или в отдельные фазы.

По этим признакам выделено три типа водного режима почвы:

полностью регулируемый;

частично регулируемый;

со слоем воды на поле в период вегетации.

3. Разработанная классификация позволяет в первую очередь систематизировать накопленные данные о водном режиме почвы при орошении, вместе с тем в период

стремительного нарастания разнообразия поливной и дождевальной техники, способов полива и видов орошения облегчается решение вопросов дальнейшего совершенствования работ по сельскохозяйственному освоению земель и определению направлений развития орошаемого земледелия на перспективу.

4. В наших опытах на экспериментальных базах институтов и в производственных условиях на полях колхозов и совхозов на основе регулируемого водного режима почвы при соблюдении основных требований агротехники были получены урожаи зерна кукурузы ВИР 156 по 112 ц/га, озимой пшеницы — 81, яровой пшеницы — 43,5, сахарной свеклы — 980 ц/га.

Эти показатели характеризуют еще не в полной мере потенциальные возможности регулируемого типа водного режима почвы.

Дальнейшее совершенствование приемов агротехники, увеличение доз минеральных удобрений, более тщательный уход за посевами, внедренне высокоурожайных сортов позволят получить еще более высокий урожай, так как потенциальные возможности орошаемого земледелия повышаются с развитием научно-технического прогресса.

5. Технически совершенные оросительные системы закрытого типа, оснащенные дождевальными машинами «Фрегат» и «Волжанка», позволяют создавать оптимальный водный режим почвы (полностью регулируемый), при котором, как показали исследования, получают высокие урожаи зерна, кормов, корней сахарной свеклы и другой ценной сельскохозяйственной продукции в определенных нами зонах А и Б европейской части страны.

В хлопкосеющих республиках Средней Азии (зона В) эта задача решается с помощью поверхностных поливов увеличенными нормами.

6. На системах влагозарядкового и лиманного орошения создается лишь частично регулируемый водный режим почвы, при котором улучшаются условия обеспечения растений влагой преимущественно в начале вегетационного периода и за счет этого увеличивается урожайность возделываемых культур.

Наибольшее распространение эти системы получили в Поволжье и Южном Казахстане для орошаемых кормовых угодий.

В среднем исчислении продуктивность частично регулируемого водного режима почвы возрастает по сравнению с богарой в 1,5—2 раза и более.

7. На инженерных рисовых системах создается особый тип водного режима почвы, полностью насыщенной влагой со слоем воды на поле. При таком типе формирование урожая в основном зависит от обеспечения потребности растений в питании, от предварительного внесения в почву окисленных соединений и органического вещества.

При водном режиме третьего типа со слоем воды на поле в передовых колхозах и совхозах урожайность риса достигает 75—80 ц/га, а в лучших бригадах и звеньях превышает 100 ц/га.

Высокие урожаи были получены на многих государственных сортоиспытательных участках, а также на экспериментальных полях научно-исследовательских институтов.

8. Направленное изменение водного режима почвы с помощью орошения позволяет в той или иной степени управлять основными физиологическими процессами: оводненностью растительных тканей, осмотическим давлением клеточного сока и сосущей силой клетки, влиять на водопоглощающую способность листьев, вязкость и проницаемость протоплазмы, на ростовые и другие процессы, характеризующие жизнедеятельность самих растений, — и открывает новые возможности для активного регулирования питательного, воздушного, теплового и солевого режимов почвы — основных факторов формирования урожая, благодаря чему обеспечивается переход к регулируемому земледелию.

Главными рычагами такого земледелия являются научно обоснованные приемы ведения хозяйства, объективная информация и учеты фактического состояния посевов на поле, возможность практического управления основными факторами формирования урожая сельскохозяйственных культур.

9. Непосредственная связь водных режимов почвы и растений выражается не только в характере физиологических отправлений, она затрагивает органообразовательные процессы развития организмов. Под влиянием часто меняющейся увлажненности гумусового горизонта почвы, с его большой насыщенностью питательными веществами, злаки приобрели способность образовывать вто-

ричную корневую систему. Первичные же корни, с их тенденцией углубления по мере иссушения верхнего слоя почвы, не могли в полной мере использовать из пахотного слоя питательные вещества при выпадении летних осадков. Эту функцию как бы взяли на себя вторичные корни.

10. Зерновые колосовые, хлопчатник, кукуруза и другие культуры имеют достаточно пластичную корневую систему, на формирование которой определенное влияние оказывает орошение.

При частых поливах малыми нормами, как правило, образуется более поверхностная корневая система, а при редких поливах большой нормой — глубокая. С этим должна быть согласована вся система мероприятий по возделыванию посевов, в первую очередь нормы и сроки внесения минеральных удобрений.

11. В полевых условиях посевы сельскохозяйственных культур выступают как очень сложная биосистема, способная формировать свой фитоклимат и за счет этого регулировать расход воды полем на физическое испарение и транспирацию. По существу эти процессы отражают главные стороны двух типов влагооборота в системе почва — атмосфера: продуктивного, то есть транспирации, и непродуктивного.

Источники поступления влаги в почву в обоих случаях могут быть одинаковые — осадки и поливы. Расход же влаги из почвы при продуктивном влагообороте осуществляется за счет транспирации растений, при непродуктивном — за счет физического испарения с поверхности почвы.

Только при продуктивном влагообороте удовлетворяются потребности растений во влаге, связанные с формированием урожая. Физическое испарение с поверхности почвы приводит к потерям воды, не связанным с жизнедеятельностью растений. На поле оба процесса протекают одновременно со сложными взаимными влияниями.

В условиях орошения, когда обеспечивается частично регулируемый тип водного режима почвы, а также на богарных землях отношение физического испарения к транспирации меньше единицы, при регулируемых колеблется около единицы, а на рисовых полях со слоем воды в период вегетации отношение испарения к транспирации значительно больше единицы.

12. Отношение транспирации к физическому испарению еще более сужается при возделывании хлопчатника, сахарной свеклы и других культур, высеваемых широкорядно. У этих культур на физическое испарение с поверхности почвы расходуется влаги больше, чем на транспирацию. Особенно велики потери в тех хозяйствах, которые несвоевременно проводят рыхление почвы после поливов.

Высокие урожаи этих культур при орошении можно получать только при хорошем уходе за посевами. Именно поэтому хлопкоробы считают, что две хорошие культивации хлопчатника заменяют один полив. Имеется в виду, что хозяйство, не обеспечившее двух своевременных культиваций, понесет такие же потери урожая хлопка, как и от исключения одного необходимого полива.

