

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«РОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПРОБЛЕМ МЕЛИОРАЦИИ»  
(ФГБНУ «РосНИИПМ»)

УДК 631.45

В. Н. Щедрин, Г. Т. Балакай, С. М. Васильев, Л. М. Докучаева,  
Р. Е. Юркова, Т. П. Андреева, А. В. Акопян

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ  
КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ, СОХРАНЯЮЩИХ И  
ВОССТАНАВЛИВАЮЩИХ ПОЧВЕННОЕ ПЛОДОРОДИЕ  
ЗЕМЕЛЬ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ОРОШЕНИИ**

Новочеркасск 2013

## Содержание

1 Область применения .....	3
2 Нормативные ссылки .....	3
3 Организация системы циклического орошения .....	4
3.1 Элементы системы циклического орошения .....	4
3.2 Критериальные показатели для установления орошаемой и неорошаемой фаз при циклическом орошении .....	7
3.3 Конструкции оросительных систем и техника полива в условиях циклического орошения.....	12
4 Комплекс мероприятий при циклическом орошении .....	15
4.1 Мероприятия, восстанавливающие почвенное плодородие .....	15
4.1.1 Химическая мелиорация .....	16
4.1.2 Комплексная мелиорация.....	21
4.1.3 Особенности мелиорации земель с комплексным почвенным покровом.....	24
4.2 Мероприятия, регулирующие почвенное плодородие .....	25
4.2.1 Приемы снижения уровня грунтовых вод.....	25
4.2.2 Приемы оптимизации гумусного состояния и питательного режима почв .....	31
5 Подбор культур для севооборотов, осваиваемых в условиях циклического орошения.....	41
6 Режимы орошения при циклическом орошении .....	60
7 Экономическая и экологическая эффективность циклического орошения .....	65
Список использованной литературы.....	73

## **1 Область применения**

Настоящие указания устанавливают комплексный подход при выборе мероприятий по восстановлению и сохранению почвенного плодородия черноземов при циклическом орошении и предназначены для сельхозпроизводителей различных форм собственности, а также для водохозяйственных эксплуатационных организаций.

## **2 Нормативные ссылки**

При разработке «Методических указаний по выбору комплекса мероприятий, сохраняющих и восстанавливающих почвенное плодородие земель при циклическом орошении» учтены основные положения, изложенные в соответствующих законодательных и нормативно-правовых документах, действующих в области охраны почв:

- ГОСТ 27593-88 Почвы. Термины и определения;
- ГОСТ 17.4.2.03-86. Охрана природы. Почвы. Паспорт почв;
- Закон РСФСР от 10 января 1966 г. № 4-ФЗ «О мелиорации земель»;
- Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;
- Федеральный закон от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения»;
- Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления»;
- Федеральный закон от 29 декабря 2006 г. № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства»;
- Федеральная целевая программа «Сохранение и восстановление плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и агроландшафтов как национального достояния России на 2006-2010 годы и на период до 2013 года» (утв. Постановлением Правительства РФ от 20 февраля 2006 г. № 99).

### **3 Организация системы циклического орошения**

Для рационального использования водных ресурсов, сохранения и восстановления почвенного плодородия черноземов целесообразно применение циклического орошения, позволяющего ослабить воздействие негативных процессов на почвы путем введения орошаемых и неорошаемых фаз, а также обоснования приемов, ускоряющих восстановление плодородия почв.

#### **3.1 Элементы системы циклического орошения**

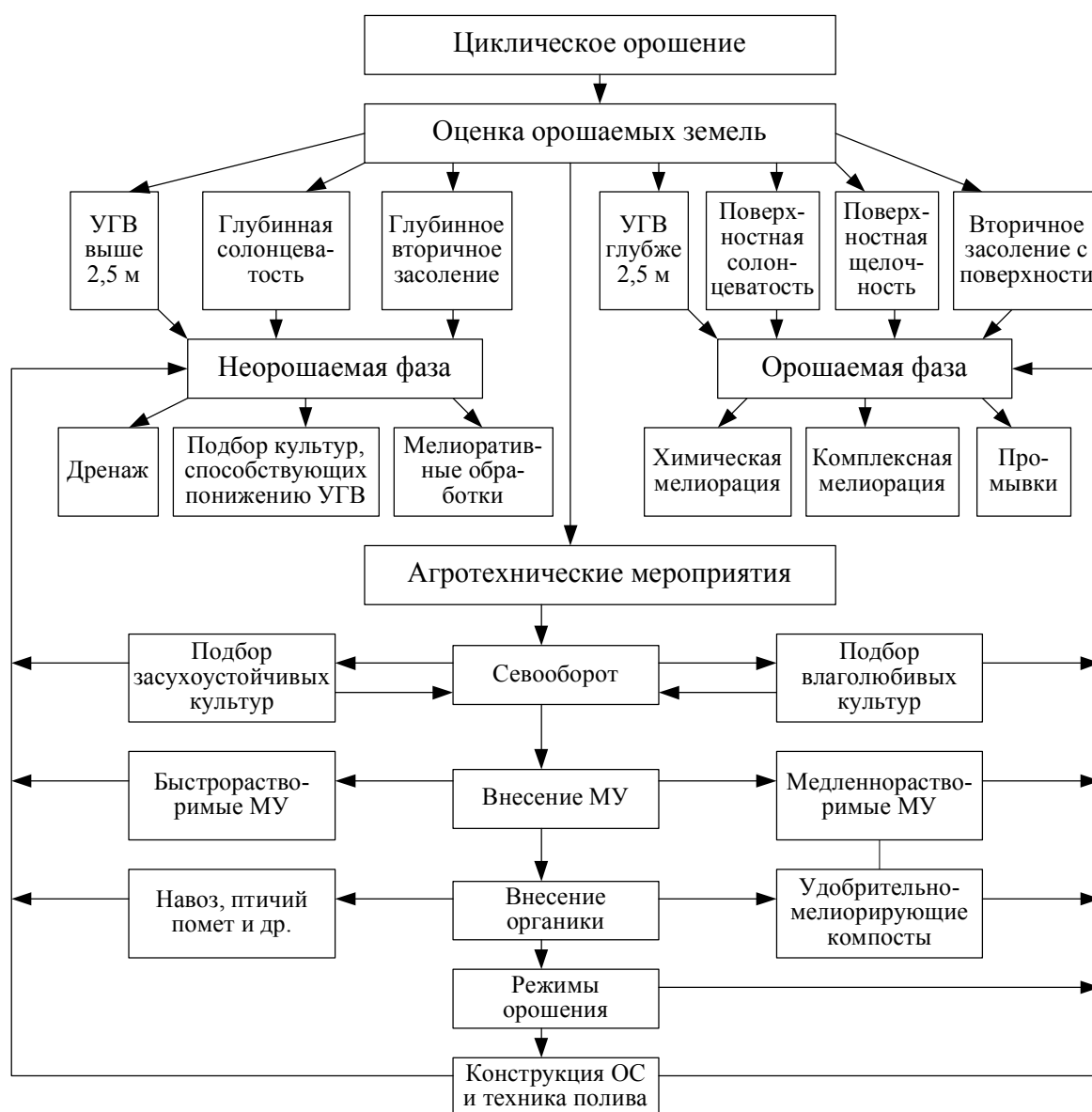
Для циклического вида орошения, включающего две фазы освоения земель – неорошаемую и орошаемую, разработан блок необходимых агро-мелиоративных мероприятий системы циклического орошения (рисунок 1).

Обоснование выбора мероприятий должно начинаться с оценки состояния орошаемого массива. Для этих целей используются показатели и критерии состояния почв. Затем согласно критериям следует выбрать начальную и последующие фазы циклического орошения.

Если орошаемый массив подвергается переувлажнению, глубинному вторичному засолению и осолонцеванию в результате близкого залегания грунтовых вод, его освоение следует начинать с неорошаемой фазы с посевом культур, способствующих понижению УГВ, проведению мелиоративных обработок для снижения уплотнения и улучшения аэрации, а также осуществить работы по строительству или реконструкции коллекторно-дренажной сети.

Если на участке грунтовые воды находятся глубже критических величин, но присутствуют поверхностная солонцеватость и щелочность, для ускорения восстановительных процессов по повышению плодородия почв необходимо проводить химическую и комплексную мелиорации. Они должны осуществляться в орошаемую фазу, поскольку в результате внесения химических мелиорантов получают продукты реакции, которые

должны быть удалены из мелиорируемого слоя. Оросительная вода способствует быстрому их растворению и лучшей миграции вглубь.



**Рисунок 1 – Схема циклического орошения и мероприятий, проводимых в каждую из его фаз**

Следующим этапом в организации системы циклического орошения является проведение агромелиоративных мероприятий. Согласно блок-схеме, эти мероприятия, в первую очередь, заключаются в построении севооборотов для земель, осваиваемых в условиях циклического орошения.

При циклическом орошении сохраняются 7-8-польные зерно-кормовые севообороты, насыщенные многолетними травами, пожнивными и промежуточными культурами. В таких севооборотах зерновые и техни-

ческие культуры можно будет выращивать в неорошаемую фазу, а кормовые – в орошаемую. В таких севооборотах также 1, 2 поля можно будет оставлять для овощей.

В период регулярного орошения овощные севообороты были 4- и 5-польные с обязательным выращиванием трав. Если будут подобраны засухоустойчивые многолетние травы, можно будет сохранить с такой ротацией севооборота и при циклическом орошении.

Особое внимание должно быть уделено подбору влаголюбивых и засухоустойчивых культур для севооборотов, так как:

- севооборот составляется таким образом, чтобы не терялась продуктивность массива;

- каждая культура выполняет не только свою роль предшественника (определяя запасы гумуса, азота, фосфора и других элементов плодородия), но и играет противозерозионную и санитарно-защитную роль.

Главное предназначение циклического орошения не только стабилизировать мелиоративное состояние, но и оптимизировать гумусное состояние и питательный режим.

Оптимизация гумусного состояния будет происходить, в основном, в неорошаемую фазу, но в орошаемую фазу должно накопиться достаточное количество пожнивно-корневых остатков за счет более высоких урожаев, получаемых при орошении.

Соответствующий питательный режим необходимо поддерживать и в неорошаемую, и в орошаемую фазу. Но внесение органики в чистом виде при орошении приводит к подщелачиванию почвы, поэтому органика должна вноситься только в неорошаемую фазу, а в орошаемую – удобрительно-мелиорирующие или органо-минеральные компосты и смеси, которые содержат вещества, устраняющие щелочность и солонцеватость.

При внесении минеральных удобрений надо учитывать, что быстрорастворимые минеральные удобрения лучше вносить в неорошаемую фазу,

а постепенно растворимые, то есть сложные – в орошаемую, так как быстрорастворимые активно вымываются оросительной водой.

Оросительные нормы и режимы орошения, разработанные для регулярного орошения, можно использовать и для циклического, так как они полностью удовлетворяют потребности культуры в воде в целях получения высокого урожая, а поддерживать почвенные процессы – техникой полива, которая должна соответствовать определенным экологическим требованиям. Сама техника должна способствовать снижению поливных норм.

### **3.2 Критериальные показатели для установления орошаемой и неорошаемой фаз при циклическом орошении**

Показатели оптимальности параметров почв необходимы для определения системы мер мелиоративного воздействия на почвы, а также для контроля при оценке состояния почвы в условиях ее интенсивного использования.

Величина отклонения параметров деградированной почвы от недеградированной характеризуется как степень деградации.

Определить состояние почв позволят показатели деградации орошаемых земель, составленные на основе собственных многолетних исследований и привлечения материалов исследователей, работающих в этом направлении (таблицы 1, 2) [1-9]. Критериальные показатели разработаны для орошаемых черноземов обыкновенных, черноземов южных как наиболее подверженных деградации.

**Таблица 1 – Показатели и критерии деградации орошаемых черноземов обыкновенных**

Показатели	Критерии деградации			
	0	1	2	3
1	2	3	4	5
Агрофизические: - плотность, т/м <sup>3</sup>	< 1,10	1,15-1,2	1,20-1,25	> 1,25
- водопрочность, %	> 40	40-30	30-20	< 20
- водопроницаемость, мм/мин	> 1,0	1,0-0,8	0,8-0,6	< 0,6

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Физико-химические:				
токсичные соли, %:				
- с участием соды	< 0,05	0,05-0,1	0,11-0,2	> 0,2
- без соды	< 0,10	0,10-0,2	0,21-0,3	> 0,3
Токсичная щелочность, мг-экв./100 г почвы	< 0,7	0,7-1,0	1,1-1,6	> 1,6
Почвенно-поглощающий комплекс, %:				
- кальций	> 85	85-82	82-80	< 80
- магний	< 15	15-16	16-17	> 17
- натрий	< 1,0	1,0-2,0	2,0-3,0	> 3
Агрохимические:				
- гумус, %	> 4,4	4,4-4,1	4,0-3,8	< 3,8
- Сг.к. : Сф.к.	> 2,0	2,0-1,5	1,4-1,1	< 1,0
Подвижный фосфор, мг/100 г почвы	> 4,5	4,5-4,1	4,0-3,8	< 3,8
Обменный калий, мг/100 г почвы	> 50	50-42	41-35	< 35
Уровень грунтовых вод при минерализации, г/дм <sup>3</sup> :				
< 3,0	> 3,0	3,0-2,0	1,9-1,0	< 1,0
≥ 3,0	> 5,0	5,0-3,0	2,9-2,0	< 2,0
Примечание – 0 – недеградированные почвы; 1 – слабодеградированные; 2 – среднедеградированные; 3 – сильнодеградированные почвы.				

**Таблица 2 – Показатели и критерии деградации южных черноземов (комплексный покров)**

Показатели	Критерии деградации			
	0	1	2	3
1	2	3	4	5
Агрофизические:				
- плотность, т/м <sup>3</sup>	< 1,20	1,20-1,25	1,25-1,3	> 1,3
- водопрочность, %	> 40	40-30	30-20	< 20
- водопроницаемость, мм/мин	> 0,8	0,8-0,6	0,6-0,4	< 0,4
Физико-химические:				
токсичные соли, %:				
- с участием соды	< 0,05	0,05-0,1	0,11-0,2	> 0,2
- без соды	< 0,10	0,10-0,20	0,21-0,3	> 0,3
Токсичная щелочность, мг-экв./100 г почвы	< 0,7	0,7-1,0	1,1-1,6	> 1,6
Почвенно-поглощающий комплекс, %:				
- кальций	> 80	80-78	77-75	< 75
- магний	< 20	17-18	19-20	> 20
- натрий	< 3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	> 5,0
Агрохимические:				
- гумус, %	> 3,4	3,4-3,2	3,2-3,0	< 3,0
- Сг.к. : Сф.к.	> 1,5	1,5-1,3	1,3-1,0	< 1,0
Подвижный фосфор, мг/100 г почвы	> 4,5	4,5-4,1	4,0-3,8	< 3,8
Обменный калий, мг/100 г почвы	> 45	45-43	42-40	< 40



Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Уровень грунтовых вод при минерализации, г/дм <sup>3</sup> : < 3,0	> 3,0	3,0-2,0	1,9-1,0	< 1,0
≥ 3,0	> 5,0	5,0-3,0	2,9-2,0	< 2,0
Примечание – 0 – недеградированные почвы; 1 – слабодеградированные; 2 – среднедеградированные; 3 – сильнодеградированные почвы.				

Критерии деградации представлены четырьмя видами почв: недеградированные, слабодеградированные, среднедеградированные, сильнодеградированные.

Показатели среднедеградированных почв, соответствуют предельно-допустимым параметрам почв, разработанным в Руководстве по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании [3].

Предложенная деградация позволяет установить присутствие негативных почвенных процессов в более ранних стадиях. Поскольку черноземы обыкновенные самые плодородные почвы их параметры изменения более жесткие, чем у черноземов южных, которые чаще всего располагаются в комплексе с солонцами.

Когда почвы достигают показателей среднедеградированных почв, необходимо предпринимать соответствующие меры по снижению деградации. Например, при поднятии грунтовых вод до 2 м – прекратить орошение и перевести почвы в неорошаемые условия с возделыванием культур, понижающих УГВ. К таким культурам относятся озимая пшеница, люцерна, кукуруза на зерно. При увеличении плотности почв до уровня среднедеградированных пересмотреть способы обработки почв и возможно провести унавоживание почв.

При содержании токсичных солей и обменного натрия на уровне слабой деградации необходимо перейти на выращивание соле- и солонцеустойчивых культур в неорошаемой фазе.

Однако при достижении показателей щелочности и солонцеватости, соответствующих уровню среднедеградированных почв провести мелио-

рацию земель гипсом и другими гипсосодержащими веществами в профилактических дозах – 4-5 т/га. Эти приемы должны быть проведены непременно в фазу орошения, так как химические реакции по обмену натрия на кальций проходят во влажных условиях, а затем требуется дополнительная промывка продуктов этих реакций.