13. На основе лабораторно-полевых опытов с испарителями разных моделей были определены величины суммарного водопотребления и элементы, его составляющие, — испарение с поверхности почвы и транспирация яровой пшеницы, кукурузы, сахарной свеклы и других культур.

В условиях Ростовской области водопотребление яровой пшеницы без орошения составляло 1255—2535 м³/га, в варианте с частично регулируемым водным режимом возрастало до 2550—2570 м³/га и с регулируемым режимом — до 3100—3628 м³/га.

Максимальное суммарное водопотребление 3628 м³/га при урожайности 43,5 ц/га соответствовало минимальному коэффициенту водопотребления — 830. И наоборот, суммарному водопотреблению 2535 м³/га в контроле при урожайности 12,5 ц/га соответствовал максимальный коэффициент водопотребления 2010.

14. В условиях регулируемого водного режима почвы суммарное водопотребление среднеспелых сортов кукурузы было равно 4500—5000 м³/га, позднеспелых 4700—5200, сахарной свеклы 5500—6500 м³/га. Коэффициенты водопотребления среднеспелой кукурузы при урожае 9—12 т/га равнялись 45—50, а сахарной свеклы при урожае корней 70—90 т/га — 10—12.

Суммарное водопотребление этих культур в контроле при естественном увлажнении почвы было в 2—2,5 раза меньше, а коэффициенты водопотребления значительно выше, чем при регулируемом водном режиме почвы.

Следовательно, при регулируемом водном режиме почвы суммарное водопотребление пшеницы, кукурузы и сахарной свеклы возрастает, но растения используют влагу на формирование урожая более экономно, чем в контроле при естественном увлажнении.

15. В условиях регулируемого водного режима почвы среднесуточное водопотребление яровой пшеницы при урожайности 43,5 ц/га составляло в фазу посев — кущение 16,3 м³/га, кущение — колошение 47, колошение — налив 70,5, налив — полная спелость 29 м³/га, в среднем за весь период вегетации 36,8 м³/га.

Потери влаги за счет испарения с поверхности почвы, занятой яровой пшеницей, в период вегетации составляют 38—50% суммарного водопотребления. При орошении потери влаги на физическое испарение возрастали как в абсолютном исчислении (м³/га), так и в относительном (% суммарного водопотребления). Максимальные потери в 68—84% суммарного водопотребления наблюдались в период посев — кущение.

Расход влаги на транспирацию составлял у яровой пшеницы 53—62% суммарного водопотребления. Максимальная среднесуточная транспирация влаги в 52—55 м³/га проявлялась в фазу колошение — налив. В этот же период потери влаги на физическое испарение сокращались до 20—21% суммарного водопотребления, или до 13—15 м³/га.

Аналогичные данные о суммарном водопотреблении и элементах, его составляющих, были получены другими исследователями с яровой пшеницей в Заволжье.

Таким образом, в составе суммарного водопотребления яровой пшеницы на долю физического испарения влаги приходится от 38 до 50%.

16. Получение рекордно высоких урожаев на основе регулируемого водного режима почвы в большой мере зависит от мероприятий по борьбе с потерями влаги на физическое испарение, среди которых практическое применение получили культивации в междурядьях широкорядных посевов и ранневесенние боронования культур сплошного сева.

17. В сухостепной зоне без орошения проявляется тесная связь урожая зерна с водопотреблением возделываемых культур.

По величине суммарного водопотребления и количеству выпавших за вегетационный период осадков можно

рассчитать ожидаемый урожай зерна, пользуясь предложенным автором уравнением связи. Поправочные коэффициенты к этому уравнению определены для озимой пшеницы применительно к условиям Ростовской области.

Связь урожая с водопотреблением зерновых культур прослеживается также при частично регулируемом водном режиме почвы. Она переходит в более сложные формы при регулируемом водном режиме почвы, при котором проявляется наибольшее влияние на урожай питательного и воздушного режимов, сортовой агротехники и других факторов.

18. Программирование урожая возделываемых культур неразрывно связано с использованием современных достижений науки, вычислительной техники, установлением технического контроля и четкой информации о динамике водного и питательного режимов почвы, ходе развития растений и формировании урожая, о сложившихся в любой момент времени условиях на орошаемом поле.

Такая работа должна опираться на сугубо объективные данные с помощью совершенных приборов и лабораторных определений. Сельскохозяйственным предприятиям орошаемой зоны, с их очень высокой фондовооруженностью, совершенно необходимы технологические лаборатории.

Типичный для зоны Голодной степи хлопководческий совхоз им. Титова имеет основных фондов более 30 млн. руб., ежегодно производит до 25 тыс. т хлопка-сырца и значительное количество другой сельскохозяйственной продукции.

Все затраты на содержание технологической лаборатории в совхозе покрываются прибавкой урожая хлопка в 1 ц/га на площади одной бригады, а их в этом совхозе около 100.

19. В связи с развитием мелиоративных работ с каждым годом увеличивается в нашей стране площадь орошаемых земель, которая достигла в начале 1975 г. 13,5 млн. га.

В настоящее время при далеко не совершенной в ряде мест системе земледелия на орошаемых землях выращивают продукции растениеводства на сумму около 8 млрд. руб., или по 810 руб/га, что в 4,4 раза больше, чем с неорошаемой пашни (183 руб/га).

Однако достигнутый уровень производства на орошаемых землях не является достаточно высоким, его можно значительно увеличить за счет более продуктивного использования орошаемых земель. Проблема эффективного использования орошаемых земель становится самой актуальной для засушливых районов страны. В системе мер по повышению продуктивности орошаемого гектара ведущее место занимают вопросы водного режима почвы — его создание, регулирование и использование в согласовании с мероприятиями по регулированию питательного, воздушного и солевого режимов.

Широкое использование опыта передовиков и совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур на основе закономерностей формирования водного режима почвы уже в настоящее время дает возможность повысить в 1,5—2 раза урожайность по сравнению с фактической и тем самым значительно ускорить окупаемость капитальных вложений в мелиорацию земель.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

Абраменко В. Г., Багров М. Н. Возделывание риса. Сталинград, 1957.

Авдонин Н. С. Повышение плодородия кислых почв. М., 1969.

Аверьянов С. Ф. Предупреждение засоления орошаемых земель и меры борьбы с ними. — «Вестник сельскохозяйственной науки», 1965, № 3.