При снижении гумуса необходимо создать соответствующие условия для биохимической деятельности микроорганизмов в сторону синтеза, что усиливает гумификацию. Наибольшее разнообразие видового состава почвенных микроорганизмов и их высокая активность проявляются при влажности почвы 60-70 % НВ в интервале температур 20-30 °С. Даже при кратковременном внедрении в процесс анаэробных условий, что бывает при переполивках, гумификация ослабевает. Поэтому лучшие условия для гумификации – это неорошаемые, они соответствуют природным факторам, при которых формировались почвы в естественных условиях. Но для деятельности микроорганизмов требуется свежее органическое вещество, поэтому следует выращивать культуры, которые дают много пожнивно-корневых остатков (многолетние травы), либо заправлять почву навозом КРС, птичьим пометом и другой органикой. В случае ее отсутствия, использовать зеленое удобрение (сидераты) или запахивать измельченную солому.

Таким образом, разработанные показатели и критерии деградации почв позволяют предусмотреть мероприятия по воспроизводству плодородия почв и определить, в какую фазу (орошаемую или неорошаемую) циклического орошения их проводить.

Для выбора фаз циклического орошения рекомендуется также использовать критерии благополучного экологического состояния почв и ландшафтов степной и сухостепной зон (таблица 3) [10].

Специалистами ФГБНУ «РосНИИПМ» в случае применения циклического орошения предлагается система показателей, оценивающих уров-

ни состояния почв, разработанных для черноземов надпойменных террас [11].

**Таблица 3 – Критерии благополучного экологического состояния почв и ландшафтов**

Показатель	Природная зона	
	степная	сухостепная
Содержание гумуса в почве, %	5-7	3-4
Степень засоления почвы, %	0,1-0,3	0,2-0,3
pH	7-7,5	7-8
Окислительно-восстановительный потенциал	400-600	350-500
Глубина грунтовых вод, м	8-10	5-7
Пределы регулирования влажности почвы, доли НВ	0,7-0,8	0,7-0,85
Отношение оросительной нормы к осадкам	0,3-0,5	0,6-1,0
Оросительная норма, М (по Л. В. Кирейчевой), мм	130-270	400-590
Минерализация поливной воды, г/л	0,5-0,7	1,0
Нисходящий ток воды, мм	30-40	40-80
Ирригационное питание на уровне грунтовых вод, доли М	0,1-0,15	0,20-0,25
Инфильтрационное питание, доли М	0,05-0,08	0,08-0,13
Отношение дренажного стока к питанию грунтовых вод	0,73-0,93	0,85-0,91
Влагообмен между почвой и грунтовыми водами, доли испарения	0,05-0,1	0,05-0,1
Допустимые пределы изменения УГВ, м, в подзонах:		
бессточная	0,3	0,5
дренированная	0,5-1,0	1,0-1,5
интенсивно дренированная	1-2	1-1,5

По степени деградации земель оценивается уровень состояния почв. Высокий уровень соответствует относительно благополучному состоянию почвы. Средний и низкий уровень – средне- и сильнодеградированным почвам.

Согласно данной разработке предлагается при циклическом чередовании орошаемого и богарного земледелия на орошаемых участках, соответствующих высокому уровню состояния земель, в системе севооборота на 2-3 года выводить влаголюбивые культуры. В результате ожидается снижение уровня грунтовых вод и вторичного засоления черноземов.

Если по показателям уровень состояния орошаемых почв оценивается как средний, то в системе севооборота вводятся солеустойчивые культуры, способствующие рассолению пахотного слоя.

При низком уровне состояния орошаемых черноземов вводятся засухо- и солеустойчивые культуры и переводят черноземы в режим богарного земледелия.

В результате данный способ мелиорации черноземов обеспечит снижение последствий регулярного длительного орошения почвы и за счет чередования фаз орошения и неорошения позволит сохранить естественное плодородие почв агроландшафтов и обеспечить повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

### **3.3 Конструкции оросительных систем и техника полива в условиях циклического орошения**

Циклическое орошение как новый вид орошения требует технического совершенства оросительных систем. Они должны создаваться как при осуществлении нового строительства, так и при реконструкции физически и морально устаревших оросительных систем.

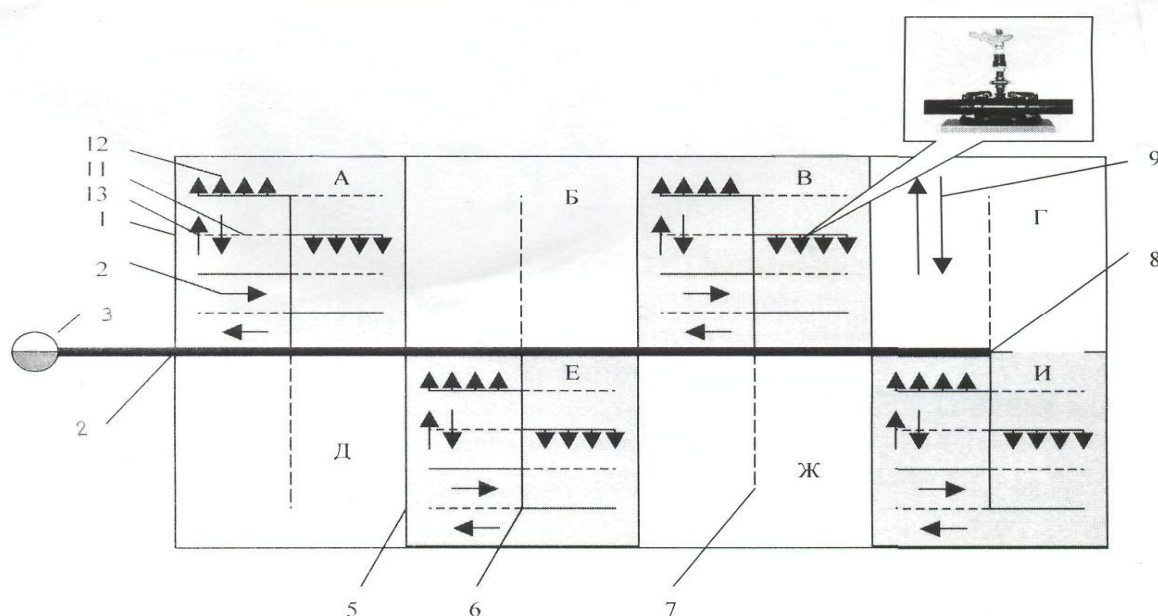
В качестве перспективных подходов к разработке и проектированию ОС нового поколения для циклического орошения предлагаются конструкции внутрихозяйственной сети ОС по авторскому свидетельству [11] и патенту РФ [12].

Схемы оросительных систем для циклического орошения и планы размещения полей для определенной конструкции таких систем представлены на рисунке 2.

Разработанная технология циклического орошения предусматривает, что за каждую ротацию севооборота каждое поле восьмипольного севооборота будет под орошением только 4 года, то есть 50 % продолжительности ротации, а четыре года будет восстанавливать утраченные качества.

Севооборотный восьмипольный участок ограничен контуром 1, а его поля – границами 5. По продольной оси участка расположен подземный трубопровод 4 с подсоединительными гидрантами 8, питаемой насосной станцией 3. В исходный момент времени на каждом из орошаемых полей А, В, Е и И имеется комплект поливного оборудования: распределитель-

ный 6 и вспомогательный 10 трубопроводы – шлейфы. К последним подключаются рабочие дождевальные шлейфы 12. Внутри каждого орошаемого поля трубопроводы 10 перемещаются на вторые позиции 11 по направлению стрелок 2, а дождевальные шлейфы по направлению стрелок 13. Другие четыре поля Д, Б, Ж, Г остаются без орошения. После завершения оросительного периода для полей А, В, Е, И (4 года), оросительное оборудование перемещается на поля Д, Б, Ж, Г. С этой целью трубопроводы 6 перемещаются по направлению стрелки 9 на позицию 7. К трубопроводу 6, перемещаемому на новое поле, перемещаются трубопроводы 10 по направлению стрелок 2, а к ним подключаются дождевальные шлейфы.



**Рисунок 2 – Схема циклического орошаемого восьмипольного севооборота**

При осуществлении циклического орошения сельскохозяйственных культур рекомендуются: существующая дождевальная техника – «Фрегат», «Днепр», «Кубань», «Волжанка», ДДН-70, ДДА-100ВХ, «Кубань ЛК-1»; дождевальные шлейфы – ШД-25-300 и ШД-25-30-А; комплекты технологического оборудования синхронно-импульсного дождевания КСИД-10ПА; комплекты дождевального оборудования КИ-50, КИ-25, КИ-10 «Радуга»,

комплект «Сигма-Z-50-ПП» с дождевальным оборудованием РР-67 (Чехия) и другие.

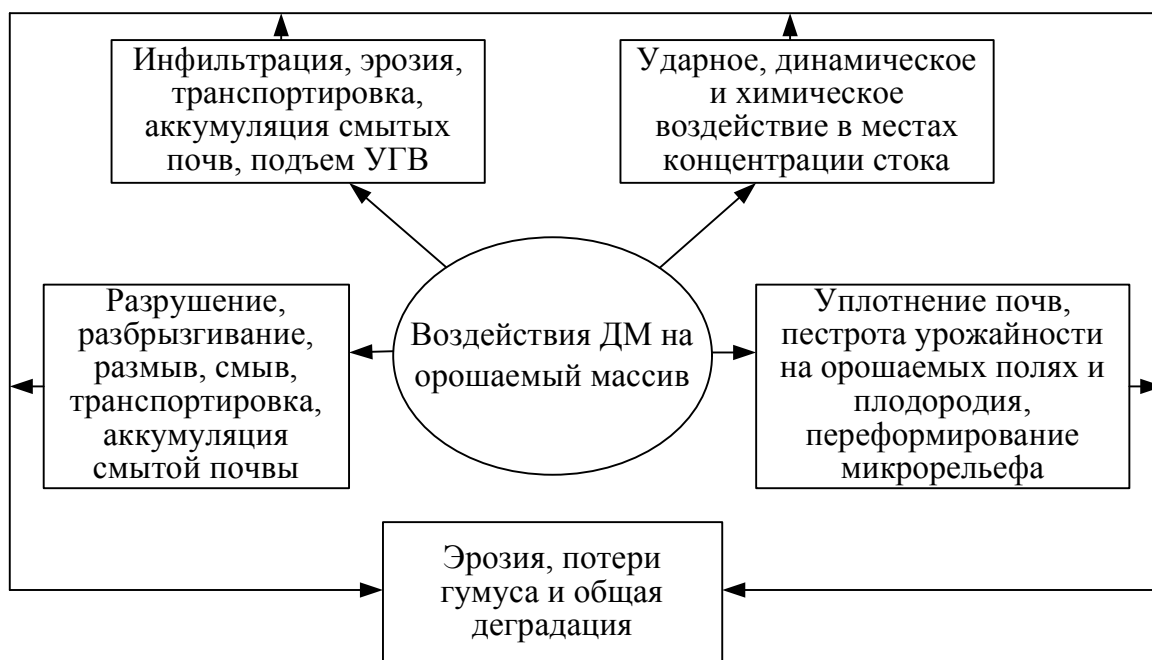
Основными характеристиками, влияющими на экологическую безопасность почв, является интенсивность, крупность капель и равномерное распределение дождя по площади. Рассматривая эти параметры, следует сказать, что они оказывают существенное влияние на выбор режима орошения и поливной техники.

Так, для равномерного увлажнения почвы, сохранения ее структуры и аэрации интенсивность искусственного дождя для любого момента времени должна быть меньше значений скорости впитывания воды в почву и составлять для тяжелых грунтов 6-8 мм/ч, а для легких почв 30-40 мм/ч. Для существующих оросителей роторного типа среднего радиуса действия интенсивность дождя может достигать 0,01-0,08 мм/мин. Эти значения являются косвенным показателем для определения режима орошения.

В практике орошения на Нижнем Дону бытует мнение о необходимости экономии воды, но это не достигается применением экономичных оросителей с крайне ограниченным расходом воды, поскольку небольшой расход при значительных площадях полива приводит к незначительной интенсивности дождя и, чтобы достичь необходимой нормы полива, целесообразно в несколько раз увеличить продолжительность орошения. А это затраты электроэнергии и времени.

При выборе расчетной крупности капель искусственного дождя учитывают, что крупные капли разрушают состав почвы, уплотняют ее и оказывают негативное воздействие на растения. При орошении дождеванием черноземов крупность капель не должна превышать 2-3 мм. Это должно учитываться при создании образцов современных оросителей, конструктивных особенностей форсунок, установки рассекателей и др.

На основании изучения работ отечественных и зарубежных исследователей составлена схема воздействия дождевальных машин на экологическую устойчивость орошаемого массива (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Схема воздействий ДМ на орошаемый массив**

Имеющиеся на данный момент времени методики и используемые показатели оценки эффективности использования дождевальной техники не учитывают негативные воздействия на орошаемые земли. Проведенные исследования показали, что к наиболее важным показателям, влияющим на экологическую безопасность орошения, относятся расход дождевальной машины (ДМ) в л/с, уровень механизации и автоматизации, выражаемый через расход управляемый одним человеком, производительность одной ДМ в га/ч при норме  $300 \text{ м}^3/\text{га}$ , средняя интенсивность дождя в мм/мин; средневзвешенный диаметр капель в мм; коэффициент земельного использования (КЗИ).

Все количественные значения показателей имеются в справочниках [13].

#### **4 Комплекс мероприятий при циклическом орошении**

##### **4.1 Мероприятия, восстанавливающие почвенное плодородие**

В условиях циклического орошения фаза орошения должна быть максимально использована для коренного мелиоративного улучшения по-

ля севооборота. Орошаемые условия способствуют ускорению процессов химических реакций, а побочные продукты этих реакций выносятся с оросительной водой за пределы зоны основного распространения корней культурных растений. Поэтому такие условия оптимальны для применения методов химической и комплексной мелиорации.

#### **4.1.1 Химическая мелиорация**

Если оценка мелиоративного состояния земель, переводимых под циклическое орошение, проведенная по критериальным показателям, представленным в разделе 3.2, выявила наличие таких негативных процессов как осолонцевание, ощелачивание, дефицит кальция в почвенном поглощающем комплексе (ППК), то они нуждаются в химической мелиорации.

Применение кальцийсодержащих мелиорантов основано на механизме донасыщения поглощающего комплекса почвы кальцием за счет вытеснения обменных натрия и магния. При использовании химических веществ, мелиорирующей основой которых являются минеральные кислоты, происходит разложение карбонатов кальция и магния почвы с образованием сульфатов этих металлов. Кроме того, нейтрализуется щелочь почвенного раствора и происходит замена натрия на кальций и магний в ППК.

Характеристика веществ, используемых для химической мелиорации почв, представлена в таблице 4.

Глиногипс, гипс и глауконит имеют реакцию рН, близкую к нейтральной, поэтому их рекомендуется применять на почвах с нейтральным типом засоления (нещелочных). Физиологически кислые мелиоранты (фосфогипс, минеральные кислоты, терриконовая порода, электролит травления стали) прекрасно срабатывают при улучшении почв щелочного типа, нейтрализуя щелочность и вовлекая в обменные процессы трудно-растворимые кальциевые соли.



**Таблица 4 – Характеристика веществ, используемых для химической мелиорации**

Наименование мелиоранта	Мелиорирующая основа	Удобрительные вещества	pH суспензии	Физическое состояние	Влажность, %
Глиногипс (природное месторождение) (Пролетарский, Багаевский и др. р-ны Ростовской области)	Гипс – 68-82 %	Микроэлементы: Fe, Ba, Mn, Cr, V, Cu	7,2-7,8	Твердое, слегка пылит	15-23
Гипс (природное месторождение)	Гипс – 70-85 %		6,8-7,5	Твердое, слегка пылит	18-23
Глауконит (природное месторождение) (Куйбышевский, Родионово-Несветайский, Октябрьский, Верхне-Донской р-ны Ростовской области)	Гипс – 70-75 %	Zn, Cu, Cr, V	7,1-7,6	Песок	20-23
Фосфогипс (отход производства минеральных удобрений) – Ф (г. Белореченск Краснодарского края, г. Невинномысск Ставропольского края)	Гипс – 90-95 %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (общая) – 1,35 %, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (водорастворимая) – 0,6-2,5 %, микроэлементы – 1,5 %	2,5-4,0	Твердое, слегка пылит	20-35
Отработанная серная кислота (отход нефтеперерабатывающей промышленности) – ОСК	Серная кислота – 84-86 %	Органические добавки – 4-6 %	1,0-1,5	Жидкое	-
Электролит травления стали (отход машиностроительной промышленности) – ЭТС	Сернокислородное железо – 8-15 %	Сера ~ 4 %	2-3	Жидкое	-
Терриконовая порода (отход угледобывающей промышленности) – Тп	Сульфаты кальция, железа, алюминия в пересчете на гипс – 20-30 %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – 0,01 %, K <sub>2</sub> O – 0,25 %, микроэлементы, гумусовые и др. угольные остатки – 8 %	3-5	Твердое, рассыпчатое, слабопылящее	10-15

Жидкие мелиоранты из-за трудности использования целесообразно перемешивать с твердыми сыпучими компонентами. К тому же природные мелиоранты или промышленные отходы при обработке кислотами становятся более активными, так как мелиорирующие и удобрительные элементы из труднодоступных соединений переходят в более доступные.