Аверьянов С. Ф., Айдаров И. П. Капитальные промывки и горизонтальный дренаж. — «Хлопководство», 1972, № 12.

Александрии Н. И. Изучение режима орошения озимой пшеницы в условиях Ростовской области. — «Сборник научно-исследовательских работ Азово-Черноморского сельскохозяйственного института», 1957.

Алексеевский Е. Е. Мелиорация и научно-технический прогресс. — «Гидротехника и мелиорация», 1972, № 1.

Алексеев В. И., Гершунов Э. В. Передовые приемы орошения. Алма-Ата, 1963.

Алексеев А. М., Гусев Н. А. Влияние минерального питания на водный режим растений. М., 1957.

Алексеев А. М. Значение структуры цитоплазмы для водного режима растительных клеток. — «Водный режим растений и их продуктивность». М., 1968.

Алешин Е. П., Сметанин А. П. Минеральное питание риса. Краснодар, 1965.

Алешин Е. П., Сметанин А. П., Елагин И. Н. Передовые приемы возделывания риса. М., 1972.

Алпатьев А. М. Влагооборот культурных растений. Л., 1954.

Алпатьев С. М. Методика расчета расхода влаги с орошаемых полей и определение сроков и норм полива. — «Информационный бюллетень», 1965.

Алпатьев С. М. Поливной режим пшеницы на юге Украины. — «Водное хозяйство». Киев, 1966, вып. 5.

Алпатьев А. М. Влагообороты в природе и их преобразование. Л., 1969.

Амонов Х. А. Определение суммарного расхода воды на хлопковом поле при близком залегании грунтовых вод. — «Гидротехника и мелиорация», 1967, № 7.

Андреев Н. Г., Тюльдюков В. Научные основы и эффективность орошаемых культурных пастбищ. — «Вестник сельскохозяйственной науки», 1971, № 10.

Антипов-Каратаев Н. Н., Филиппова А. Н. Влияние длительного орошения на почву. Почвенный институт им. В. В. Докучаева АН СССР. М., 1955.

Аскоченский А. Н. Орошение и обводнение в СССР. М., 1967.

Астапов С. В. Мелиоративное почвоведение. М., 1958.

Астапов С. В., Шишков К. Н. Водный режим почвы при орошении яровой пшеницы. — «Орошение сельскохозяйственных культур в Центрально-Черноземной полосе РСФСР». М., 1952.

Афендулов К. П. К вопросу прогнозирования и программирования урожаев сельскохозяйственных культур. М., 1975.

Бабушкин Л. Н. Водный режим растений. — «Орошаемое земледелие Молдавии». Кишинев, 1971.

Багров М. Н. Орошение полей. Волгоград, 1965.

Балябо Н. К. Повышение плодородия почв орошаемой хлопковой зоны. М., 1954.

Бербеков Н. Л., Гусалов Х. П., Льгов Г. К. Повышение производительности труда на поливе. М., 1965.

Берко И. Д. Влияние минеральных удобрений на урожай риса. — «Труды Донского зонального НИИСХ», т. 1, серия «Растениеводство». М., 1965.

Бобков В. П. О путях содообразования в почве при рисосеянии и влиянии соды на глубинное осолонцевание почвогрунтов. — «Материалы XXIX научно-технической конференции». Новочеркасск, 1969.

Божко И. А. Возделывание короткостебельных сортов пшеницы при орошении в Поволжье. — «Вестник сельскохозяйственной науки», 1972, № 6.

Бородин Н. Н. Озимая пшеница на Дону. Ростов, 1960.

Боярчук К. П. Опыт возделывания сахарной свеклы при орошении на пойменных землях в Ростовской области. — «Сборник трудов ЮжНИИГиМ». Новочеркасск, 1959, вып. VI.

Брежнев Д. Д. Использование гетерозиса — ведущее направление в селекции. — «Доклады ВАСХНИЛ», 1972, № 12.

Будаговский А. И. Водно-тепловой режим и водопотребление посевов сельскохозяйственных культур». — «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур». М., 1973.

Будыко М. И. Испарение в естественных условиях. Л., 1948.

Будько Е. Н. Возделывание риса при постоянном затоплении и засолении почв. — «Сборник трудов ЮжНИИГиМ». Новочеркасск, 1956.

Бялый А. М. Водный режим почв в полях травопольного севооборота. — «Научный отчет института зернового хозяйства Юго-Востока СССР за 1943—1945 гг.». Саратов, 1947.

Вавилов Н. И. Избранные сочинения. М., 1958, т. I.

Васильева Н. Г. Влияние высокой температуры и влажности почвы на изменение физиологических показателей водного режима.— «Биологические основы орошаемого земледелия». М., 1957.

Вахмистров Д. Б., Листова М. П. Физиология растений. М., 1968.

Величко Е. Б. Сельскохозяйственные мелиорации в Краснодарском крае. Краснодар, 1969.

Верига С. А., Разумова Л. А. Почвенная влага. Л., 1973.

Вильямс В. Р. Почвоведение (общее земледелие с основами почвоведения). М., 1936.

Витте П. А. Материалы к вопросу рисосеяния на Северном Кавказе. — «Труды СКОМС». Новочеркасск, 1930, вып. 31.

Волобуев В. Р. Генетические формы засоления почв Кура-Аракинской низменности. Баку, 1965.

Высоцкий Г. Н. Избранные сочинения. М., 1962.

Гаврилюк Ф. Я. Методологические основы бонитировки почвы. — «Научные основы рационального использования почв Северного Кавказа и пути повышения их плодородия». Нальчик, 1971.
Галацлы В. Ф. Орошение озимой пшеницы в междуречье Сунжа—Асса Грозненской области — «Сборник трудов ЮжНИИГиМ», Новочеркасск, 1956, вып. 4.
Галеев Г. С., Киссель Н. И., Тлова Л. А., Сирица А. И. Селекция высоколизиновой кукурузы (Кубанская опытная станция ВИР). — «Вестник сельскохозяйственной науки, 1971, № 12.
Гальченко И. Н. Содержание воды и осмотическое давление в листьях орошаемой яровой пшеницы. — «Труды ВИЗХ. Вопросы ирригации». Саратов, 1936.
Гарин К. С. Режим орошения кукурузы. М., 1965.
Гарюгин Г. А. Опыт земледелия озимой пшеницы на орошаемых землях Ставропольского края. — «Орошение и урожай». Нальчик, 1966.
Гедройц К. К. Избранные сочинения. М., 1955.
Генкель П. А. Физиология предпосевного закаливания растений против засухи в связи с проблемой повышения продуктивности культурных растений. — «Водный режим растений в связи с обменом веществ и продуктивностью». М., 1963.
Граммматикати О. Г. Физиологическое обоснование поливного режима яровой пшеницы в условиях Центрально-Черноземной полосы. — «Орошение сельскохозяйственных культур в Центрально-Черноземной полосе РСФСР». М., 1952.
Граммматикати О. Г. Роль корней, проникающих в глубокие слои почвы, в водном питании растений. — «Водный режим растений в засушливых районах СССР». М., 1961.
Граммматикати О. Г. Рациональная глубина увлажнения почвы при орошении полевых культур в степной зоне. — «Биологические основы орошаемого земледелия». М., 1966.
Гриневa Г. М. Метаболизм фосфорорганических соединений и водообмен у растений в различных условиях анаэробиоза. — «Водный режим растений и их продуктивность». М., 1968.
Гунар И. И., Кристина Е. Е., Петров-Спиридонов А. Е. Ритмичность поглощения и выделительной деятельности корней. — «Известия ТСХА», 1959, № 1.
Гусев Н. А. О некоторых параметрах и методах исследований водного режима растений. — «Водный режим растений и их продуктивность». М., 1968.
Гусев Н. А. Современные методы исследования состояния воды и молекулярных механизмов водообмена растительной клетки. — «Сельскохозяйственная биология», 1971, т. VI, вып. 6.
Гущин Г. Г. Рис. М., 1938.
Джалилов А. Суммарное испарение хлопкового поля в зависимости от уровня грунтовых вод. — «Вестник сельскохозяйственной науки», 1971, № 7.
Джулай А. П. Организация производства и агротехника риса. Краснодар, 1968.
Долгов С. И. Исследования подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений. М.—Л., 1948.
Долгов С. И. Основные закономерности повышения почвенной влаги и их значение в жизни растений. — «Биологические основы орошаемого земледелия». М., 1957.

Дояренко А. Г. Факторы жизни растений. М., 1966.
Евтушенко Н. Н. Программирование урожаев в степной зоне Кабардино-Балкарской АССР. — «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур». М., 1973.
Егоров В. В. Актуальные вопросы предупреждения и борьбы с засолением орошаемых земель. — «Вестник сельскохозяйственной науки», 1972.
Ежов Ю. И. Почвенные процессы и некоторые способы улучшения их в условиях рисосеяния. — «Биологические основы орошаемого земледелия». М., 1966.
Ерыгин П. С. Физиологические основы орошения риса. М., 1950.
Ефимов И. Т. Орошаемая кукуруза. М., 1973.
Жовтоног И. С. Водно-солевой режим почв солонцового комплекса при орошении риса. — «Биологические основы орошаемого земледелия». М., 1966.
Зайцев В. Б. Особенности рисовых оросительных систем и пути их совершенствования в целях повышения продуктивности мелиорируемых земель. — «Материалы к Всесоюзному совещанию по мелиорации почв». М., 1969.
Зайцев В. Б. Рисовая оросительная система. М., 1975.
Запорожченко А. Л. Формирование и продуктивность работы листьев кукурузы при орошении. — «Вестник сельскохозяйственной науки», 1972, № 4.
Згуровская Л. Н., Цельникер Ю. Л. Физиология растений. М., 1955.
Качинский Н. А. О влажности почвы и методах ее изучения. Л., 1930.
Калинин Я. Д. Рассоление земель Арысь-Туркестанского массива. — «Мелиорация засоленных земель». М., 1971.
Качинский Н. А. Физика почвы. М., 1965.
Кац Д. М. Лизиметрические исследования в засушливых районах для целей мелиорации. — «Материалы межведомственного совещания по проблемам изучения испарения с поверхности суши». Валдай, 1961.
Каюмов М. К. Влияние уровня минерального питания на выход зерна озимой пшеницы. — «Доклады ВАСХНИЛ», 1972, № 9.
Келлер Р. Вода и водный баланс суши. Перевод с немецкого под редакцией М. И. Львовича, 1965.
Кириченко К. С. Рис в СССР. М., 1962.
Коваленко В. И. Рисоводство в Казахстане. — «Вестник сельскохозяйственной науки». Алма-Ата, 1967, № 11.
Коваль В. Д., Шульга Н. К. Экономическая эффективность влагозарядковых поливов зерновых культур. — «Гидротехника и мелиорация», 1965, № 1.
Ковда В. А. Происхождение и режим засоленных почв. М., 1947, т. 2.
Козин В. А. Режим орошения озимой пшеницы в Ростовской области. — «Гидротехника и мелиорация», 1970, № 12.
Козин М. А. Режим орошения и урожайность сельскохозяйственных культур в Донских займищах. — «Сборник трудов ЮжНИИГиМ», 1956, вып. 4.
Козин М. А. Поливной режим яровой пшеницы в Ростовской области. — «Сборник трудов ЮжНИИГиМ», 1956, вып. 4.
Козин М. А. Подкормка сельскохозяйственных культур с поливной водой. — «Земледелие», 1958, № 6.