В том случае, когда в почвах помимо вышеуказанных неблагоприятных физико-химических свойств отмечаются неудовлетворительные показатели агрохимии (низкое содержание гумуса, питательных веществ), имеющих высокую плотность, слитость, низкую водопроницаемость, то восстановление плодородия таких почв рекомендуется проводить при помощи органо-минеральных компостов и удобрительно-мелиорирующих смесей.

При этом происходит одновременное воздействие на различные свойства почв: химическими мелиорантами – на физико-химические, удобрительными средствами – на агрохимические.

В состав органо-минеральных компостов (ОМК), удобрительно-мелиорирующих компостов (УМК) и удобрительно-мелиорирующих средств (УМС) входят органические удобрения (навоз КРС, птичий помет, солома, опилки) и кальцийсодержащие мелиоранты (фосфогипс, гипс, терриконовая порода) в определенном соотношении. Существуют требования к внешнему виду, насыщенности питательными и мелиорирующими компонентами и экологической безопасности компостов.

Соотношение определяется наличием мелиорирующих веществ в мелиоранте. Чем этот процент больше, тем меньшая доля в компосте отводится под него. Например, в фосфогипсе, гипсе, глиногипсе мелиорирующих веществ 80-90 %, соответственно оптимальное соотношение органика: мелиорант составляет 3:1 (таблица 5).

**Таблица 5 – Выбор оптимального соотношения компонентов компоста**

Мелиорирующая основа, %	Органика : мелиорант
80-90 (фосфогипс, гипс, глиногипс)	3:1
50-60 (глауконит)	2:1
20-30 (терриконовая порода)	1:1

На данный момент можно порекомендовать производителям несколько видов удобрительно-мелиорирующих компостов, соответствующих указанным требованиям (таблица 6).

**Таблица 6 – Виды удобрительно-мелиорирующих компостов и средств**

Компоненты (соотношения)	Мелиорирующая основа, в пересчете на гипс, %	Питательная основа		
		Масса органического вещества	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Н + Ф	42	50	0,37	0,24
Н + ЭТС	22	75	0,53	0,36
Н + Тп	25	50	0,40	0,60
Н + Гл	35	50	0,33	4,83
Пп + Ф	34-49	50-67	1,53-1,6	0,6-0,8
Пп + Гл	38	50	0,91	2,6
Пп + Ф + Гл	37-57	34-67	1,20-1,22	1,7-1,9
Пп + О + Ф	32-47	50-67	1,0-1,26	0,34-0,56
Пп + О + Гл	31-38	50-60	0,47-0,59	1,90-2,32
Пп + Ф + ЭТС	42-52	40-50	1,15-1,28	0,64-0,80
Пп + Гл + ЭТС	38-44	40-50	0,72-0,81	2,10-2,70
Пп + Ф + О + ЭТС	37-47	43-57	0,81-0,92	0,41-0,47
Пп + Гл + О + ЭТС	36-41	43-50	0,46-0,52	1,30-1,49

Примечание – Н – навоз; ЭТС – электролит травления стали; Тп – терриконовая порода; Гл. – глауконит; О – опилки. Рекомендуются соотношения УМК и средств разработаны в ФГБНУ «РосНИИПМ».

Реакция среды (рН) полученных компостов нейтральная или слабощелочная. Все предлагаемые к использованию компосты не содержат Zn, Cd, Ni, Cu, Pb выше ПДК.

При выборе компонентов для УМК следует учитывать наличие в них тяжелых металлов, особенно при работе с фосфогипсом, так как помимо распространенных тяжелых металлов, он содержит фтор и стронций. Работы И. Н. Любимовой и других, обобщивших многие наработки по применению фосфогипса, свидетельствуют, что чаще всего в сельскохозяйственной практике дозы фосфогипса составляют до 10 т/га. При этих дозах опасность загрязнения фтором, а также стронцием не больше, чем от внесения фосфорных удобрений [14, 15]. Компосты, в которых используется органика, содержат загрязнителей меньше, чем чистый фосфогипс, так как именно органическое вещество является инактиватором тяжелых металлов.

В случае, когда в почвах присутствуют загрязнения тяжелыми металлами, гербицидами, пестицидами, минеральными удобрениями, а также на землях, подверженных атмосферному загрязнению промышленными отходами, рекомендуется использовать компосты, в которых в качестве мелиоранта используется глауконит. Он обладает адсорбирующей способностью по отношению к марганцу, цинку, никелю, меди, хрому.

Доза мелиоранта рассчитывается с учетом свойств почв (степени солонцеватости, щелочности, плотности), мощности мелиорируемого слоя и характеристики мелиоранта (влажность, процентное содержание мелиорирующей основы) [2, 3, 16].

Сыпучие мелиоранты (гипс, фосфогипс, глиногипс, ОМК, УМК и УМС) можно вносить разбрасывателями минеральных и органических удобрений. При внесении доз мелиорантов до 6 т/га целесообразно использовать разбрасыватели, предназначенные для внесения минеральных удобрений и извести, например РУМ-5, КСА-3, РТО-4, РОУ-5. При увеличении доз до 12 т/га следует применять более производительные и грузоподъемные разбрасыватели: РУМ-8, ПРТ-10, КСА-7, а если нужно внести дозу более 12 т/га – использовать разбрасыватели минеральных удобрений ПРТ-10, ПРТ-16.

В кормовых севооборотах мелиорант вносят после уборки ранних зерновых (ячменя, озимой пшеницы), силосных культур (кукурузы, кормосмесей) или распашки люцерны.

К внесению мелиорантов допускаются только технически исправленные машины. Прилагаемые к разбрасывателям таблицы о регулировании выгрузного отверстия в зависимости от доз внесения, рассчитаны для минеральных удобрений и извести. Поэтому перед внесением этими машинами мелиорантов с другими физическими свойствами, необходимо откорректировать шкалу, проверить ширину и равномерность рассева мелиоранта в зависимости от режима работы машины. Для этого следует сделать

несколько проходов на основных режимах работы машины и проконтролировать величину вносимой дозы.

Фактически внесенную дозу за один проход агрегата можно определить, расставив измерительные щитки по ширине захвата и по ходу движения машины. При площади щитка  $1 \text{ м}^2$  необходимо вес попавшего на него мелиоранта (в граммах) умножить на 10000 и получим дозу в тоннах на 1 га. Доза мелиоранта в пределах ширины посева не должна колебаться более чем на 25 %.

#### **4.1.2 Комплексная мелиорация**

Комплексная мелиорация представляет собой использование глубоких мелиоративных обработок на фоне применения химических мелиорантов. Глубокие мелиоративные обработки в значительной степени способствуют увеличению глубины мелиорируемого слоя, устранению плужной подошвы, разрыхлению плотных осолонцованных горизонтов, проникновению влаги в более глубокие слои почвы, что имеет огромное значение для увеличения потенциала влагозапасов почвы перед переходом к неорошаемой фазе.

Глубокие мелиоративные обработки могут представлять собой глубокое рыхление, глубокие вспашки (ярусные и отвальные), вспашку с почвоуглублением, чизелевание, кротование.

Глубокое рыхление или пахоту глинистых или тяжелосуглинистых слитых почв проводят при влажности пахотного горизонта 60-75 % НВ. При влажности выше или ниже этих пределов ухудшается качество обработки, и увеличиваются затраты на ее дополнительную разделку [17].

Глубина рыхления зависит от уровня залегания и мощности слабопроницаемых слоев (особенно слитых) и коэффициента фильтрации почв. В большинстве случаев мощность улучшаемого слоя составляет 0,4-0,6 м. На суглинистых засоленных почвах с целью вымывания токсичных водорастворимых солей глубину рыхления увеличивают до 0,7-0,8 м. Для уси-

ления промывающего действия поливных вод глубокое рыхление совмещают с нарезкой кротовин. В этих случаях глубина рыхления составляет 0,4-0,6 м, ниже зоны рыхления закладывают кротовины, расстояние между которыми составляет 1-4 м. Работоспособность кротовин во времени зависит от устойчивости почвы к осыпанию, вымыванию, выветриванию и т. д., то есть определяется гранулометрическим составом, водопрочностью агрегатов и степенью увлажнения в момент проведения кротования. Оптимальной влажностью почвы для проведения кротования считается 25-40 %.

На равнинных участках при коэффициенте фильтрации менее 0,1 м/сут., плотности более 1,3 т/м<sup>3</sup>, на переувлажненных и тяжелых почвах с уклоном поверхности более 0,02 выполняют сплошное рыхление. На уплотненных высокогумусированных почвах при коэффициенте фильтрации более 0,1 м/сут. – полосовое. При полосовом рыхлении орошаемых земель расстояние между полосами для глинистых почв составляет 2-3 м, для легкосуглинистых – 4-6 м. Направление рыхления должно быть перпендикулярно по отношению к оросителю или дрене и к основным направлениям агротехнических обработок.

Выпускаемые в нашей стране рыхлители делятся на рыхлители с активными, пассивными рабочими органами и рыхлители с приспособлениями для внесения химических мелиорантов. Наибольшее распространение получили рыхлители с пассивными рабочими органами. Рыхлитель РУ-65.2,5 – трехстоечное орудие, со съемной средней стойкой. Им осуществляют сплошное рыхление почвы до 0,65 м при ширине захвата 2,5 м. В нижней части стоек рыхлитель снабжен съемными кротователями, которые рекомендуется использовать в плотных слоях почвы. Глубина заложения кротовин 0,8 м. Агрегируется данный рыхлитель с тракторами класса тяги 60-65 кН.

В отличие от рыхлителей РН-80 и РУ-65.2,5, у которых рыхление выполняется вертикально расположенными ножами-стойками, рыхлители РГ-0,5, РГ-0,8, РГ-1,2 выполняют объемное рыхление. Объемность рыхле-

ния заключается в том, что лемех рыхлителя отрывает и поднимает часть почвы и одновременно, встряхивая ее между стойками, проводит безотвальную обработку.

Для более глубокого рыхления слабопроницаемых и засоленных почв тяжелого механического состава необходимо использовать одностоечный рыхлитель-кротователь РГ-1,2, выполняющий одновременно несколько операций: одно полосовое рыхление до 1,2 м, сочетание рыхления с кротованием, или одно кротование с глубиной заложения кротовин от 0,4 до 1,2 м. Агрегируется РГ-1,2 с тракторами класса тяги 50-60 кН. Рыхлителями РГ-0,8 и РГ-1,2 можно совмещать глубокое объемное рыхление с одновременным внесением химических мелиорантов для устранения процессов осолонцевания и ощелачивания. Если почвы обладают высоким сопротивлением к рыхлению, то в качестве подготовительных операций выполняют мелкую вспашку или дискование в 2 следа, которые на 10-52 % уменьшают тяговые усилия орудий.

После глубокого рыхления мелиоративное поле выравнивают длиннотракторными планировщиками или выполняют планировку многоотвальными планировщиками-выравнивателями ВП-36,3 или ПК-1.

При отсутствии в хозяйствах вышеперечисленных рыхлителей глубокое рыхление можно провести более упрощенными орудиями – кротователями или щелерезами, из ряда которых на современном рынке представлены глубокорыхлители ГР-1,8-МТЗ-82.1, ГР-2.5-МТЗ-1221.2 (1523), ГР-3.4-ХТЗ-150к-09 (К-700), ГР-4.3-К-701 (744), СLE, плуги-рыхлители универсальные ПРУН-8-45, ПРУН-5-45, глубокорыхлители-щелерезы ГЩ(м), ЩН-2,3 (Т-150), ЩН-3,8 (К-700).

Улучшить водно-физические свойства слитых почв можно плантажной или ярусной вспашками.

Плантажную вспашку на глубину 0,5-0,7 м выполняют плугами типа ППН-40, ППН-50. Проводят ее на уплотненных или слитых почвах, обладающих мощным гумусовым слоем (обыкновенные черноземы). Плантаж-

ная вспашка способствует улучшению водно-физических свойств и снижению содержания водорастворимых солей при близком залегании минерализованных грунтовых вод [18].

В настоящее время рынок сельхозтехники предлагает также плуги ярусные ПНЯ-4-42, ПНЯ-6-42, плуги чизельные ПЧ-2,5, ПЧ-4,5 с глубиной обработки до 45 см.

Последействие глубокой вспашки составляет 3-4 года, а глубокого рыхления – 2-3 года [19, 20].

#### **4.1.3 Особенности мелиорации земель с комплексным почвенным покровом**

Если участок, предназначенный для циклического орошения, представляет собой территорию с комплексным почвенным покровом, мелиоративное улучшение его имеет свои особенности.

Зачастую пятна неоднородности хорошо заметны весной после снеготаяния. Они долго остаются непросохшими, после высушивания покрываются растрескавшейся коркой. Почва на пятнах позднее достигает физической спелости, сельхозтехника вязнет в ней, что является серьезной помехой к своевременному началу полевых работ. Неоднородность почвенного покрова выявляется также по выпадам урожая на отдельных участках поля.

Чтобы решить проблему, для начала необходимо установить комплексность почвенного покрова и процентное соотношение пятен солонцов и зональных почв. Для этого составляют почвенный план с изображением отдельных элементов комплекса (пятен), отражающий их конфигурацию и расположение в пределах мелиорируемого участка.

Согласно существующим рекомендациям [16] в зависимости от процента солонцов в комплексе применяются различные технологии освоения почв с комплексным почвенным покровом:

- при содержании солонцов менее 35 % рекомендуется технология выборочной мелиорации: сначала на солонцовые пятна дозой, рекомен-



дуемой для солонцов, за вычетом дозы, рекомендуемой для преобладающей почвенной разности; затем мелиорируют весь массив дозой, принятой для зональных почв;

- при содержании солонцов более 35 % рекомендуется сплошное внесение мелиоранта дозой, рекомендуемой для солонцов.

Такая схема соблюдается и при химической, и при комплексной мелиорации.

По нашему мнению, в целях соблюдения требований максимальной экологичности процесса мелиорации (воизбежание излишнего внесения химических веществ в почву), а также стремления к сглаживанию неоднородности почвенного покрова участка, технологию выборочного внесения мелиорантов целесообразно применять в максимально возможном количестве случаев, даже если доля солонцов превышает 35 % от площади комплекса. Ограничением применения данной технологии будет являться ситуация, когда пятна солонцов мелкие и довольно равномерно распределены по всему участку. В этом случае внести мелиорант на каждое из пятен довольно затруднительно. Если же пятна располагаются на поле локально, имеют довольно четкие очертания, то выборочная мелиорация будет оптимальным вариантом мелиоративного освоения почв с комплексным покровом.

Расчет доз мелиорантов для пятен солонцов и для зональной почвы производится отдельно. Вначале вносится мелиорант на пятна солонцов дозой, рекомендуемой для солонцов за минусом дозы для зональной почвы, а затем осуществляется сплошное внесение мелиоранта дозой, рекомендуемой для зональной почвы.

## **4.2 Мероприятия, регулирующие почвенное плодородие**

### **4.2.1 Приемы снижения уровня грунтовых вод**

Основной способ недопущения подъема грунтовых вод к критическому уровню – наличие и бесперебойная работа дренажа.

Экологическое обоснование дренажа на орошаемых черноземах должно базироваться не только на исходной характеристике почвенно-мелиоративных и гидрогеологических условий территории и прогнозе их изменений, но и на мелиоративных режимах и соответствующих им типам ирригационного почвообразования.

Наиболее благоприятная экологическая обстановка складывается при полугидроморфном мелиоративном режиме (грунтовые воды на глубине 2,5-6,0 м), обеспечивающем в условиях орошения формирование вторичных полугидроморфных (лугово-степных) почв.

Наблюдающиеся при этом режиме ощелачивание, осолонцевание, обесструктурирование, слитизация почв не связаны с грунтовыми водами, а обусловлены геохимическими процессами при взаимодействии поливной воды неблагоприятного состава с почвой и аллювиально-иллювиальными явлениями, взаимосвязанными с режимом и способами орошения.

Допустимая глубина уровня грунтовых вод, обеспечивающая полугидроморфный мелиоративный режим (иригационно-лугово-степной тип почвообразования), должна составлять не менее 2,5 м. Это обеспечивается дренажем с глубиной дрен 3,0-3,5 м.

Во избежание экологически недопустимых последствий необходимо предусматривать на дренируемом участке преобладание градиентов фильтрационных напоров к дренам от центральной его части над градиентами, направленными за пределы орошаемого массива с относительно глубоким залеганием УГВ. Такой подход к проектированию дренажа не исключает применения экологически обоснованного отсечного дренажа на границах орошаемого массива. Для уменьшения потери плодородия черноземов при сооружении дренажа помимо совершенствования технологии его строительства необходимы меры по сокращению удельной протяженности дрен за счет снижения инфильтрации оросительной воды.