Козин М. А., Лобов Н. Ф. Опыты ЮжНИИГиМ по орошению кукурузы. — «Сборник трудов ЮжНИИГиМ», 1959, вып. 6.
Козин М. А. Мероприятия по орошаемому земледелию. — «Система агротехнических мероприятий по повышению урожайности сельскохозяйственных культур в Ростовской области». Ростов-на-Дону, 1959.
Козин М. А. Богатство донской поймы на службу семилетке (к вопросам охраны плодородия пойменных земель). — «Сельское хозяйство Северного Кавказа», 1962, № 1.
Козин М. А. Действие гербицида 2,4-Д на орошаемых землях. — «Вестник сельскохозяйственной науки», 1962а, № 9.
Козин М. А., Ярмизин Д. В. Борьба с сорняками на орошаемых землях. — «Сборник трудов ЮжНИИГиМ». Новочеркасск, 1963, вып. 9.
Козин М. А., Мирошниченко П. С. Итоги научно-исследовательских работ ЮжНИИГиМ. Новочеркасск, 1963а, вып. 8.
Козин М. А. Режим орошения кукурузы на Северном Кавказе. — «Сборник трудов ЮжНИИГиМ». Новочеркасск, 1963б, вып. 9.
Козин М. А. Рекомендации по возделыванию кукурузы при орошении (раздел «Северный Кавказ»). Всесоюзный институт кукурузы, 1964.
Козин М. А. Режим орошения и особенности агротехники сельскохозяйственных культур. — «Основы орошаемого земледелия и техника полива». М., 1965.
Козин М. А. Лучше использовать орошаемые земли. — В сб.: Высокопродуктивно использовать поливные земли. Киев, 1965а
Козин М. А. Мелиоративные работы в Англии. — Обзорная информация ЦБНТИ, 1966а.
Козин М. А. Зерновые на орошаемых землях. — «Зерновые и масличные культуры», 1966б, № 4.
Козин М. А., Михайлин А. С. Поливной режим и особенности агротехники кукурузы при пожнивном посеве в Ростовской области. — «Сборник трудов ЮжНИИГиМ». Новочеркасск, 1967, вып. 11.
Козин М. А. Основные направления развития ирригационных работ в зерновых районах страны и задачи по их выполнению.—«Проблемы орошения зерновых культур». М., 1967а.
Козин М. А. Основные направления эффективного освоения орошаемых земель в Поволжье. — Материалы к объединенной сессии АН СССР и ВАСХНИЛ: «Подъем производительных сил сельского хозяйства и развитие орошаемого земледелия в Поволжье», 1970.
Козин М. А. Эффективность применения минеральных удобрений на орошаемых землях. — «Вопросы дальнейшего развития химизации сельского хозяйства». М., 1971.
Козин М. А. Мелиорация земель — одно из основных направлений научно-технического прогресса в сельском хозяйстве. — «Гидротехника и мелиорация», 1972, № 7.
Козин М. А. Эффективность минеральных удобрений при орошении в зоне полупустынь. — «Гидротехника и мелиорация», 1973, № 3.

Козин М. А. Возделывание риса на засоленных землях в качестве промывной культуры. — «Гидротехника и мелиорация», 1973а, № 9.
Козин М. А. Развитие рисосеяния в девятом пятилетии и особенности рисоводства в связи с маловодьем. — «Гидротехника и мелиорация», 1974, № 12.
Колосов И. И. Корневое питание растений. — «Физиология растений», 1956, т. 3, вып. 2.
Колосков П. И. Агроклиматическое районирование Казахстана, М. 1947.
Колпаков В. В. Орошение и химизации как средства подъема урожайности сельскохозяйственных культур в районах европейской части СССР. — «Доклады ТСХА», 1955, вып. 103.
Кондрашев С. К. Орошаемое земледелие. 1948.
Константинов П. Н. К вопросу о влагозарядке и вегетационных поливах. — «Гидротехника и мелиорация», 1953, № 2.
Константинов А. Р. Испарение в природе. Л., 1968.
Костин И. С. Орошение в Поволжье. М., 1971.
Костычев П. А. Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства. М., 1949.
Костяков А. Н. Основы мелиорации. М., 1951.
Красовская И. В. Корневая система сельскохозяйственных растений при орошении. — «Проблемы ботаники». М., 1955.
Красносельская Т. А. Физиологический анализ захвата при помощи искусственного суховея. — «Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции», 1933, серия III, 3(5).
Крафтс А., Карриер Х., Стокинг К. Вода и ее значение в жизни растений. М., 1951.
Криволапов И. Е. Особенности возделывания риса в Приморском крае. — «Рис». М., 1965.
Кружилин А. С. Развитие корневой системы яровой пшеницы при орошении. — «Труды ВИЗХ», 1936, т. VII.
Кружилин А. С. Физиология орошаемых полевых культур. М., 1944.
Кружилин А. С. Биологические особенности орошаемых полевых культур. М., 1954.
Кружилин И. П., Корчагина Р. А., Виноградов В. А. Рисосеяние как способ мелиорации засоленных почв и солонцов в Сарпинской низменности. — «Мелиорация земель Поволжья». Волгоград, 1969.
Кудрин С. А. Агрохимическая характеристика почв Узбекистана. — «Почвы Узбекской ССР». Ташкент, 1949, т. 1.
Кудрин Б. А. Экономика мелиорации земель — «Экономика сельского хозяйства», 1967, № 3.
Кулаковская Т. Н., Детковская Л. П. К методике разработки балансовых систем удобрения в севооборотах на дерново-подзолистых почвах. — «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур». М., 1975.
Курсанов А. Л. Физиология растений. М., 1955, т. 2, 3.
Лактионов Б. И. Рисосеяние на засоленных почвах. — «Земледелие», 1964, № 5.
Лаптев В. Н. О мелиоративном состоянии рисовых полей в дельте р. Волги. — «Сборник трудов Астраханской сельскохозяйственной опытной станции», 1967, вып. 2.

Ларионов А. Г. Рекомендации по рациональному использованию земель лиманного орошения. Саратов, 1964.
Лебедев А. Ф. Почвенные и грунтовые воды. М.—Л., 1936.
Лебедев Г. В. Состояние воды в растительной клетке и регулярный механизм ее водного обмена. — «Водный режим растений и их продуктивность». М., 1968.
Легостаев В. М. Нормы осушения орошаемых земель республик Средней Азии. — «Борьба с засолением орошаемых земель». М., 1967.
Листопад Г. Е., Устенко Г. П., Сапунков А. П. Система сетевого планирования применительно к возделыванию сельскохозяйственных культур. — «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур». М., 1975.
Лобов М. Ф. К вопросу о способах определения потребности растений в воде при поливах. М., 1949.
Лобов Н. Ф. Возделывание картофеля на орошаемых землях Ростовской области. — «Сборник трудов ЮжНИИГиМ». Новочеркасск, 1956.
Лукьяненко П. П. Состояние и перспективы работ по селекции низкостебельных сортов озимой пшеницы для условий орошения. — «Селекция короткостебельных пшениц». М., 2.
Лысогоров С. Д. Опыт программирования урожая на поливных землях Украины. — «Вестник сельскохозяйственной науки», 1971, № 8.
Лысогоров С. Д. Орошаемое земледелие. М., 1971а.
Лысогоров С. Д., Сухоруков В. Ф. Урожай как функции орошения и приемов агротехники. — «Гидротехника и мелиорация», 1972, № 4.
Лысенко Т. Д. Агробиология. М., 1952.
Льгов Г. К. Орошаемое земледелие в предгорьях Северного Кавказа. Орджоникидзе, 1963.
Льгов Г. К. Эффективность влагозарядковых и вегетационных поливов. — «Орошение и урожай». Нальчик, 1966.
Мажаров П. П. Зарядковое орошение. М., 1952.
Максимов Н. А. Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений. — «Водный режим и засухоустойчивость растений», 1952, т. 1.
Мезенцев В. С. Формы аналитической зависимости суммарного испарения от влажности почвы и теплоэнергетических ресурсов.— «Труды Омского сельскохозяйственного института им. С. М. Кирова», 1960, т. 12, 41.
Мещанинова Н. Б. Агрометеорологические обоснования орошения зерновых культур. Л., 1971.
Миллер М. С. Влияние калия на урожай и оводненность тканей ячменя при действии почвенной засухи. — «Ученые записки Ленинградского Государственного пединститута им. А. И. Герцена», 1955, т. 109.
Миронов Ю. Ф. Поливной режим сахарной свеклы. — «Вопросы орошения и обводнения». Ставрополь, 1969.
Мирцхулава Ц. Е. Прогноз начала эрозии в свете принципов надежности. — «Доклады ВАСХНИЛ», 1972, № 12.
Мичурин Б. Н. Водный режим почвы. — «Основы агрономической физики». М., 1959.
Модестов А. П. Правда о корнях. М., 1932.

Моисеев Ю. М. Режим орошения и водопотребление сахарной свеклы в Южном Заволжье. — «Труды Валуйской опытно-мелиоративной станции», 1966.
Мокрова М. Т. Результаты опытов по орошению кукурузы. — «Труды Волгоградской ОМС». Волгоград, 1964, вып. 2.
Морозов А. Н., Попов Г. Н. О расчете горизонтального дренажа засоленных земель (на примере новой зоны орошения Голодной степи). — «Труды института Средазгипроводхлопок». Ташкент, 1971, т. 1.
Морозов А. К. Опыт рисоводов совхоза им. Ильича. — «Гидротехника и мелиорация», 1974, № 8,
Мошков Б. С. Выращивание растений в искусственных условиях как метод выявления их потенциальной продуктивности. — «Фотосинтез и вопросы продуктивности растений». М., 1963.
Натальин Н. Б. Обработка почвы, посевы и удобрение риса. — «Рис». М., 1965.
Неунылов Б. А., Криволапов И. Е. Пути развития рисосеяния в Приморском крае. — «Земледелие», 1961, № 3.
Неунылов Б. А. Повышение плодородия почв рисовых полей Дальнего Востока. Владивосток, 1961.
Ничипорович А. А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах. — «Фотосинтез и вопросы продуктивности растений». М., 1963.
Ничипорович А. А. Задачи работ по изучению фотосинтетической деятельности растений как фактора продуктивности. — «Фотосинтезирующие системы высокой продуктивности». М., 1966.
Носатовский А. И. Пшеница. М., 1965.
Обухов А. Д. Программирование урожаев при проектировании рисовых оросительных систем. — «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур». М., 1973.
Паненко И. Д. Рис. — «Орошаемое земледелие в Молдавии». Кишинев, 1971.
Петербургский А. В. Удобрение и урожай. — «Известия ТСХА». М., 1965, вып. 3.
Пенман Х. Л. Растения и влага. Л., 1968.
Пенман Х. Л. Круговорот воды. — «Биосфера». М., 1972.
Петинов Н. С. Опыты диагностирования потребности растений в поливе по физиологическим показателям. — «Орошение сельскохозяйственных культур в Центрально-Черноземной полосе РСФСР», 1956, вып. 2.
Петинов Н. С. Физиология орошаемой пшеницы. М., 1959.
Петинов Н. С., Кембель М. Э. Водный режим хлопчатника при различной водообеспеченности. — «Водный режим растений и их продуктивность». М., 1968.
Петров Е. Г., Граммatикати О. Г. Влагозарядочное орошение. М., 1958.
Петров Е. Г., Бобченко В. И., Сидько А. А. и др. Опыт полива засоленных земель при культуре риса. — «Гидротехника и мелиорация», 1965, № 10.
Попов В. П. Почвенные испарители и лизиметры. — «Труды Млеевской опытной станции». Млеев, 1929, вып. 20.
Прокофьев М. А. Возделывание зерновых культур при орошении в Ростовской области. Ростов-на-Дону, 1948.

Простаков П. Е. Агрономическая характеристика почв Северного Кавказа. М., 1964, т. 1.
Прянишников Д. Н. Избранные сочинения. М., 1953, т. 2.
Пушкарев В. Ф. Приборы и методы измерения испарения с сельскохозяйственных полей. — «Материалы конференции по агрометеорологии и агроклиматологии Украинской ССР». М., 1958.
Разумов Л. А. Миграция влаги в почве по данным лабораторных опытов. — «Информационный сборник», 1951, № 1.
Ремесло Е. К., Блаженский В. К. Агротехника высоких урожаев озимой пшеницы мироновской селекции. — «Доклады ВАСХНИЛ», 1972, № 8.
Решеткина Н. М. Грунтовые воды Узбекистана и перспективы их откачки в целях мелиорации и орошения. — «Труды института сельскохозяйственной АН Узбекской ССР», 1953, вып. 1.
Рогалев И. Е. Действие калия на содержание связанной и свободной воды и водоудерживающую способность растений. — «ДАН СССР». М., 1949.
Роде А. А. Почвенная влага. М., 1952.
Роде А. А. Водный режим почвы и его регулирование. М., 1963.
Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. Л., 1965, т. 1.
Роде А. А. Почвенные гидрологические горизонты и почвенный гидрологический профиль. — «Почвоведение», 1968, № 3.
Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. Л., 1969, т. 2.
Родионовский Ф. К. Водный режим северо-приазовских черноземов. — «Сборник трудов ЮжНИИГиМ». Новочеркасск, 1963, вып. IX.
Розин С. Я., Лактионов Б. И., Качан Л. Рис. — «Орошаемое земледелие на Украине». Киев, 1968.
Розов Л. П. Мелиоративное почвоведение. М., 1956.
Ротмистров В. А. Корневая система сельскохозяйственных растений и урожай. — «Советская агрономия», 1939, № 8.
Рыжов С. Н. Орошение хлопчатника в Ферганской долине. Ташкент, 1948.
Рыжов С. Н. Скорость передвижения и отдачи воды как фактор ее доступности растениям. — «Биологические основы орошаемого земледелия». М., 1967.
Сабинин Д. А. Физиология развития растений. М., 1963.
Саламов А. Б. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур в Северо-Осетинской АССР. — «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур». М., 1973.
Сатклифф Д. Ф. Поглощение минеральных солей растениями. М., 1962.
Селянинов Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата. — «Мировой агроклиматический справочник». М., 1937.
Серебряков В. Р., Белянский П. И. Комплексная экономическая оценка использования орошаемых земель. — «Эффективно использовать орошаемые земли». Волгоград, 1972.
Синягин И. И. Площади питания растений. М., 1970.
Сказкин Ф. Д. О причинах снижения продуктивности хлебных злаков при недостаточном и избыточном увлажнении почвы в различные периоды их развития. — «Водный режим растений и их продуктивность». М., 1968.
Скрипчинская Л. В. Орошение риса. М., 1962.