Черноземная зона Юга России, в основном, расположена на покровных лессовидных суглинках мощностью 5-30 и более метров. Суглинки

неоднородны, включают прослойки погребенных почв, нередко осолонцованных и засоленных. Подстилаются лессовидные суглинки различными породами, но преобладают глины и пески.

Как правило, на слабопологих и покатых верхних частях склонов водораздельных пространств с лощинно-овражно-балочным расчленением, сложенных мощными суглинками (более 10 м) или суглинками 2-7 м, подстилаемыми песками с глубиной залегания грунтовых вод 10-20 м, устройство дренажа при освоении под орошение не требовалось, по крайней мере, в первые 10-15 лет эксплуатации [21].

На обширных плоских полого-волнистых водораздельных равнинах местами с просадочными формами рельефа, слабо дренированных, сложенных суглинками мощностью более 10 м местами с погребенными почвами, реже суглинками мощностью 2-9 м, на глинах с глубиной залегания грунтовых вод 10-20 и более метров может потребоваться заблаговременное выборочное устройство дренажа в связи с возможным образованием верховодок.

По склонам водоразделов и предбалочным склонам с равнинно-гравистым рельефом, а также по высоким террасам рек, сложенным суглинками мощностью более 10 м или суглинками мощностью 2-7 м, подстилаемыми песками при глубине залегания грунтовых вод 10-20 м, дренаж, как правило, не требуется.

Долины степных рек с наклонными равнинными террасами, осложненными водотоками, слабо дренированные с террасовыми рядами черноземов, сложенные суглинками мощностью свыше 10 м и прослоями погребенных почв, либо песка, глин, ила с уровнем залегания грунтовых вод на глубине 3-5, реже 5-10 м и минерализацией 1-3 и 3-5 г/л, как правило, требуют устройства систематического дренажа. Долины рек наиболее освоены под орошение.

Исходя из гидрогеологических условий оросительных систем, расположенных в долинах рек, при реконструкции на них проводится дополни-

тельное строительство дренажа на мелиоративно-неблагоприятных землях с целью понижения и поддержания уровня грунтовых вод на допустимой глубине – более 2,5 м.

Так, для отдельных участков Азовской и Багаевско-Садковской оросительных систем Ростовской области Южгипроводхозом в свое время рассчитывались параметры дренажа под широкозахватную дождевальную технику («Кубань», «Днепр») для полива из закрытой сети. Глубина заложения дрен – 3,0-3,5 м, при этом междренные расстояния 200-300 м приняты для суглинков тяжелых с коэффициентом фильтрации 0,3-0,4 м/сут. мощностью от 6 до 8 м, подстилаемых глинами ( $K_{\phi} = 0,05$  м/сут.) до глубины 30-50 м, ниже пески.

Междренные расстояния 350-500 м рекомендованы для тяжелых суглинков ( $K_{\phi} = 0,3$  м/сут.) мощностью 20 м, подстилаемых песками ( $K_{\phi} = 1,1$ ) до глубины 25 м, ниже глинами ( $K_{\phi} = 0,05$ ) до глубины 38 м, далее переслаиванием песков и глин.

Междренные расстояния 500-600 м получены для тяжелых суглинков ( $K_{\phi} = 0,4$ ) мощностью 15 м, подстилаемых песками ( $K_{\phi} = 0,9$ ) до глубины 20 м, далее переслаиванием глин ( $K_{\phi} = 0,05$ ) и песков ( $K_{\phi} = 4,65$ ).

Междренные расстояния более 800 м рассчитаны для суглинков средних ( $K_{\phi} = 0,6$ ) мощностью 15 м, подстилаемых песками ( $K_{\phi} = 0,65-4,65$ ) до глубины 65 м.

Междренные расстояния 100-150 м рекомендуются на глинах мощностью 3,5 м с коэффициентом фильтрации 0,04 м/сут., подстилаемых тяжелыми суглинками ( $K_{\phi} = 0,3$ ) мощностью 4 м, ниже глинами ( $K_{\phi} = 0,05$ ) до глубины 76 м, либо на суглинках тяжелых мощностью 25 м ( $K_{\phi} = 0,04-0,03$ ) до глубины 28 м, ниже залегают пески. Уровень грунтовых вод на глубине 3-5 м.

Основополагающим условием применения циклического орошения является достаточно низкий УГВ – 4 м и более [22]. При достижении УГВ 2,5 м необходимо переходить на неорошаемый режим освоения орошае-

мых земель, так как в неорошаемую фазу создаются условия для снижения грунтовых вод до допустимых уровней и обеспечение наиболее благоприятной мелиоративной и экологической обстановки с использованием дренажа глубиной 3,0-3,5 м.

Для снижения и устранения деграционных процессов, сформировавшихся в период фазы орошения, в неорошаемую фазу высеваются культуры, которые отличаются повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам среды (соле- и солонцеустойчивость (таблица 7), а также культуры, которые по своим биологическим параметрам способствуют улучшению почв (глубоко проникающая корневая система, азотфиксирующая способность корневой системы бобовых трав), то есть выполняют роль биологического дренажа [22].

**Таблица 7 – Соле- и солонцеустойчивость сельскохозяйственных культур**

Культуры	Солонцеустойчивость	Солеустойчивость
Донник белый и желтый	Сильная	Сильная
Пырей бескорневищный и сизый	Сильная	Средняя
Волоснец сибирский	Сильная	Средняя
Свекла столовая и сахарная	Сильная	Сильная
Райграс	-	Сильная
Баклажаны	-	Сильная-средняя
Горчица	Сильная	Сильная
Ячмень	Сильная	Средняя
Подсолнечник	Средняя	Сильная
Овес	Средняя	Средняя
Просо, могар	Средняя	Средняя
Люцерна	Средняя	Средняя
Озимая рожь	-	Средняя
Томаты	-	Средняя
Капуста	-	Средняя
Пшеница	Слабая	Средняя
Суданская трава	Средняя	Слабая-сильная
Эспарцет	Слабая	Слабая
Кукуруза	Слабая	Слабая
Горох	Слабая	Слабая
Огурцы	Слабая	Слабая
Лук, картофель	-	Слабая
Фасоль	Слабая	Слабая
Сорго сахарное и вечноное	Слабая	Слабая-сильная

К таким культурам относятся люцерна, различные травосмеси, озимые зерновые и другие культуры с мощной глубокой корневой системой.

При самом коротком цикле, состоящем из трех лет орошения и трех лет неорошаемого земледелия, биологический дренаж работает все шесть лет [23]. По данным В. И. Бобченко, озимая пшеница забирает из второго метрового слоя более  $1000 \text{ м}^3/\text{га}$ , из третьего – порядка  $600 \text{ м}^3/\text{га}$ , люцерна в состоянии забирать влагу с глубины 5 м) [24].

Сходными свойствами обладают также высокостебельчатые сорта озимых, подсолнечник, донник, которые наряду с достаточно хорошими урожаями благодаря глубокому проникновению корневой системы способны дополнительно дренировать почвогрунты, эффективно использовать воду из глубоких слоев почвы [25]. Это подтверждают результаты исследований специалистов ВНИИГиМа, которые сочетали в севооборотах неорошаемые и поливные условия выращивания с учетом возможностей сельскохозяйственных культур. При этом повышалась суммарная эффективность использования воды, удобрений, улучшались почвенно-мелиоративные условия и т. д. [26].

Экологическую надежность циклического орошения можно существенно повысить дополнительным биологическим дренажом – полезащитными и другими лесопосадками. Совместное воздействие на грунтовые воды лесных полезащитных полос и посевов люцерны может обеспечить дренажный модуль на земельном массиве порядка  $0,05\text{-}0,1 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{га})$ .

В неорошаемую фазу рекомендуется проводить мелиоративные обработки почвы с углублением пахотного слоя: чизелевания, кротования, глубокого рыхления (см. раздел 4.1.2). Мелиоративные обработки применяются для разуплотнения почв, вызванных механическим воздействием тяжелой сельскохозяйственной техникой, и для устранения процессов переувлажнения и заболачивания.

#### 4.2.2 Приемы оптимизации гумусного состояния и питательного режима почв

Основным показателем плодородия почв является гумус, его запасы и качественный состав. Сработка запасов гумуса сопровождается ухудшением практически всех свойств почв – разрушением структуры, уплотнением и снижением водопроницаемости, снижением величины ППК, уменьшением содержания доступных элементов питания и биологической активности и, как следствие, потерей почвой ее роли как геохимического барьера.

Основными направлениями в решении проблемы обеспечения почв гумусом являются:

- сохранение существующих запасов гумуса;
- увеличение обеспеченности почв гумусом за счет внесения органических веществ;
- создание благоприятных условий для накопления и закрепления органических веществ в почве.

Так как гумусное состояние находится в прямой зависимости от свойств почв, поэтому первоочередными мероприятиями по его оптимизации являются те, которые способствуют снижению или исключению деградационных процессов, таких как:

- переувлажнение и заболачивание;
- осолонцевание и ощелачивание;
- уплотнение и слитизация;
- вторичное засоление и т. д.

Затем должны проводиться приемы по накоплению общего содержания гумуса и улучшению его состава. Основную часть дефицита гумуса следует компенсировать в фазу орошения при осуществлении химической мелиорации, которую по последним разработкам РосНИИПМ рекомендуется проводить удобрительно-мелиорирующими компостами или сочетая кальцийсодержащие вещества (гипс, фосфогипс) и органику [27]. Осталь-

ные запасы гумуса должны быть восполнены в неорошаемую фазу. Именно в неорошаемых условиях, когда влажность и воздух в почвах более оптимизированы, возобновляются аэробные процессы, активизирующие микробиологическую деятельность. В эту фазу нормализуется процесс гумификации тех пожнивно-корневых остатков, которые в большей своей массе формируются в фазу орошения, меняется состав гумуса в сторону образования гуматов. Вновь образованные гуматы кальция обеспечивают создание водопрочной структуры.

При выборе агроулучшающих приемов по накоплению гумуса необходимо придерживаться следующих положений:

- баланс гумуса в пахотных почвах зависит от баланса органически связанного азота. Внесение минерального азота снижает потери гумуса почвой. Кроме этого, азот минеральных удобрений участвует в процессах гумификации свежего органического вещества (растительных остатков, навоза и др.) и тем самым увеличивает количество новообразованного гумуса, и часть азота минеральных удобрений закрепляется в почве в органической форме;

- для поддержания бездефицитного баланса органического вещества в пахотном слое почв необходимо вносить органические удобрения в сочетании с оптимальными нормами минеральных туков, рассчитанных на запланированный урожай с учетом запасов питательных элементов в почве и внесения их с органикой;

- при разработке системы удобрений следует иметь в виду, что нормы органических удобрений существенно изменяются в зависимости от типа севооборота, структуры посевов, уровня урожайности и должны уточняться с учетом местных условий. Научными учреждениями разработаны нормы внесения органических удобрений для орошаемых почв юга России [28]: на выщелоченные черноземы – 7-12 т/га в год; на обыкновенные – 6-8 т/га в год; на каштановые почвы – 4-5 т/га;

- эффективность 1 т сидератов за ротацию севооборота эквивалентна



1 т подстилочного навоза, так, например, 150-200 ц зеленой массы пожнивной бобовой культуры, запаханные поздней осенью по своему удобрительному действию равноценны внесению 20 т навоза на 1 га [29];

- многолетние травы накапливают 1,0-1,5 т/га органического вещества в год, а при высоких урожаях – до 6-10 т/га;

- с каждой 1 тонной измельченной соломы, стержней и корней вносится до 800 кг органического вещества, 15 кг азота, 8 кг калия, микроэлементы соломы стимулируют биологическую активность почв. Развивающийся при ее внесении комплекс сапрофитной микрофлоры подавляет болезнетворные микроорганизмы, способствует мобилизации питательных веществ из почвы, фиксации атмосферного азота. Солому хорошо вносить с жидким навозом, фосфатами, терриконовой породой. В солоmistый навоз следует добавлять азотные удобрения – на 1 т до 15 кг азота;

- органические удобрения (навоз КРС, птичий помет, измельченную солому) целесообразно сочетать с кальцийсодержащими мелиорантами. Мелиоранты способствуют лучшему использованию удобрений, повышают коэффициент гумификации, снижают подвижность гуматов, увеличивая последствие удобрений;

- в связи с недостатком органики следует развивать компостирование.

Исходными материалами служат осадки сточных вод, промышленных и бытовых отходов + популяция бактерий и других микроорганизмов, а также наличие кислорода и влажности. При внесении компостов в почву поступает на гектар в среднем 50-60 кг азота, 15-20 кг фосфора, 16-20 кг калия, 50-70 кг кальция, 12-15 кг серы, а также зольные вещества и микроэлементы. По сравнению с навозом при внесении в равных дозах компоста и навоза в почву поступает в 1-2 раза больше азота, в 12-20 раз фосфора, а калия, кальция и серы в несколько десятков раз. В компостах наблюдается большее содержание бора, йода, меди, марганца, кобальта.

Прямое воздействие на консервативную часть гумуса с целью увеличения содержания и запасов гуматов и гумина, изменения группового со-

става гумуса более сложно. Для этого необходимо изменить или общие условия гумификации или использовать хорошо гумифицированные органические удобрения: гуминовые препараты, углегуматы, органоминеральные компосты [30-35].

Оптимизация питательного режима при циклическом орошении осуществляется минеральными и органическими удобрениями.

Основные виды минеральных удобрений (МУ) представлены фосфорными, азотными, калийными (таблица 8) [35, 37, 41-44, 47].

**Таблица 8 – Виды минеральных удобрений**

Виды удобрения	Содержание
1	2
<b>Фосфорные удобрения</b>	<b>Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (в %)</b>
Фосфоритная мука	18-26
Суперфосфат порошкообразный	14-18,7
Суперфосфат гранулированный	19,5-21
Суперфосфат аммонизированный из фосфоритов Каратау	13-13,5 + 1,5 % N
Суперфосфат аммонизированный из апатитового концентрата	19-19,5 + 1,5 % N
Двойной суперфосфат	44-48
Обогащенный суперфосфат	22-24
Преципитат	32-40
Томасшлак	14-18
Фосфаты обесфторенные из апатита	36-39
Полусуперфосфат (смесь суперфосфата и фосфоритной муки)	20
Фосфорная кислота	24-72,5
<b>Калийные удобрения</b>	<b>Содержание K<sub>2</sub>O (в %)</b>
Хлористый калий	60-62
Каинит	10-16
Сильвинит	не менее 14
Карналлит	12-13
Смешанные соли	30-40
Сернокислый калий	48-52
Кали-магнезия	36-42
Цементная калийная пыль	10-15
<b>Азотные удобрения</b>	<b>Содержание N (в %)</b>
Аммиак безводный	82
Аммиачная вода	20-21
Аммиачная селитра	35
Мочевина	45-46
Сульфат аммония	20-21
Хлористый аммоний	24-26
Кальциевая селитра	14-15,5
Натриевая селитра	15-16

Продолжение таблицы 8

1	2
Цианамид кальция	18-26
Комплексные удобрения (сложные и смешанные)	Содержание питательных веществ, (в %)
Аммофос	47-51, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 10-12 NH <sub>3</sub>
Диаммофос	50-54, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 18-21 NH <sub>3</sub>
Нитрат калия	14,8 N + 46,6 K <sub>2</sub> O
Нитрофос	16 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 23 N
Нитрофоска	12 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 12 N + 12 K <sub>2</sub> O
Нитрофоска	16 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 16 N + 16 K <sub>2</sub> O
Карбоаммофоска	17 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 17 N + 17 K <sub>2</sub> O
Суперфосфат, содержащий микроэлементы (В, Си, Мо и др.)	
Удобрение АВА, содержит микроэлементные добавки (В, Fe, Mn и др.)	48-55 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 14-25 K <sub>2</sub> O

Для оптимизации минерального питания сельхозкультур необходимо сбалансированное внесение не только макроэлементов, но и микроэлементов (таблица 9). Существенным недостатком минеральных удобрений является наличие в них сопутствующих балластных элементов и токсичных веществ.

**Таблица 9 – Виды микроудобрений**

Микроудобрения	Содержание металла, %
Сульфат меди	24,9
Пиритные огарки	0,2-0,4
Сульфат марганца	24,9
Сульфат цинка	27,7
Марганцевые шламы	14-17
Молибденовокислый аммоний	50
Борная кислота	16
Молибдат аммония-натрия	35
Бормагниевое	9
Борнодатолитовое	13-14
Окись цинка	65

Для выбора фаз циклического орошения, а также оценки потенциального выноса веществ в водные объекты важную роль играет растворимость минеральных удобрений в воде. Наиболее растворимыми являются азотные удобрения, такие как аммиачная селитра, мочевина, сульфат аммония и т. д. Фосфорные и калийные менее растворимы [36-45].

На данный момент особое внимание уделяется смешанным удобрениям, выполняющим не только удобрительные функции, но и стимулирующим рост растений, процессы формирования качества урожая, в частности, накопления белка, усиливающих процессы реутилизации элементов питания из вегетативных органов.