Собко А. А. Возделывание важнейших сельскохозяйственных культур при орошении (озимая пшеница). — «Орошаемое земледелие на Украине». Киев, 1968.
Соколов А. В. Вопросы теории питания растений и применения удобрений. — «Материалы сессии ВАСХНИЛ». М., 1957.
Станков Н. З. Корневая система полевых культур. М., 1964.
Степаненко П. С. Экспериментальные исследования по программированию урожаев орошаемых культур. — «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур». М., 1973.
Сытник К. М., Книга Н. М., Мусатенко Л. И. Физиология корня. Киев, 1972.
Тюрк Л. Баланс почвенной влаги. Л., 1958.
Тимирязев К. А. Избранные сочинения. М., 1948, 1949, т. 1, 2, 3, 4.
Тулякова З. Ф. Рис на засоленных землях. М., 1971.
Урманова Х. У., Шупаковский В. Ф. Рис Узбекистана. — «Сельское хозяйство Узбекистана», 1967, № 6.
Устенко Г. П., Ягнова С. Н. Опыт программированного получения высоких урожаев кукурузы по заданным к.п.д. энергии солнечной радиации. — «Фотосинтезирующие системы высокой продуктивности». М., 1966.
Филев Д. С. Поливные режимы и основные приемы агротехники кукурузы на орошаемых землях. — «Вестник сельскохозяйственной науки», 1965, № 3.
Филимонов М. С. Режим орошения и способы полива сельскохозяйственных культур. Волгоград, 1972.
Харченко С. И. Гидрометеорологический метод определения поливного режима и расчета сроков полива. — «Труды ГГИ», 1967, вып. 146.
Хачетлов Р. М. Влияние длительного орошения и применения удобрений на водный и пищевой режим карбонатных черноземов КБ АССР. — В сб.: Орошение и урожай. Нальчик, 1966.
Циприс Д. Б., Догановская А. Н. Планирование степени гидротехнических мелиораций под урожай. — «Программирование урожаев сельскохозяйственных культур». М., 1973.
Черкасов А. А. Мелиорация и сельскохозяйственное водоснабжение. М., 1958.
Черных А. А., Баранчикова Л. Д. Режим орошения культур при поливах по крупным чекам. — «Гидротехника и мелиорация», 1967, № 2.
Чирков Ю. И. Развитие методов агрометеорологических прогнозов по культуре кукурузы. Л., 1967, вып. 9.
Шадрин А. Т. Экономика рисосеяния в колхозе. — «Экономика сельского хозяйства», 1968, № 9.
Шапошников Д. Г. Особенности развития рисоводства Украины на новом этапе. — «Рисоводство на юге Украины». Кишинев, 1969.
Шарапов И. Д. Динамика почвенных процессов под культурой риса на карбонатных засоленных почвах в низовьях р. Сыр-Дарьи. — «Труды института Почвоведения АН КазССР», 1969, вып. I.
Шардаков П. С. Водный режим хлопчатника и определение оптимальных сроков полива. Ташкент, 1963.
Шаров И. А. Эксплуатация гидромелиоративных систем. М., 1959.

Шатилов И. С., Сафонова А. Ф. Содержание азота, фосфора и калия в корнях озимой пшеницы. — «Известия ТСХА», 1973, № 4.
Шатилов И. С., Ваулин А. В. Динамика ассимилирующей поверхности и роль отдельных органов растений в формировании урожая ячменя. — «Известия ТСХА», 1972, № 2.
Шатилов И. С., Чаковская Г. Б., Замараев А. Г. Формирование и продуктивность работы фотосинтетического аппарата сельскохозяйственных растений в севообороте. — «Известия ТСХА», 1960, № 6.
Шатилов И. С. Методика исследований при постановке балансовых полевых опытов по программированию урожаев сельскохозяйственных культур (тезисы докладов Всесоюзной конференции 13—15 марта). М., 1973.
Шашко Д. И. Агроклиматическое районирование СССР. М., 1967.
Шлейхер А. И. Строение и развитие хлопчатника. — «Хлопководство». М., 1967.
Штепа Б. Г. Состояние и перспективы развития орошения на Северном Кавказе. — «Материалы регионального совещания по мелиорации почв Северного Кавказа». Ростов-на-Дону, 1969.
Штокалов Д. А. Прогрессивные способы полива при орошении зерновых культур. — «Орошение и урожай». Нальчик, 1966.
Шубладзе К. К. Мелиорация земель. М., 1970.
Шумаков Б. А. Изучение водопотребления сельскохозяйственных культур — основа для проектирования режима орошения. — «Биологические основы орошаемого земледелия». М., 1957.
Шумаков Б. А. Орошение в засушливой зоне Европейской части СССР. М., 1969.
Шумаков Б. А., Шумаков Б. Б. Лиманное орошение. М., 1963.
Шумаков Б. А., Козин М. А. Перспективы развития орошения на Северном Кавказе и задачи полного освоения орошаемых земель. — «Сборник трудов ЮжНИИГиМ». Новочеркасск, 1959, вып. 6.
Шумаков Б. А., Шумакова К. П. Возделывание риса без слоя воды. — «Доклады ВАСХНИЛ», 1967, № 10.
Шумаков Б. Б. Использование местного стока. М., 1966.
Шумаков Б. Б. Оросительная система в хозяйстве. М., 1975.
Шумакова К. П. Возделывание риса при периодических поливах. Ростов-на-Дону, 1954.
Шумакова К. П. Результаты опытов по борьбе с сорняками в посевах риса при периодических поливах. — «Сборник трудов ЮжНИИГиМ». Новочеркасск, 1958, вып. 5.
Шупаковский В. Ф. Культура риса в Узбекистане. Ташкент, 1958.
Ясониди О. Е. Потребление воды яровой пшеницей. — «Земледелие», 1972, № 1.
Ярмизин Д. В., Козин М. А. Приемы возделывания кукурузы при орошении. — «Агротехнические указания по возделыванию кукурузы в Ростовской области». Ростов-на-Дону, 1960.
Ярмизин Д. В., Обухов А. Д., Шаповалов А. Г. Опыт возделывания риса на засоленных почвах. — «Гидротехника и мелиорация», 1967, № 8.
Ярмизин Д. В., Лысогоров С. Д., Балан А. Г. Мелиоративное земледелие. М., 1972.