Широкое распространение в последние годы получило новое комплексное безбалластное удобрение – КРИСТАЛОН [46]. КРИСТАЛОН представляет собой мелкокристаллическую гигроскопическую слабослеживающуюся массу светло-зеленого цвета. Содержит 18 % азота (из них 4,9 % в нитратной, 3,3 – в аммиачной и 9,8 в амидной формах); по 18 % фосфора и калия, 3 % магния, 0,025 % цинка.

Все элементы питания содержатся в водорастворимой форме. Микроэлементы находятся в форме хелатного комплекса с ЭДТА. Это легкорастворимые в воде и доступные растениям соединения, которые практически не закрепляются почвой, как простые соли, и не разрушают органические структуры действующего вещества пестицидов, что делает возможным совмещение обработок. В отличие от гуматов, содержание питательных веществ в которых непостоянно, КРИСТАЛОН строго соответствует сертификату анализа.

Традиционно во всем мире КРИСТАЛОНЫ используют для организации полного минерального питания культур закрытого грунта (гидропоника) и в системах капельного орошения, но в России КРИСТАЛОНЫ отменно зарекомендовали себя в качестве листовой подкормки для полевых культур.

НИТРАБОР представляет собой смесь кальциевой селитры с кристаллической борной кислотой. Содержит 15,5 % азота, 26 % кальция, 0,2 % бора, рекомендуемая доза внесения под большинство полевых культур – 20-50 кг/га. Производитель КРИСТАЛОНОВ и НИТРАБОРА – компания «Hydro Agri Rotterdam B.V.», Голландия.

МАСТЕР 18.18.18+3 и МАСТЕР 3.11.38+4 представляют собой кристаллический продукт белого цвета. По химическому составу они абсолютно идентичны соответственно КРИСТАЛОНУ ОСОБОМУ и КРИСТАЛОНУ КОРИЧНЕВОМУ.

Удобрение АВА – это комплексное бесхлорное, стимулирующее рост почвенных микроорганизмов удобрение, представляющее собой высокотемпературный закаленный расплав солей метафосфорной кислоты. Состав сбалансирован по всем основным элементам питания растений (таблицы 10, 11). Удобрение негигроскопично, имеет острую температурную зависимость растворения. Рабочая температура растворения удобрения в почве выше плюс 8 °С [47].

**Таблица 10 – Состав удобрения включает широкий спектр макроэлементов, необходимых для питания растений**

Состав	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S
Массовая доля, %	48-55	14-25	8-12	5-8	0,5-1,0

**Таблица 11 – Микроэлементные добавки**

Состав	B	Fe	Mn	Co	Mo	Zn	Cu	Se	SiO <sub>2</sub> (раств.)
Массовая доля, %	0,5-0,1	0,5	0,1	0,1	0,01	0,05	0,02	0,0005	до 2,0

Растворение стеклообразных гранул удобрения происходит постепенно, в течение 2-3-х лет, в отличие от традиционных удобрений, которые сразу растворяются и вымываются из почвы. Интенсивность растворения гранул АВА зависит от температуры среды, что соответствует изменению потребности растений в питательных элементах при различных температурных условиях. При сезонном снижении температуры и темпов развития биомассы скорость растворения стеклообразных фосфатных гранул также резко замедляется.

МИКРОМАК и МИКРОЭЛ – комплексные минеральные удобрения с микроэлементами. Комплекс этих удобрений имеет цель повысить эффективность работы фосфорных и калийных удобрений и снизить традиционное внесение азотных удобрений за счет повышения эффективности их использования, а также активизации процесса азотфиксации. Испытания показали возможность снижения дозы внесения азотных удобрений

на 30-50 % без снижения урожайности зерновых культур. Производится данный препарат ООО «Волски Биохим», г. Нижний Новгород.

БОРОПЛЮС представляет собой продукт ферментативного разложения растительного субстрата. Характеризуется высоким содержанием аминокислот и прогормональных соединений, в результате чего выполняет функцию стимулятора роста растений. По данным производителя, МЕГАФОЛ может играть роль стрессопротектанта, стимулирует обмен веществ и усвоение растениями элементов питания из удобрений и почвы. Удобрения серии МАСТЕР, БОРОПЛЮС и препарат МЕГАФОЛ производятся компанией Valagro (Италия).

Видимо, быстрорастворимые МУ лучше использовать в неорошаемую фазу, а постепенно растворимые в течение 2-3 лет – в орошаемую фазу.

В севообороте эффективность удобрений значительно возрастает по сравнению с бессменным возделыванием культур или монокультурой за счет более полного использования питательных веществ разными культурами.

Большое влияние на нормы удобрений под культуры оказывают предшественники, которые оставляют в почве неодинаковые количества пожнивно-корневых остатков, по-разному удобряются, оказывают различное влияние на водный и питательный режимы почвы, засоренность полей и т. д.

При разработке системы удобрений в севообороте нужно, прежде всего, изучить урожайность сельскохозяйственных культур по полям севооборота за последние 3-5 лет и запланировать их урожайность на предстоящие годы в соответствии с местными почвенно-климатическими и организационно-хозяйственными условиями, а при циклическом орошении уточнить соотношение орошаемых и неорошаемых фаз.

Во-вторых, необходимо установить факторы, находящиеся в минимуме, ограничивающие рост урожайности сельскохозяйственных культур

и эффективность удобрений, обеспеченность каждого поля доступными формами питательных веществ.

Главным фактором, определяющим уровень урожаев и их устойчивость в зоне с недостаточным и неустойчивым увлажнением, является влага. Поэтому основой эффективного ведения земледелия без орошения (неорошаемой фазы) в данных условиях служат агротехнические мероприятия, направленные на накопление влаги в почве и наиболее экономное, эффективное ее использование выращиваемыми растениями. Система удобрений без орошения должна способствовать ослаблению зависимости урожая от погодных условий. Как показывает практика, этому может содействовать применение в севооборотах умеренных количеств органических и минеральных удобрений.

Так как основой земледелия зоны неустойчивого увлажнения являются зерновые культуры, то система удобрения состоит в использовании ресурсов навоза с внесением его в одном-двух полях севооборота по 10-15 т на 1 га при средней обеспеченности навозом 1-2 тонны на 1 га пашни и в применении небольших количеств минеральных удобрений [48]. Фосфорные удобрения вносят в малых дозах в рядки при посеве зерновых, азотные – под озимую пшеницу в подкормку, а под яровую пшеницу – до посева в дозах 20-30 кг N на 1 га. Такие минимальные дозы удобрения при выполнении агротехнических приемов сухого земледелия обеспечивают получение возможных урожаев с поддержанием плодородия почв на современном его уровне.

Система удобрений в севооборотах на участках с циклическим орошением должна быть только органо-минеральной. Это позволит сохранить стабильность показателей, характеризующих потенциальное плодородие почвы, и обеспечить устойчивые высокие урожаи возделываемых культур.

Основным органическим удобрением в неорошаемую фазу, когда не проявляется щелочность, является навоз, птичий помет, измельченная солома, сидераты. Если требуется органика в орошаемую фазу, следует

использовать удобрительно-мелиорирующие компосты и смеси, которые одновременно устраняют щелочность и солонцеватость, обогащают почву органическим веществом и создают условия для процессов гумификации и нитрификации [27, 49].

Система удобрений в севообороте не является постоянной. Под влиянием их систематического использования изменяются агрохимические параметры почвы, в соответствии с этим должны корректироваться дозы и соотношения вносимых туков.

Выявлено, что при систематическом внесении полного минерального удобрения, повышенных доз фосфорных удобрений, а также навоза происходит заметное увеличение содержания валового и, особенно подвижного фосфора. Необходимость фосфорных удобрений, в данном случае, снижается. Так, при содержании в почве  $P_2O_5$  4-10 мг/кг почвы нормой фосфорных удобрений под озимую пшеницу оказалась  $P_{120-150}$ , при содержании 25-30 мг/кг почвы она, соответственно, уменьшилась до 50-90, а при высоком содержании – 40 мг/кг почвы и выше, внесение фосфора ограничивалось предпосевным.

В отличие от фосфора, азот не накапливается в почве на орошении в значительных количествах, последствие его выражено менее четко. Положительное действие калия во времени на поливных землях, как правило, возрастает. Особенно это проявляется при насыщении севооборотов многолетними травами.

Расчитанную дозу удобрений следует корректировать в зависимости от запасов питательных веществ на участках, от предшественников и от вида удобрений на предшествующую культуру.

Для получения планируемых урожаев озимой пшеницы и кукурузы на орошаемых черноземах должен поддерживаться бездефицитный баланс азота. Для этого, в севообороте, озимая пшеница должна размещаться по плану или обороту пласта люцерны. Под кукурузу необходимо вносить органические удобрения в сочетании с минеральными, применять сидераты,



осуществлять культуртехнические работы, направленные на активизацию микробиологических процессов в почве.

Фосфорные удобрения нужно рассчитывать таким образом, чтобы полностью компенсировать количество фосфора, выносимого из почвы с урожаем, а на бедных по этому элементу почвах предусмотреть его постепенное накопление. На фосфорное питание значительное влияние оказывает правильное сочетание доз азота и фосфора, которое создает нормальные условия для формирования планируемого урожая.

Чтобы избежать передозировки, минеральные удобрения лучше вносить в дозах, рассчитанных на планируемый урожай с учетом содержания питательных веществ в почвах. Эти дозы не должны превышать рекомендуемые (таблица 12).

**Таблица 12 – Примерные нормы внесения минеральных удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур на орошаемых черноземах**

Сельскохозяйственные культуры	Нормы удобрений
Озимая пшеница по пропашным	N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>
Озимая пшеница по пласту	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>
Кукуруза на зерно по обороту пласта	N <sub>120-140</sub> P <sub>120-130</sub> K <sub>60</sub>
Ячмень на корм (покровная люцерна)	N <sub>70</sub> P <sub>120-180</sub> K <sub>60-90</sub>
Люцерна	N <sub>80-90</sub> P <sub>120-160</sub> K <sub>60-90</sub>
Кукуруза на смеси и силос	N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>
Кормовая свекла	N <sub>90-120</sub> P <sub>90-120</sub> K <sub>60-120</sub>
Соя	N <sub>60</sub> P <sub>60-90</sub> K <sub>60</sub>
Промежуточные	N <sub>90-120</sub> P <sub>60-90</sub> K <sub>40-60</sub>

### **5 Подбор культур для севооборотов, осваиваемых в условиях циклического орошения**

Циклическое орошение предусматривает, что в специальном севообороте в течение определенного числа лет возделываются влаголюбивые культуры (в фазу орошения), а остальное время отведено под возделывание засухоустойчивых культур (в неорошаемую фазу).

При этом основной целью орошаемой фазы является получение максимальных урожаев высокорентабельных влаголюбивых культур, а неорошаемая фаза предназначена для восстановления нарушенного регуляр-

ным орошением равновесия почвенных процессов, то есть восстановления почвенного плодородия.

При подборе культур для циклического орошения необходимо учитывать, что каждая культура выполняет свою роль предшественника (определяя запасы гумуса, азота и других элементов плодородия), а также противозерозионную и санитарно-защитную роль. То есть при правильном чередовании каждая предшествующая культура должна обеспечить наилучшие условия для развития последующей независимо от текущей фазы, а особенно при переходе из одной фазы в другую.

Именно поэтому при циклическом орошении на первый план выходит учет требований к произрастанию, а также использование возможностей и способностей сельскохозяйственных культур нормально развиваться в тех или иных почвенно-мелиоративных условиях.

Основные требования влаголюбивых и засухоустойчивых культур к условиям произрастания представлены в таблицах 13 и 14 [26, 27, 28, 50, 51].

При входе в фазу орошения, предпочтение отдается высокоокупаемым культурам – овощным и кормовым, в неорошаемую фазу возделываются засухоустойчивые высокопродуктивные культуры – озимая пшеница, подсолнечник и другие.

После ряда лет регулярного орошения начинают активизироваться негативные почвенные процессы, поэтому требуется перевод земель в неорошаемый режим земледелия, основная цель которого – восстановление почвенного плодородия. Ведущая роль в этой фазе принадлежит культурам – фитомелиорантам (многолетние травы, соле- и солонцеустойчивые культуры, дренирующие культуры) (таблица 15) [50, 51].

Многолетние травы, бобовые и злаковые, оставляют после себя в почве большое количество корней и пожнивных остатков, которые, разлагаясь при доступе воздуха, образуют перегной, который увеличивает растворимость почвенных минералов и распадается до простых солей. Происходит процесс минерализации органического вещества.

**Таблица 13 – Требования к условиям произрастания и участие в образовании гумуса влаголюбивых культур**

Культура	Лучшие предшественники	Для каких культур лучший предшественник	УГВ, см	Корневая система, глубина проникновения	Требования к органике	Солеустойчивость, рН	Сроки		Продолжительность вегетации, дни	Количество пожнивных остатков, ц/га		Средняя урожайность, ц/га		Минерализация гумуса, т/га		Образование гумуса, т/га		Накопление гумуса, т/га	
							Солонцеустойчивость	посева		уборки	богара	орошение	богара	орошение	богара	орошение	богара	орошение	расчетное
						богара													орошение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Кукуруза на зерно	Озимая пшеница, овощи, кормовые смеси (бобовые, сахарная свекла)	Подсолнечник	100-120	Мощная, мочковатая, многоярусная, силёноразветвленная.	Требовательна	Среднеустойчив к засолению. Неустойчив к солонцеватости. рН = 6,0-7,0	Конец апреля – начало мая	Первая декада сентября	90-150	7	13,5	38	73	0,07	0,15	0,14	0,27	+0,07	+0,12
Горох	Озимые зерновые, кормовые, пропашные и овощные культуры, масличные	Зерновые, овощные и кормовые	70-80	Стержневая	Очень требователен	Среднеустойчив к засолению. Неустойчив к солонцеватости. рН = 6,0-7,0	При наступлении физической спелости почвы	Начало июля	Скороспелые 60-65	18,2	37	14	37	0,01	0,037	0,36	0,74	+0,35	+0,7
									Позднеспелые 100-120	15,6	39,6	12	44	0,01	0,044	0,31	0,79	+0,3	+0,75



Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Гречиха	Соя																		
Озимый рапс, ячмень, рожь, ранние сорта картофеля, озимые, кукуруза на силос, сахарная свекла, зернобобовые	Озимая пшеница, кукуруза, люцерна, овощные культуры, кормовая и сахарная свекла, картофель	Кукуруза на зерно, сборное поле овощей, кормовые и технические культуры	-	0,4-0,6 м	Малотребовательна	Среднеустойчива к засолению. Неустойчива к солонцеватости.	При t почвы 8-10 °С	Уборка в фазу образования бобов до осыпания листьев. Влажность зерна – 15 %.	128-150	12,6	30	6-12	25	0,01	0,03	0,25	0,6	+ 0,2	+ 0,6
Озимый рапс, ячмень, рожь, ранние сорта картофеля, озимые, кукуруза на силос, сахарная свекла, зернобобовые				До 1 м	Безразлична, богатство гумусом снижает качество продукции		При t почвы 12-15°С, когда минует опасность заморозков, в рисовых посевах 20.06-25.06, в пожнивных – 1.07-10.07	Раздельный способ уборки при побурении 67-75 % плодов	60-90	32	52	20	40	0,02	0,04	0,64	1,04	+ 0,6	+ 1,0

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Рис	Зерновые бобовые (горох, соя), пшеница, кукуруза, сорго, люцерна, клевер	-	-	Мочковатая, поверхностная. Глубина до 25 см	Умеренно требователен	Устойчив к засолению. Среднеустойчив к солонцеватости. рН = 6,0-8,7	В первой декаде мая, при прогревании верхнего слоя воды до 12-15 °С	-	85-140	44,1	79,2	49	88	0,05	0,09	0,88	1,58	+0,8	+1,49
Рапс озимый	Многолетние травы, силосные культуры, зерновые колосовые	-	-	Стержневая, хорошо развитая	-	Устойчив к засолению	Сеют на 2-3 недели раньше озимых культур	-	290-320	Зерно									
										23,2	29,3	14,5	21	0,01	0,02	0,29	0,59	+0,3	+0,5
										Зеленая масса									
										30,8	48	205	400	0,21	0,4	0,62	0,96	+0,4	+0,5
Овес	Пропашные или зерновые бобовые (особенно горох)	Озимая пшеница	80	До 1,2 м	Умеренно требователен	Среднеустойчив к засолению. Среднеустойчив к солонцеватости	Ранний посев	Раздельный способ (полная спелость верхней части метелки)	100-120	60,5	110	55	100	0,06	0,01	1,21	2,2	+1,2	+2,1

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Огурец	Белокочанная и цветная капуста	Лук, морковь, капуста, томаты	-	-	Очень требователен	Среднеустойчив к засолению. Среднеустойчив к солонцеватости. рН = 6,4-7,0.	III декада мая и I декада июня	С 10-20 июля через 2-3 дня, в период массового плодоношения – через 1-2 дня	55-60	-	30	-	250	-	0,5	-	0,03	-	- 0,4
Морковь	Лук батун и репчатый, капуста, томат, огурец, ранний, картофель, горох	Томат	-	Стрежневая, до 1 м	Очень требовательна	Среднеустойчива к солонцеватости. рН = 6,5-8,0	-	-	100-120	-	44	-	400	-	0,8	-	0,44	-	- 0,3
Лук	Ранняя белокочанная и цветная капуста, огурец, томат, зерновые	Морковь, капуста	-	Слаборазвита, мочковатая	Требователен	Среднеустойчив к засолению. Среднеустойчив к солонцеватости рН = 5,5	-	В начале августа	130-145	-	26	-	200	-	0,4	-	0,26	-	- 0,1

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Капуста	Клевер, картофель, огурец, сельдерей, бобовые, овощи, горох, лук	Овощи, сильно зарастающие сорняками (корнеплоды)	-	Развита слабо. Глубина до 0,6-0,7 м	Требовательна	Среднеустойчива к засолению. рН = 6,5-7,4	Май-июнь	Август-сентябрь	130-150	-	44	-	400	-	0,8	-	0,44	-	-0,4
Томат	Капуста, лук, морковь, зернобобовые, тыквенные, (огурец, кабачок, патиссон, тыква), люцерна	Огурец, лук	-	-	Очень требовательна	Среднеустойчив к засолению. Среднеустойчив к солонцеватости. рН = 5,5-7,0	I декада мая	-	111-120	-	26	-	200	-	0,4	-	0,26	-	-0,1



**Таблица 14 – Требования к условиям произрастания и участие в образовании гумуса засухоустойчивых культур**

Культура	Лучшие предшественники	Для каких культур лучший предшественник	УГВ, см	Корневая система, глубина проникновения	Требования к органике	Солеустойчивость, рН	Сроки		Продолжительность вегетации, дни	Количество пожнивных остатков на 1 га, ц/га		Урожайность, ц/га		Минерализация гумуса, т/га		Образование гумуса, т/га		Накопление гумуса, т/га	
							Солонцеустойчивость	посева		уборки	богара	орошение	богара	орошение	богара	орошение	богара	орошение	богара
						Расчетное										богара	орошение	богара	орошение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Люцерна на сено	Картофель, кукуруза, бахчевые, озимая пшеница по пару	-	70	При беспокровном посеве – 100-150 см, на легких почвах – 200-250 см	Малотребовательна	Средняя солеустойчивость. Средняя солонцеустойчивость. рН = 7,0-8,3	Ранние сроки после посева озимых хлебов	-	При $t = 22-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 42 дн. – первая половина лета, 3 и 4 укосы – около 55 дн. – вторая половина лета	1 год жизни									
										79,2	66	100-120	-	0,05	0,08	1,58	1,98	+ 1,5	+ 1,9
										2 и 3 год жизни									
										52,5	25-50	90-100	-	0,04	0,07	1,05	1,71	1,46	1,64

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Озимая пшеница	В зоне недостаточного увлажнения – черные пары; острозасушливые районы – кулисные пары; степная зона-кукуруза на силос, зернобобовые культуры, однолетние травы	Пропашные, овощные, зернобобовые, яровые зерновые культуры	90-110	До 1,5 м	Требовательна	Среднеустойчивая к засолению. Среднеустойчивая к солонцеватости. рН = 6,5-8,5	1-20.09	-	240-320 дн.	26,3	56,7	5-30	50	0,018	0,052	0,53	1,13	+ 0,5	+ 1,1
Подсолнечник	Озимая пшеница, кукуруза на зерно, озимые на корм, ранние и поздние овощные, соя, горох, фасоль	Кукуруза, злако-бобовые и др. смеси на корм, овес, ячмень, яровая пшеница	-	Более 3 м	Требователен	Среднеустойчив к засолению. рН = 6,0-6,8	Когда <i>t</i> почвы на глубине заделки семян 8-10 °С	Ранние сорта – конец августа – начало сентября, среднепоздние – сентябрь – начало октября	Раннеспелые-80-90 дней, среднераннеспелые-90-110 дней, среднеспелые – 100-120 дней и более	16,9	36	13	30	0,01	0,03	0,34	0,7	+ 0,3	+ 0,7

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Кормовая морковь	Озимые зерновые, бобовые, картофель, овощи, пропашные	-	-	-	Требовательна	Средне-устойчива. рН = 6,5-8,0	-	-	1 год жизни – 110-120; 2 год жизни – 110-130	23	30	178	250	0,36	0,5	0,23	0,3	- 0,1	- 0,2
Озимый ячмень	Кукуруза, подсолнечник, зерновые бобовые культуры, озимая пшеница	-	90-110	-	Требователен	Устойчив к засолению. Устойчив к солонцеватости. рН = 6,1-7,2	1.09-20.09	Раньше озимых ржи и пшеницы	50-100	29,9	40	21,4	40	0,02	0,04	0,6	0,8	+ 0,6	+ 0,8
Просо	Кукуруза	-	80	Мочковатая, 0-40 см	Умеренно требовательно	рН = 7,0-8,5	1.05-10.05	-	В среднем 80 дней (55-115 дней)	35,8	56,7	27,5	40,5	0,03	0,04	0,5	0,8	+ 0,7	+ 0,8
Овес	Пропашные или зерновые бобовые (особенно горох)	-	80	До 120 см	Умеренно требователен	Средне-устойчив к засолению. Средне-устойчив к солонцеватости. рН = 5,0-7,5	Как можно раньше	-	100-120 дней	60,5	110	55	100	0,06	0,01	1,21	2,2	+ 1,2	+ 2,1

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Горчица	Озимые зерновые, бобовые и пропашные культуры, яровые зерновые	-	-	2-3 м	-	-	Одно-времен-но с ранни-ми зер-новыми культу-рами	В фазе воско-вой спело-сти	90-110 дн.	Семена									
										20,2	39	13,5	30	0,014	0,03	0,41	0,78	+ 0,4	+ 0,8
										Зеленая масса									
										33,7	49,5	225	450	1,16	0,32	0,68	0,99	- 0,5	+ 0,7
Рожь озимая	Горох, картофель, вико-овсяная смесь	Кукуруза, картофель, сахарная свекла, кормовые корне-плоды	80-120	Мощ-ная корне-вая сис-тема	Малотребовательна	Среднеустойчива к засолению. Среднеустойчива к солонцевато-сти. рН = 5,5-7,2	25.09 – 25.10	-	270	12,5	38,4	14,1	32	0,014	0,03	0,25	0,77	+ 0,2	0,74
Са-харная свекла	Удобрен-ные озимые зернобобо-вые, куку-руза	-	100-110	2,5 м	Требовательна	Устойчива к засолению. Устойчива к солонцевато-сти. рН = 6,5-7,5	Когда t почвы на глубине 5-7 см достигнет 6-8 °С	Конец авгу-ста – начало сен-тября	-	28,8	46,2	24	42	0,48	0,84	0,29	0,5	- 0,2	- 0,38

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Яровая пшеница	Озимые пропашные культуры, кукуруза, подсолнечник, картофель, зерновые бобовые	-	90-110	Основная часть корней на глубине 20 см, 70-80 % массы корней – до 60 см	Требовательна	pH = 6,0-7,5	Самые ранние сроки посева	-	75-115 дней	36,3	49,5	33	55	0,03	0,06	0,73	0,99	+ 0,7	+ 0,9
Яровой ячмень	Пропашные кормовые, зернобобовые, овощные, озимая пшеница, кукуруза, картофель, сахарная свекла, промежуточные культуры весеннего и летнего посевов	Овес, кукуруза и др. яровые культуры	90-110	Мочковатая слабообразованная корневая система	Требователен	pH = 6,8-7,5	Конец марта – начало апреля	1-2 декада июня	60-110 дней	20,9	63	16,1	70	0,02	0,07	0,42	1,26	+ 0,4	+ 1,2
Сорго	Зерновые, бобовые, озимые культуры	-	-	2,5	Малотребовательно	Среднеустойчиво к засолению. Среднеустойчиво к солонцеватости. pH = 6,0-7,0	При <i>t</i> почвы, 12-15 °С на глубине залегания семян	-	-	Зеленая масса									
										37,5	99	250	900	0,25	0,9	0,75	1,98	+ 0,5	+ 1,1
										Зерно									
										24	41,3	15	37,5	0,02	0,04	0,48	0,83	+ 0,5	+ 0,8

**Таблица 15 – Культуры-освоители (фитомелиоранты)**

Культуры	Солеустойчивость			Солонцеустойчивость			Особенности корневой системы	Мелиоративная роль
	слабая	средняя	сильная	слабая	средняя	сильная		
Донник (бобовые)			+			+	1,5-2 и до 5 м	Биологический дренаж, рассоление, рассолонцевание. При возделывании на сидераты – тах кол-во растительных остатков – 8,7 т/га
Люцерна (бобовые)		+			+		Мощная стержневая до 3 м	Биологический дренаж, азотфиксация в почве, рассоление почв
Эспарцет на сидераты (бобовые)	+				+		3,6 м	При возделывании на сидераты – кол-во растительных остатков – до 8,2 т/га, обогащает азотом
Вика озимая (бобовые)	+							Поставщик биологического азота
Рапс (масличная)			+	+				Санитарная роль
Райграс (многолетний злак)	+						Мощная мочковатая корневая система	Оструктурирование почвы
Клевер (бобовые)							1,5-2 м в глубину, 60-70 см в сторону	Усиливает жизнедеятельность микроорганизмов, улучшает структуру почв, обогащает питательными веществами

Растения с глубокой и мощной корневой системой, такие как люцерна и другие, кроме большой массы корневых остатков, оказывают на плодородие почвы многостороннее влияние. Оно состоит в том, что их сильные стержневые корни пронизывают плотные подпахотные слои, проделывая в них большие ходы. Отмирая, такие корни оставляют трубы, наполненные рыхлым органическим веществом. Корни дренируют почву на большую глубину, и это очень помогает росту последующих культур.

Корни этих культур производят еще одну важную работу. Они

из глубоких слоев почвы подают не только воду, но и значительное количество минеральных солей. В глубоких подпахотных слоях накапливается много углекислого газа, который, растворяясь, образует угольную кислоту  $H_2CO_3$ , в свою очередь, растворяющую минералы. При этом в раствор переходят фосфор, калий, кальций и другие элементы. Корни этих растений поднимают растворенные соли, а после отмирания значительная часть их откладывается в пахотном слое почвы.

Из группы глубококорневых культур завоевал авторитет донник. Кроме кормового достоинства, донник показал себя хорошей мелиорирующей культурой. На солонцовых почвах он дает приличный урожай сена, а самое главное способствует их улучшению.

Мощная корневая система донника пронизывает слои почв, улучшает их водный и воздушный режим, что способствует расколению и расколцеванию этих слоев. Урожай последующих зерновых культур значительно повышается.

Основное значение в накоплении органического вещества почвы имеют пожнивные остатки сельскохозяйственных культур. Они служат источником энергии для жизнедеятельности микроорганизмов и элементов минерального питания для растений, а также исходным материалом для образования гумуса.

Следует отметить большую ценность растительных остатков бобовых культур, которые в процессе вегетации концентрируют рассеянный в почве азот в органические соединения, которые в дальнейшем хорошо разлагаются в почве. Пожнивные остатки и корни бобовых содержат 1,5-2 % азота, а небобовых – 0,5-0,8 %. Наибольшее количество органического вещества оставляют многолетние бобовые травы (люцерна, клевер) второго и третьего года жизни.

После бобовых, даже без симбиотической азотфиксации, содержание азота в корнях и растительных остатках увеличивается. Это связано как с биологическими особенностями бобовых, так и с тем, что вегетирующие растения изменяют энергетические условия для почвенных микроорганизмов. В результате происходит усиленная трансформация азота самой поч-

вы, поглощение и накопление его в разных частях растений.

В процессе жизнедеятельности бобовых растений через корневую систему в почву выделяются различные органические вещества, оказывающие влияние на питание многочисленной и разнообразной гетеротрофной микрофлоры. Вследствие этого, в ней и, особенно в ризосфере, увеличивается численность и изменяется качественный состав микроорганизмов.

Повышение биологической активности почвы при возделывании бобовых является одним из основных факторов повышения плодородия почвы, роста продуктивности последующих культур и улучшения качества урожая.

Наибольшее количество растительных остатков бывает после заделки трав (сидерация). Это богатый источник органического вещества, который обеспечивает плодородие почвы на несколько лет. Если использовать, к примеру, в качестве сидератов эспарцет или донник, накапливающих от 8,2 до 8,7 т/га растительных остатков, то их заделка эквивалентна внесению 30-40 т/га навоза. При этом затраты на выращивание и заделку в 2-3 раза ниже, чем при заделке навоза, особенно на дальних полях.

Использование озимых культур в сидеральном пару определяется получением всходов в оптимальные сроки летне-осеннего периода. Заслуживает особого внимания озимая вика как поставщик биологического азота. Ценность рапса определяется санитарной ролью в севообороте и интенсивным ростом в весенний период. Недостаток озимого рапса – его низкая зимостойкость. Из мятликовых культур представляет интерес райграсс, биологической особенностью которого является формирование мощной мочковатой корневой системы, обеспечивающей хорошую оструктуренность почвы.

Каждый гектар многолетних трав оставляет 4-5 т корневых и пожнивных остатков и около 150-160 кг связанного азота, 1 кг которого обходится в 8 раз дешевле, чем 1 кг азота промышленных туков.

Белая горчица, особенно при заделке ее для сидерации, уничтожает болезни сельскохозяйственных культур.

В качестве примера нами представлен специальный севооборот, который может быть введен при освоении земель в режиме циклического орошения (таблица 16).



**Таблица 16 – Специальный севооборот или чередование культур при циклическом орошении**

Культура	Требования к условиям произрастания	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Средняя урожайность		Количество пожнивных и корневых остатков, т/га	Минерализация гумуса		Образование гумуса		Накопление гумуса, т/га
			т/га	т к. е./га		К мин.	т/га	К гум.	т/га	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Неорошаемая фаза										
Подсолнечник	Оптимум влажности (ОВ) 60-70 % НВ. Корни располагаются до 3 м, солонцеустойчив. Накопитель влаги	0	1,4	2,0	1,69	0,01	0,014	0,2	0,34	0,33
Яровой ячмень на зерно	ОВ – 60-70 % НВ, малотребователен к почвенным условиям. Период вегетации ~85 дней.	0	2,0	2,3	2,6	0,01	0,020	0,2	0,52	0,50
+ белая горчица на сидераты	ОВ – 60-70 % НВ		8,0		2,0	0,01	0,08	0,2	0,40	0,32
Орошаемая фаза										
Картофель	ОВ – 70-80 % НВ, неустойчив к солонцеватости, требователен к органике	2200	30	9,0	3,85	0,02	0,6	0,1	0,39	– 0,21
Капуста	ОВ – 85-90 % НВ, умеренно требовательна к органике	3000	35	4,6	3,8	0,02	0,7	0,1	0,38	– 0,32
Неорошаемая фаза										
Сахарная свекла	ОВ – 60-70 % НВ. Корневая система до 2,5 м. Устойчива к солонцеватости	0	35	9,1	3,85	0,02	0,70	0,2	0,77	0,07

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Просо на зерно + горохо-подсолнечная смесь на корм	ОВ – 60-70 % НВ	0	2,8	3,3	3,36	0,01	0,028	0,2	0,67	0,64
			21	4,3	3,57	0,01	0,21	0,2	0,71	0,50
Орошаемая фаза										
Кукуруза на зерно	ОВ – 70-80 % НВ, требова- тельна к органике	3500	7,5	10,0	4,0	0,01	0,08	0,2	0,8	0,72
Соя на зерно	ОВ – 70-80 % НВ, малотре- бовательна к органике	4500	2,5	3,5	3,0	0,01	0,03	0,2	0,6	0,57
За весь цикл				48,0						+ 6,32

## 6 Режимы орошения при циклическом орошении

Фаза орошения при освоении земель в режиме циклического орошения предполагает создание максимально благоприятных условий для возделывания влаголюбивых культур. Поэтому режим орошения в этот период устанавливается таким, который требует культура, возделываемая в каждый год орошаемой фазы.

Экологический оптимум влажности почвы для нормального роста и развития неодинаков у разных групп растений (таблица 17) [52, 53]. Оптимальная влажность для зерновых и корнеплодов составляет 55-70 %, капусты и картофеля – 65–75 % и для трав – 65-80 % от ПВ (НВ).

**Таблица 17 – Оптимум влажности почвы для различных культур**

Содержание воды в почве, % от полевой влагоемкости				
более 100	100-80	80-70	70-60	менее 60
Рис	Мандарин Фейхоа Чай Мята перечная Огурцы	Картофель Гречиха Смородина Горох Капуста Клевер Овес Кукуруза Соя Конопля	Свекла Люцерна Пшеница Рожь Ячмень Хлопчатник Подсолнечник Виноград	Тамарикс Люцерна Маш Просо Сорго Горчица Лен

Также меняется потребность культур во влаге и в зависимости от фазы развития. Чаще всего усиление потребности в воде происходит в начальные фазы развития культур, когда происходит массивное развитие листовой, корневой или зерновой массы. Для каждой культуры такой критический период свой, и тогда даже небольшой недостаток влаги может сильно повлиять на будущий урожай (таблица 18).