Ярмизин Д. В. Режим орошения озимой пшеницы на Северном Кавказе. — «Сборник трудов ЮжНИИГиМ». Новочеркасск, 1956.
Ярмизин Д. В. О районировании поливных режимов озимой пшеницы на Северном Кавказе. — «Сборник трудов ЮжНИИГиМ». Новочеркасск, 1959, вып. VI.
Яхтенфельд П. А., Молчанов В. Н. Значение скороспелых сортов риса в условиях Сарпинской низменности. — «Доклады ВАСХНИЛ», 1972, № 8.
Blaney H. F., Criddle W. D. Determining water reguirements in irrigated areas from climatological and irrigation data U. S. sch 1950, 96 Washington D. C.
Chrysler H. L. Amounts of bound and free water in an organic colloid at different degrees of hydration plant physiol. Vol. 1934. 9. N 1.
De Remer E. A. Simple method of drip irrigation. Irrigation Journal. 1972. 22.
Draycott A. P. Effects of nitrogen fertilizer, plant population and irrigation on suger beet. The journal of agricultural science. 1976. 76. 2.
Kramer P. Water relations of plant cells and tissues. Ann. Rev. Plant. Physiol. 1955. Vol. 6.
Mitscherlich E. A. Die Ertragsgesetze. Berlin. 1948.
Overbeek J. van. Auxin. Water up tane and osmatic pressure in potato tissue. Amer. J. Bot. Vol. 1944. 31. N 5.
Overbeek J. van. An analysis of the function of the leaf in Cuttings. Amer. Journ. bot. v. 1946. 33. N 2.
Shahi H. Water management for better rice crops. World Farm. 15. 3. 1973.
Thornthwaite C. W. An Approach toward a rational classification of climate. The Geological Review. 1948. N 38.
Veihmeyer F. S., Hendrickson A. H. The relation of soil moisture to cultivation and plant growth Proced. First international congrese Soil Sci. 1927.
Walter H. The water economy and the hydrature of plant Ann. Rev. Plant Physicl. Vol. 6. 1955.
Watson D. The dependence of net assimilation rate on leatarea index. Ann. Box. N 5. 22c. 1958.
Wollny E. Forschungen auf dem Gebiet der Agrikulturphysik. Heidelberg.
Vladisavljevic Z., O vodoprivredi. Pogledi i metode. Beograd. 1960.
Sacki T. Interrelationship between leat a mount, light distribution and total Photosynthesis in a plant community. Bot. Mag. 1960. 73.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Часть 1

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ В СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЕ СССР

Глава I. Краткая характеристика фонда орошаемых земель и почвенно-климатических условий сухостепной зоны . . . 9
Использование орошаемых земель в СССР 10
Юг Украины и Северный Кавказ (зона А) 23
Поволжье и западная часть Прикаспийской низменности (зона Б) 34
Южный Казахстан и республики Средней Азии (зона В) 43
Глава II. Водный режим почвы 53
Почвенная влага. Формы ее образования, условия доступности растениям 53
Типы водного режима почвы и их классификация при естественном увлажнении 58
Влияние способов полива на водный режим почвы . . 65
Глава III. Характеристика и классификация типов водного режима почвы при орошении 80
I тип водного режима почвы — полностью регулируемый в вегетационный период 92
II тип водного режима почвы — частично регулируемый 105
III тип водного режима почвы — со слоем воды на поле в период вегетации 113

Часть 2

ОСОБЕННОСТИ РОСТА, РАЗВИТИЯ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПРИ РАЗНЫХ ТИПАХ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ

Глава IV. Особенности возделывания сельскохозяйственных культур в условиях регулируемого водного режима почвы . 123
Зерновые колосовые 123
Кукуруза 150
Сахарная свекла 162
Хлопчатник 172

Глава V. Особенности формирования урожая сельскохозяйственных культур в условиях частично регулируемого водного режима почвы 191
Зерновые колосовые 191
Кукуруза (на зерно) 197
Сахарная свекла 200
Лиманное орошение и другие подтипы частично регулируемого водного режима почвы 204
Глава VI. Влияние водного режима почвы со слоем воды на поле на рост, развитие и водопотребление риса 209
Мелиорирующая роль риса 221
Глава VII. Водный режим почвы при орошении и закономерности формирования урожая сельскохозяйственных культур . 230
Орошение и водный режим растений 232
Суммарное водопотребление и урожай сельскохозяйственных культур 239
Глава VIII. Экономическая эффективность орошения в зависимости от типов водного режима почвы 262
Регулируемый водный режим почвы 269
Эффективность орошения в хозяйствах зерново-животноводческого направления, расположенных в европейской части страны 269
Эффективность работы хлопководческих хозяйств (на опыте совхозов Голодной степи) 272
Частично регулируемый водный режим почвы 275
Эффективность капиталовложений и эксплуатационных затрат в оросительные системы влагозарядкового и лиманного орошения 275
Эффективность капиталовложений в строительство рисовых оросительных систем, обеспечивающих формирование водного режима почвы со слоем воды на поле 277
Выводы 282
Указатель литературы 290

Михаил Алексеевич Козин

Водный режим почвы и урожай

Редактор Г. М. Попова
Художник В. Г. Прохоров
Художественный редактор М Д. Северина
Технические редакторы В. А. Боброва,
Л. А. Воронова
Корректор В. Л. Непомнящая

ИБ 989

Сдано в набор 10/XII 1976 г. Подписано к печати 2/II 1977 г. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 2. Усл.-печ. л. 15,96. Уч.-изд. л. 17,2. Изд. № 198. Тираж 9800 экз. Заказ № 1263. Цена 1 р. 44 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос», 103716, ГСП, Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19

Московская типография № 11 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, Москва, 113105, Нагатинская ул., д. 1.