**Таблица 18 – Критические фазы развития сельскохозяйственных культур**

Озимые	Выход в трубку – налив зерна
Кукуруза	За 10 дней до выметывания, 20 дней после массового выметывания
Зернобобовые	Бутонизация – цветение
Корнеплоды	Развитие листьев, формирование и рост корней
Картофель	Бутонизация, массовое клубнеобразование

Механический состав почвы существенно влияет на доступность влаги растениям. Так, почвы тяжелого механического состава (например, тяжелые суглинки), имеют очень высокий предел иссушения почвы, так как значительная часть влаги в них находится в недоступной для растений форме. Поэтому здесь нижний предел предполивной влажности почвы будет варьироваться как от мехсостава почвы, так и биологических особенностей культур извлекать воду из почвы в зависимости от фазы их развития (таблица 19). Г. А. Сенчуковым разработаны пороги влажности почв с учетом этих особенностей [54].

**Таблица 19 – Пороги влажности почв сельскохозяйственных культур при орошении**

Культура	Период роста и развития растений	Расчетный слой почвы, см	Влажность расчетного слоя почвы, % от НВ			
			глинистые и тяжело-суглинистые	средне-суглинистые	легко-суглинистые	супесчаные
1	2	3	4	5	6	7
Зерновые колосовые	Кущение – колошение	50	$\frac{75}{95}$	$\frac{75}{95}$	$\frac{70}{90}$	$\frac{65}{85}$
	Колошение – молочная спелость	80	$\frac{75}{95}$	$\frac{70}{90}$	$\frac{65}{90}$	$\frac{65}{85}$
Кукуруза	Посев – образование 9-го листа	50	$\frac{70}{90}$	$\frac{70}{90}$	$\frac{65}{85}$	$\frac{65}{85}$
	9 листьев – молочная спелость Посев – трубкование	80	$\frac{75}{95}$	$\frac{75}{95}$	$\frac{65}{85}$	$\frac{65}{85}$
Однолетние травы	Трубкование – цветение	40	$\frac{70}{90}$	$\frac{70}{90}$	$\frac{65}{85}$	$\frac{65}{85}$
		60	$\frac{75}{95}$	$\frac{75}{95}$	$\frac{70}{90}$	$\frac{65}{85}$
Многолетние травы	Отрастание – ветвление 2-го порядка	60	$\frac{75}{95}$	$\frac{70}{90}$	$\frac{70}{90}$	$\frac{65}{85}$
	Ветвление 2-го порядка – бутонизация	80	$\frac{75}{95}$	$\frac{75}{95}$	$\frac{75}{95}$	$\frac{70}{90}$

Продолжение таблицы 19

1	2	3	4	5	6	7
Томаты	Посев – начало цветения	40	$\frac{80}{95}$	$\frac{80}{95}$	$\frac{80}{95}$	$\frac{75}{85}$
	Начало цветения – образование плодов	60	$\frac{85}{95}$	$\frac{85}{95}$	$\frac{85}{95}$	$\frac{80}{90}$
Капуста	Посадка – завивка кочана	40	$\frac{80}{90}$	$\frac{75}{90}$	$\frac{75}{85}$	$\frac{75}{85}$
	Завивка кочана – рост кочана	60	$\frac{80}{90}$	$\frac{80}{90}$	$\frac{80}{90}$	$\frac{80}{90}$
Картофель	Посадка – бутонизация	40	$\frac{75}{95}$	$\frac{75}{95}$	$\frac{75}{90}$	$\frac{75}{85}$
	Цветение – появление столонов	60	$\frac{85}{95}$	$\frac{80}{95}$	$\frac{80}{90}$	$\frac{80}{85}$
Примечание – в числителе – предполивная влажность, в знаменателе – после полива.						

Все указанные выше особенности почв и культур следует учитывать при установлении поливного режима. Только при соблюдении таких ограничений смогут выполняться требования экологической безопасности почв (недопущение переполивов и, как следствие, поддержание баланса воды и воздуха в почве) и требования культур к влажности почвы.

Поливную норму, согласно последним разработкам, следует рассчитывать по формуле [54, 55]:

$$D_{ir} = 100 \cdot H \cdot \alpha \cdot \beta_{\text{НВ}} \cdot (a - v) \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 \cdot \kappa_3,$$

где  $D_{ir}$  – поливная норма, м<sup>3</sup>/га;

$H$  – глубина расчетного слоя, м;

$\alpha$  – плотность сложения почвы, т/м<sup>3</sup>;

$\beta_{\text{НВ}}$  – наименьшая влагоемкость, % от массы сухой почвы;

$a$  и  $v$  – соответственно верхний и нижний пороги увлажнения почвы, доля от НВ;

$\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  – коэффициенты, учитывающие потери воды на испарение при дождевании и подпитку грунтовых вод (таблица 20, 21) [56-59];

$k_3$  – коэффициент снижения поливной нормы, обусловленный водонепроницаемостью и уклонами поля (таблица 22) [54].

**Таблица 20 – Поправочный коэффициент ( $k_1$ ) к поливной норме, учитывающий потери воды на испарение при дождевании (по данным ЮжНИИГиМ)**

Относительная влажность воздуха, %	Коэффициент к поливной норме при скорости ветра на высоте 12 м, м/с						
	0	1	2	3	4	5	6
30	1,12	1,14	1,16	1,19	1,21	1,24	1,27
35	1,10	1,12	1,14	1,17	1,19	1,22	1,24
40	1,08	1,12	1,13	1,15	1,17	1,19	1,22
45	1,07	1,09	1,11	1,13	1,15	1,17	1,20
50	1,05	1,07	1,09	1,11	1,13	1,16	1,18
55	1,03	1,05	1,07	1,09	1,11	1,14	1,15
60	1,02	1,05	1,05	1,07	1,10	1,12	1,14
65	1,00	1,02	1,04	1,05	1,08	1,10	1,12
70	1,00	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10
80	1,00	1,00	1,00	1,01	1,03	1,05	1,07

**Таблица 21 – Поправочный коэффициент ( $k_2$ ) к поливной норме, учитывающий уровень грунтовых вод**

Механический состав почвы	Коэффициент к поливной норме при глубине грунтовых вод, м			
	1,0	1-2	2-3	3-4
Легкие	-	0,66	0,86	1,00
Средние	0,41	0,62	0,84	0,96
Тяжелые	-	0,60	0,77	0,90

**Таблица 22 – Коэффициент ( $k_3$ ) снижения поливной нормы, обусловленный водопроницаемостью почвы и уклонами поля**

Уклон поля	Коэффициент снижения поливной нормы при водопроницаемости почв, м/ч				
	сильная (песок) > 0,15	повышенная (супесь) 0,08	средняя (легкий суглинок) 0,045	пониженная (средний суглинок) 0,025	слабая (тяж. суглинок, глина) < 0,015
Большие 0,03-0,05	0,90	0,87	0,84	0,80	0,75
Повышенные 0,015-0,03	0,92	0,90	0,88	0,83	0,78
Выше средних 0,007-0,015	0,94	0,91	0,90	0,86	0,81
Средние 0,003-0,007	0,96	0,93	0,91	0,89	0,84
Малые 0,001-0,003	0,98	0,95	0,93	0,91	0,87
Безуклонные < 0,001	1,0	0,98	0,97	0,96	0,95

Для того чтобы не упустить очередной срок полива следует систематически через 5-10 дней (в зависимости от наличия осадков) определять влажность почвы. При достижении влажности почвы нижнего порога оптимума для данной культуры назначается полив (таблица 19).

Примерные режимы орошения сельскохозяйственных культур для условий среднесухого года при глубине залегания грунтовых вод не более 3,0 м для районов значительного недостатка увлажнения представлены в таблице 23 [54].

**Таблица 23 – Режимы орошения сельскохозяйственных культур для 4-го ландшафтно-мелиоративного района**

Сельскохозяйственная культура	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
Озимая пшеница	1100
Яровой ячмень	700
Кукуруза на зерно	1700
Горох	1050
Сорго	1000
Гречиха, просо (летний посев)	1300
Соя на зерно	1700
Подсолнечник	1400
Сахарная свекла	1750
Люцерна на корм 2-го и 3-го года жизни	3000
Люцерна 1-го года жизни пожнивно	1200
Люцерна на семена	2400
Кукуруза на з/к и силос в поукосных посевах	1500
Свекла кормовая	2100
Картофель весенней посадки	1700
Картофель летней посадки	1900

Оптимальные поливные нормы для основного способа полива дождеванием находятся в пределах от 300 до 500 м<sup>3</sup>/га. В условиях Северного Кавказа поливные нормы менее 300 м<sup>3</sup>/га считаются малоэффективными из-за испарения влаги с поверхности почвы, а нормы, превышающие 450-500 м<sup>3</sup>/га, образуют поверхностный сток [21].

Ограничением длительности фазы орошения является поднятие уровня грунтовых вод до 2,5 м. После достижения такого уровня необходимо переводить участок в режим неорошаемого использования.

## **7 Экономическая и экологическая эффективность применения циклического орошения**

Основным показателем эффективности используемых приемов в сельском хозяйстве является урожайность сельскохозяйственных культур, которая определяется плодородием почв. Известно, что в результате длительного орошения почвенное плодородие земель снижается из-за развития негативных процессов, таких как щелочность и солонцеватость, уплотнение и слитизация, дегумификация, сопровождаемая не только потерей гумуса, но и изменением его качественного состава в сторону фульватизации. На этом фоне нарушается баланс питательных элементов и снижается их доступность растениям. В первую очередь это связано с нарушением естественных процессов почвообразования, особенно черноземов, поэтому применяя циклический вид орошения, появляется возможность их оптимизации. Сравнительный анализ экономической эффективности регулярного и циклического орошения нами проведен на черноземах обыкновенных среднедеградированных. При 8-ми летнем освоении земель в режиме регулярного орошения они такими же и остались, а при циклическом орошении перешли на другую ступень и стали относиться к слабodeградированным.

В связи с этим, несмотря на поливы, урожайность сельскохозяйственных культур при орошении была всего на 7-25 % выше, чем при неорошаемом режиме. А в среднем за 8 лет на 1 га регулярного орошения было получено 5,89 т к. е., а на 1 га циклического орошения – 4,98 т к. е., то есть при регулярном орошении получено урожая сельскохозяйственных культур только на 16 % больше, чем при циклическом. Это связано с неудовлетворительным состоянием почв и поливы мало сказывались на продуктивности земель.

При этом на возделывание одних и тех же культур при регулярном орошении потребовалось воды на 60 % больше, чем при циклическом. По-



этому затраты на возделывание культур, учитывая и плату за воду, были выше при регулярном орошении за счет проводимых поливов [60].

Затраты рассчитывались по технологическим картам на каждую культуру. В среднем за 8 лет при регулярном орошении они составили 41,2 тыс. руб./га, а при циклическом – 36,8 тыс. руб./га.

Выручка соответственно составляла 141,4 тыс. руб./га и 136,9 тыс. руб./га (таблицы 24, 25). Стоимость продукции взята при расчетах из сайта «Agrogu.com» на 2011 год. А чистый доход получен одинаковый – 100,2 и 100,1 тыс. руб./га. Отсюда следует, что орошаемые земли, подверженные деградации, для восстановления их плодородия должны осваиваться в режиме циклического орошения.

**Таблица 24 – Экономическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте при регулярном орошении**

Культуры	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Урожайность		Затраты, тыс. руб./га	Выручка, тыс. руб./га	Чистый доход, тыс. руб./га
		т/га	т к. е./га			
Подсолнечник	1400	2,38	3,50	16,3	19,04	2,74
Яровой ячмень + белая горчица на сидераты	700 + 400	4,50	5,09	13,9	36,0	22,1
Картофель	2200	32,5	9,75	158,2	487,5	329,4
Капуста	3000	25,0	3,25	68,8	200,0	131,2
Сахарная свекла	1750	36,3	9,44	22,7	290,4	267,7
Просо на зерно	800	3,7	4,29	10,4	37,0	26,6
+ горохо-подсолнечная смесь на корм	400	27,0	5,13	6,8	13,5	6,7
Кукуруза на зерно	1700	2,4	3,22	18,8	23,0	4,2
Соя на зерно	1700	2,5	3,45	14,3	25,0	10,7
Итого в среднем за 8 лет	1756		5,89	41,2	141,4	100,2

**Таблица 25 – Экономическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур в специальном севообороте при циклическом орошении**

Культуры	Требования	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Урожайность		Затраты, тыс. руб./га	Выручка, тыс. руб./га	Чистый доход, тыс. руб./га
			т/га	т к.е./га			
Неорошаемая фаза							
Подсолнечник	См. табл. 17	0	2,22	3,22	7,1	17,8	10,7
Яровой ячмень + белая горчица на сидераты		0	3,60	0,68	5,8	28,8	23,0
Орошаемая фаза							
Картофель	-//-	2200	32	9,6	158,1	480	329,4
Капуста	-//-	3000	25	3,25	68,8	200,0	131,2
Неорошаемая фаза							
Сахарная свекла	-//-	0	35,0	9,1	12,5	280	267,5
Просо на зерно + горохо-подсолнечная смесь на корм	-//-	0	2,8	3,25	5,4	28	22,6
		0	21	4,0	4,2	11	6,8
Орошаемая фаза							
Кукуруза на зерно	-//-	1700	2,4	3,22	18,8	24	4,2
Соя на зерно	-//-	1700	2,5	3,45	14,3	25,0	10,7
Итого в среднем за 8 лет	-//-	1075		4,97	36,8	136,9	100,1

Это подтверждают и результаты экологической оценки регулярного и циклического орошения, которая проведена по трем ключевым участкам (таблица 26).

Оценка этих земель проведена по критериям экологической обстановки территорий [61] и по индикаторным показателям степени деградации почв [62].

Параметрами критериев экологической обстановки территорий (участков) являются экологическое бедствие (ЭБ), чрезвычайная экологическая ситуация (ЧЭС) и удовлетворительная ситуация (УС).

Деградация почв и земель по индикаторному показателю характеризуется пятью степенями: 0 – недеградированные (ненарушенные); 1 – слабodeградированные; 2 – среднедеградированные; 3 – сильнодеградированные; 4 – очень сильнодеградированные (разрушенные).

**Таблица 26 – Экологические показатели черноземов обыкновенных при регулярном и циклическом орошениях**

Ключевые участки	Щелочность, мг-экв./100 г	Оценка		Солонцеватость, Na % от Σ ЕКО	Оценка		Потери гумуса в пахотном слое, %	Оценка		Плотность сложения пахотного слоя, т/м <sup>3</sup>	Оценка	
		1 <sup>1)</sup>	2 <sup>2)</sup>		1 <sup>1)</sup>	2 <sup>2)</sup>		1 <sup>1)</sup>	2 <sup>2)</sup>		1 <sup>1)</sup>	2 <sup>2)</sup>
ОПХ «РООМС» Багаевского района Ростовской области	Регулярное орошение пресной водой (0,6 г/дм <sup>3</sup> )											
	1,0	-	1	3	ЧЭС	2	15	ЧЭС	1	1,25	ЧЭС	1
	После 16 лет циклического орошения											
	0,68	-	0	2	УС	1	нет	УС	0	1,20	УС	0
ООО «Приазовье» Неклиновского района	Регулярное орошение слабоминерализованной водой (1,7-1,9 г/дм <sup>3</sup> ) сульфатно-натриевого состава											
	1,3	-	2	6	ЧЭС	2	16	ЧЭС	1	1,32	ЧЭС	2
	После 13 лет циклического орошения											
	0,69	-	0	3	УС	1	1	УС	0	1,25	УС	1
ГП «Батайское» Аксайского района Ростовской области	Регулярное орошение слабоминерализованной водой (1,6-1,8 г/дм <sup>3</sup> ) сульфатно-натриевого состава											
	1,36	-	2	7	ЧЭС	2	6	ЧЭС	1	1,34	ЧЭС	2
	После 6 лет циклического орошения											
	1,08	-	1	3	УС	1	нет	УС	0	1,28	УС	1
1) – Оценка земель по критериям экологической обстановки территорий.												
2) – Оценка земель по индикаторным показателям.												

Для определения степени деградации из всех существующих индикаторов выбраны наиболее подходящие, согласно методике (таблица 27) [62].

**Таблица 27 – Определение степени деградации почв и земель [61]**

Показатели	Степень деградации				
	0	1	2	3	4
Увеличение содержания обменного натрия (в % от ЕКО): - для почв, содержащих < 1 % натрия - для других почв	< 1 < 5	1-3 5-10	3-7 10-15	7-10 15-20	> 10 > 20
Увеличение щелочности (при переходе нейтрального типа засоления в щелочной), мг-экв./100 г	< 0,7	0,71-1,0	1,1-1,6	1,7-2,0	> 2,0
Увеличение равновесной плотности сложения пахотного слоя почвы, в % от исходного <sup>1)</sup>	< 10	11-20	21-30	31-40	> 40
Уменьшение запасов гумуса в профиле почвы (A + B), % от исходного <sup>1)</sup>	< 10	11-20	21-40	41-80	> 80
<sup>1)</sup> За исходное принимается состояние недеградированного аналога (нулевая степень деградации).					

Критерии индикаторных показателей этой методики практически такие же, как и критерии экологической обстановки территорий, но только в последней разброс сделан не по пяти ступеням, а для трех ситуаций.

Анализ результатов свойств почв при регулярном и циклическом орошении показал, что наиболее значимыми показателями-индикаторами для изучаемых ключевых участков являются щелочность и солонцеватость почв, плотность сложения почв, потери гумуса.

Если исходить из этого, то черноземы обыкновенные на всех ключевых участках при регулярном орошении относились к среднедеградированным почвам, а участки характеризовались чрезвычайной экологической ситуацией. Такой деградации черноземы достигли под воздействием поливной воды плохого качества. В ОПХ «РООМС» деградационные процессы развивались гораздо слабее, благодаря более высокому качеству поливной воды. В результате этого почвы по основным индикаторным пока-

зателям при регулярном орошении характеризовались как слабодеградированные, а участок относился к территории с ЧЭС (таблица 26).

После пребывания земель в режиме циклического орошения ЧЭС изменилась на всех ключевых участках на удовлетворительную ситуацию. Это подтверждают и показатели деградации почв, которые стали относиться к 1, а по некоторым индикаторам и к 0 ступеням, то есть стали либо слабо-, либо недеградированными. При этом на участках, орошаемых пресной водой, индикаторные показатели были, в основном, нулевыми, а на участках поливаемых слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава – слабодеградированными [62].

Кроме этого нами проведена оценка земель, используемых в разных режимах на основе бонитировки почв и поправочных коэффициентов (таблица 28) [63].

**Таблица 28 – Оценка земель по бонитировочным баллам**

Ключевые участки	Почва	До орошения <sup>1)</sup>	Регулярное орошение	Циклическое орошение
ОПХ «РООМС» Багаевского района Ростовской области	Чернозем обыкновенный	94	60	76
ООО «Приазовье» Неклиновского района Ростовской области	Чернозем обыкновенный	100	55	83
ГП «Батайское» Аксайского района Ростовской области	Чернозем обыкновенный	94	53	68
<sup>1)</sup> Предварительные баллы бонитета почв Ростовской области.				

Чернозем обыкновенный в ОПХ «РООМС» до орошения и на данный момент на богарных массивах оценивается в 94 балла.

Регулярное орошение пресной водой (0,5-0,7 г/дм<sup>3</sup>) гидрокарбонатно-кальциевого состава, согласно проведенным исследованиям (таблица 26), привело к увеличению плотности до 1,25 т/м<sup>3</sup> (Кп = 0,8), к удовлетворительной водопрочности (Кп = 0,8), к низкому содержанию гумуса (Кп = 0,8). Согласно разработкам Карманова [64], баллы бонитетов почв, приобретающих ряд отрицательных свойств, корректируются не более 2

поправками, далекими от 1, поэтому черноземы обыкновенные при регулярном орошении стали оцениваться уже в 60 баллов.

В результате циклического орошения черноземы разуплотнились до  $1,21 \text{ т/м}^3$  ( $K_{п} = 0,9$ ), водопрочность стала удовлетворительной ( $K_{п} = 0,9$ ), гумус увеличился, но по классификации остался низким ( $K_{п} = 0,9$ ). Балл бонитета черноземов обыкновенных после 16 лет их освоения в условиях циклического орошения увеличился до 76, но не достиг исходной величины – 94 баллов.

В ООО «Приазовье» в результате поливов слабоминерализованной водой ( $1,7-1,9 \text{ г/дм}^3$ ) сульфатно-натриевый состав чернозема, в первую очередь, был подвержен осолонцеванию. После 12 лет регулярного орошения почвы стали слабосолонцеватыми ( $K_{п} = 0,85$ ), среднещелочными ( $K_{п} = 0,85$ ), сильноуплотненными ( $K_{п} = 0,75$ ), водопрочные агрегаты отсутствуют ( $K_{п} = 0,65$ ). Исходя из этого, балл бонитета почв при регулярном орошении снизился до 55.

Тринадцатилетнее циклическое орошение способствовало улучшению свойств почв, а именно солонцеватость и щелочность исчезли, почвы частично разуплотнились, но остались в разряде сильноуплотненных ( $K_{п} = 0,8$ ), а водопрочность стала удовлетворительной ( $K_{п} = 0,85$ ). Поскольку показатели уплотненности и водопрочности зависят друг от друга, в этом случае берется поправочный коэффициент средний ( $K_{п} = 83$ ).

В ГП «Батайское» черноземы, как и в ООО «Приазовье, орошались слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава. Черноземы подверглись ощелачиванию, солонцеватости, уплотнению и другим негативным процессам. После 35-летнего регулярного орошения такой водой балл бонитета черноземов стал соответствовать 53.

После 6-летнего освоения земель в режиме циклического орошения, солонцеватость исчезла, но щелочность осталась на уровне слабой ( $K_{п} = 0,9$ ), плотность почвы тоже снизилась до  $1,28 \text{ т/м}^3$  ( $K_{п} = 0,8$ ), поэтому бонитет почв повысился только 68 баллов.

Таким образом, основные показатели экономической и экологической эффективности, а также оценка земель, проведенная на основе бонитировки почв и поправочных коэффициентов, указывают на необходимость перехода в черноземной зоне на циклический вид орошения с целью сохранения и восстановления плодородия черноземов и повышения их продуктивности.

## Список использованной литературы

1 Кирейчева, Л. В. Изменение состава и свойств черноземов при орошении / Л. В. Кирейчева, Л. А. Воронина // Гидротехника и мелиорация. – 1987. – № 10. – С. 50-53.

2 Мелиорация солонцовых почв в условиях орошения / Н. С. Скуратов [и др.]. – Новочеркасск, 2005. – 179 с.

3 Скуратов, Н. С. Руководство по контролю и регулированию почвенного плодородия орошаемых земель при их использовании / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева, О. Ю. Шалашова. – Новочеркасск, 2000. – 86 с.

4 Чесняк, Г. Я. Определение параметров свойств черноземов типичных мощных разного уровня плодородия. Теоретические основы и методы определения оптимальных свойств почв / Г. Я. Чесняк // Научные труды и методы определения оптимальных параметров свойств почв: научные труды почвенного института им. В. В. Докучаева. – М., 1980. – С. 12-16.

5 Самойлова, Е. М. Предельно-допустимые параметры степных черноземов Алтайского края при орошении / Е. М. Самойлова // Вестник сельскохозяйственных наук. – 1980. – № 4. – С. 31-38.

6 Карманов, И. И. Комплексная оценка плодородия почв / И. И. Карманов // сб. науч. тр. Почвенного института им. В. В. Докучаева. Модели плодородия почв и методы их разработки. – М., 1982. – С. 26-29.

7 Ельников, И. И. О методике разработки оптимальных параметров свойств почв / И. И. Ельников // сб. науч. тр. Почвенного института им. В. В. Докучаева. Модели плодородия почв и методы их разработки. – М., 1982. – С. 36-41.

8 Безднина, С. Я. Оптимальные параметры мелиоративного режима почв // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 11. – С. 117-120.

9 Оценка деградации орошаемых почв / Зимовец Б. А. [и др.] // Почвоведение. – 1998. – № 9. – С. 1119-1126.

10 Щедрин, В. Н. Орошение сегодня: проблемы и перспективы / В. Н. Щедрин. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2004. – 225 с.



11 А.с. 1743481А1 СССР, А 01 G 25/00. Способ мелиорации черноземов / В. Н. Щедрин, Н. Н. Бредихин (СССР). – № 4885128/15; заявл. 09.08.90; опубл. 30.06.92, Бюл. № 24. – 6 с.

12 Пат. 2324331 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/00. Способ мелиорации орошаемых черноземов / В. Н. Щедрин [и др.]; заявитель и патентообладатель Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – № 2006133800/12; заявл. 21.09.06; опубл. 20.05.08, Бюл. № 14. – 6 с.

13 Снипич, Ю. Ф. Выбор дождевальных машин при восстановлении внутрихозяйственной оросительной сети [Электронный ресурс] / Ю. Ф Снипич // Научный журнал КубГАУ: политематический сетевой электрон. журн. / Кубанский гос. аграрн. ун-т – Электрон. журн. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – № 62(08). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru>.

14 Рекомендации по использованию фосфогипса для мелиорации солонцов. – М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 2006. – 52 с.

15 Любимова, И. Н. Влияние потенциально-опасных химических элементов, содержащихся в фосфогипсе, на окружающую среду / И. Н. Любимова, Т. И. Борисочкина. – М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева РАСХН, 2007. – 73 с.

16 Рекомендации по оптимизации мелиоративного состояния орошаемых почв солонцовых комплексов / Н. С. Скуратов [и др.]. – Новочеркасск, 1990. – 84 с.

17 Временные рекомендации по проведению глубокого рыхления уплотненных и засоленных почв на Северном Кавказе / ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1986. – 13 с.

18 Суковатов, В. А. Свойства солонцовых почв при различных способах мелиорации / В. А. Суковатов, В. В. Черненко, В. П. Калиниченко // Плодородие. – 2008. – № 5. – С. 64-69.

19 Скуратов, А. Н. Агромелиоративные приемы ликвидации неблагоприятных свойств южных черноземов / А. Н. Скуратов // Мелиорация антропогенных ландшафтов. – Новочеркасск, 1999. – Т. 7. – С. 103-109.

20 Скуратов, Н. С. Агроэкологические приемы сохранения и восста-

новления плодородия орошаемых черноземов: Экологические проблемы орошаемых земель Нижнего Дона / Н. С. Скуратов, Л. М. Докучаева. – Новочеркасск, 1995. – 89 с.

21 Указания по рациональному использованию орошаемых черноземов Северного Кавказа и ЦЧО / Н. С. Скуратов [и др.]. – Новочеркасск, 1992. – 57 с.

22 Формирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия на малосолонцовых землях Южного Урала / Н. Н. Дубачинская [и др.] // Земледелие. – 2003. – № 5. – С. 61-72.

23 Бобченко, В. И. Обеспечить экологическую надежность мелиоративных систем в орошаемой зоне / В. И. Бобченко // Мелиорация и водное хозяйство. – 1989. – № 10. – С. 54-61.

24 Бобченко, В. И. Усовершенствование технологии орошения черноземов / В. И. Бобченко // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1987. – № 8.

25 Станков, Н. З. Корневая система растений / Н. З. Станков. – М.: Знание, 1964. – 279 с.

26 Бойко, С. И. Циклическое орошение – эффективный прием земледелия в зоне неустойчивого увлажнения / С. И. Бойко. – Режим доступа: <http://www.cnshb.ru>, 2009.

27 Шалашова, О. Ю. Очищающие, удобрительные и мелиорирующие компосты / О. Ю. Шалашова, Р. Е. Юркова, С. Л. Гарин // Мелиорация антропогенных ландшафтов: межвуз. сб. науч. тр. – Новочеркасск, 2004. – Т. 22. – 294 с.

28 Орлов, Д. С. Особенности органического вещества орошаемых почв / Д. С. Орлов, Е. М. Аниканова, В. А. Маркин // Проблемы ирригации почв юга черноземной зоны. – М.: Наука. – 1980. – С. 36-42.

29 Полуэктов, Е. В. Влияние антропогенной деятельности на свойства почв: учеб. пособие / Е. В. Полуэктов, В. В. Турулев. – Новочеркасск, 1995. – 83 с.

30 Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы

его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – 217 с.

31 Кононова, М. М. Органическое вещество целинных и освоенных почв / М. М. Кононова. – М.: Наука, 1972. – 277 с.

32 Гаркуша, И. Ф. Почвоведение с основами геологии / И. Ф. Гаркуша. – М.: Сельхозиздат, 1963. – 448 с.

33 Кук, Дж. У. Система удобрений для получения максимальных урожаев / Дж. У. Кук. – М., 1975. – 48 с.

34 Прянишников, Д. М. Агрохимия. Избранные сочинения / Д. М. Прянишников. – М.: Колос, 1965. – Т. 1. – 248 с.

35 Державин, Л. М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии / Л. М. Державин. – М.: Колос, 1992. – 270 с.

36 Постников, А. В. Поточно-промышленное производство компостов / А. В. Постников, М. Е. Шулепов // Земледелие. – 1992. – № 5. – С. 12-17.

37 Шафран, С. А. Комплексные минеральные удобрения / С. Я. Шафран // Химизация сельского хозяйства. – 1989. – № 11. – С. 26-30.

38 Минеев, В. Г. Химизация земледелия и природная среда / В. Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1990. – 152 с.

39 Сычев, В. Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь / В. Г. Сычев. – М.: ЦИНАО, 2003. – 228 с.

40 Сычев, В. Г. Состояние и стратегия развития агрохимического обслуживания сельскохозяйственного производства России на период до 2010 года / В. Г. Сычев, А. Н. Аристархов // Плодородие. – 2004. – № 5. – С. 28-34.

41 Романенко, Т. А. Удобрения: значение, эффективность применения / Т. А. Романенко, А. И. Тютюнникова, В. Г. Сычев. – М.: ЦИНАО, 1998. – 376 с.

42 Вольфкович, С. И. Комплексные азотно-фосфорные удобрения / С. И. Вольфкович. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 50 с.

43 Дворянкин, А. Е. Комплексные удобрения в хелатной форме на сахарной свекле / А. Е. Дворянкин, А. А. Решетников // Агрохимические

приемы повышения плодородия почв и продуктивность с.-х. культур в адаптивно-ландшафтных системах земледелия: материалы 40-й Международ. науч. конф. (ВНИИА). – М.: ВНИИА, 2006. – С. 138-140.

44 Шафран, С. А. Агрохимическое обоснование применения калийных удобрений в Нечерноземной зоне России / С. А. Шафран, Ф. В. Янишевский // Агрохимия. – 1998. – № 4. – С. 5-17.

45 Шафран, С. А. Оптимизация азотного питания зерновых культур при разной обеспеченности дерново-подзолистых почв фосфором и калием: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.03 / Шафран Станислав Аронович. – Москва, 1995. – 51 с.

46 Минеральные удобрения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.exponet.ru/exhibition/online/interagrokd2003>, 2011.

47 Минеральные удобрения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.avamarket.com/V\\_Products/b7](http://www.avamarket.com/V_Products/b7), 2011.

48 Михайлов, Н. И. Определение потребности растений в удобрениях / Н. И. Михайлов, В. П. Книпер. – М.: Колос, 1971. – 256 с.

49 Выбор приемов воспроизводства плодородия солонцовых почв при орошении / В. Н. Щедрин [и др.]. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ». – 2010. – 23 с.

50 Кеферов, К. Н. Биологические основы растениеводства / К. Н. Кеферов. – М.: Высшая школа, 1982. – 407 с.

51 Вавилов, П. П. Растениеводство / П. П. Вавилов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 512 с.

52 Справочник по оценке почв / В. Ф. Вальков [и др.]. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. – 236 с.

53 Вальков, В. Ф. Очерки о плодородии почв / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. – Ростов-н/Д.: Изд-во СКНЦВШ, 2001. – 240 с.

54 Сенчуков, Г. А. Ландшафтно-экологические и организационно-хозяйственные аспекты обоснования водных мелиораций земель. – Ростов н/Д.: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001. – 276 с.

55 Ильинская, И. Н. Нормирование водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур на Северном Кавказе / И. Н. Ильинская // РосНИИПМ. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2001. – 164 с.

56 Мелиорация земель России / под ред. Г. А. Сенчукова. – Новочеркасск. – 1997. – 215 с.

57 Ольгаренко, Г. В. Нормирование орошения люцерны с учетом вероятностного характера гидрометеорологической и воднобалансовой информации / Г. В. Ольгаренко. – Новочеркасск, 1998. – 67 с.

58 Ольдекоп, Э. М. Об испарении с поверхности речных бассейнов / Э. М. Ольдекоп. – Юрьев, 1911. – 123 с.

59 Режим орошения сельскохозяйственных культур на юге Европейской части РСФСР: рекомендации / под ред. Б. Б. Шумакова. – Ростов н/Д, 1986. – 95 с.

60 Методика расчета затрат на оказание услуг по подаче воды на рисовые оросительные системы. – М., 2011. – 27 с.

61 Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. – М., 2007. – 52 с.

62 Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель. – М., 1994. – 15 с.

63 Докучаева, Л. М. Оценка эффективности использования орошаемых земель на основе бонитета почв и поправочных коэффициентов / Л. М. Докучаева, Э. Н. Стратинская // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2010. – Вып. 43. – С. 6-12.

64 Карманов, И. И. Бонитировка почв на основе почвенно-экологических показателей / И. И. Карманов, Т. А. Фриев // Земледелие. – 1982. – № 5. – С. 10-14.